

A mon Maître et président de thèse,

Monsieur le Professeur J. C. PAIRON,

Vous qui m'avez fait l'honneur de me confier ce travail, et d'en présider la soutenance.

Pour votre bienveillance et votre rigueur de raisonnement.

Puisse ce travail vous témoigner tout mon profond respect et mon admiration.

Aux membres du jury de cette thèse,

Monsieur le Professeur M. MEIGNAN,

Vous me faites l'honneur et l'amitié de juger ce travail.

Vous qui avez su orienter mes choix professionnels et m'avez suivi durant toutes ces années.

Recevez ici le témoignage de ma sincère gratitude et de mon plus profond respect.

Monsieur le Professeur J. AMEILLE,

Vous me faites l'honneur de juger ce travail.

Recevez ici le témoignage de mon plus profond respect et de ma reconnaissance pour la qualité de votre enseignement.

Monsieur le Docteur J. ROSSO,

Vous me faites l'honneur de juger ce travail.

Au Docteur Ewa ORLOWSKI,

Pour ton dynamisme et ta contribution à la réalisation de ce travail. Je t'en remercie.

Au Docteur Yuriko IWATSUBO,

Que je remercie pour son aide précieuse, concernant les statistiques.

A Monsieur Alexandre JOZSA,

Que je remercie de son aide et de ses conseils éclairés.

A Mademoiselle Céline GASCOIN,

Je te remercie de m'avoir consacré autant de temps.

A mes enfants Pierre – Emmanuel et Barthélemy,

Les deux lumières de ma vie.

Je vous dédie cette thèse avec tout mon amour.

A ma femme Isabelle,

Pour son soutien quotidien.

Je te dédie cette thèse avec tout mon amour.

A mes parents,

Pour m'avoir permis d'être ce que je suis aujourd'hui, pour m'avoir toujours soutenu.

Je vous dédie cette thèse avec tout mon amour.

A ma sœur Caroline et mon frère Raphaël,

Avec tout mon amour.

A ma famille,

A mes amis,

Sommaire

1	RAPPELS	12
1.1	BASES PHYSIQUES	12
1.1.1	ATOME ET ISOTOPE RADIOACTIF	12
1.1.2	NATURE DES RAYONNEMENTS	12
1.1.3	LES DIFFERENTS TYPES DE SOURCES DE RAYONNEMENTS IONISANTS	12
1.1.4	NOTION D'IRRADIATION	13
1.2	LES GRANDEURS ET LES UNITES DOSIMETRIQUES	13
1.2.1	LA DOSE ABSORBEE	13
1.2.2	LA DOSE EQUIVALENTE (EQUIVALENT DE DOSE)	13
1.2.3	LA DOSE EFFICACE (EQUIVALENT DE DOSE EFFICACE)	14
1.2.4	LA DOSE EQUIVALENTE ENGAGEE	14
1.2.5	LA DOSE EFFICACE ENGAGEE	14
1.2.6	LE CONCEPT DE DOSE COLLECTIVE	15
1.2.7	IRRADIATION NATURELLE ET IRRADIATION DUE AUX ACTIVITES HUMAINES	15
1.3	RADIOPROTECTION	15
1.3.1	CLASSIFICATION DES EFFETS DES RAYONNEMENTS IONISANTS SUR L'HOMME	15
1.3.1.1	Les effets déterministes	16
1.3.1.2	Les effets stochastiques	16
1.3.2	LES VALEURS DES FACTEURS DE RISQUE	16
1.3.3	LES PRINCIPES FONDAMENTAUX DE RADIOPROTECTION	16
1.3.3.1	La justification des pratiques utilisant les rayonnements ionisants	17
1.3.3.2	L'optimisation de la protection	17
1.3.3.3	La limitation des doses individuelles	17
1.3.3.4	Applications pratiques	18
1.3.3.4.1	Protection contre l'irradiation	18
1.3.3.4.2	Protection vis à vis de la contamination	18
1.3.3.5	Moyens de détection des rayonnements ionisants	18
1.3.3.5.1	Matériel de radioprotection dans le cadre de l'utilisation des sources non scellées.	19
1.3.3.5.2	La surveillance individuelle de l'exposition dans le cadre de l'utilisation des sources non scellées.	19
1.3.4	ROLES DU MEDECIN DU TRAVAIL, DE L'EMPLOYEUR ET DE LA PERSONNE COMPETENTE EN RADIOPROTECTION.	20
1.4	CARACTERISTIQUES DES PRINCIPAUX RADIOELEMENTS UTILISES DANS LES LABORATOIRES DE RECHERCHE	20
2	POPULATION ET METHODE	22
2.1	DEFINITION DE LA POPULATION DE L'ETUDE	22
2.2	QUESTIONNAIRE	22
2.3	PROCEDURE DE RECUEIL DES INFORMATIONS	24
2.4	STATISTIQUES	25
3	RESULTATS	28
3.1	DESCRIPTION DE LA POPULATION	28
3.2	RESULTATS PAR RADIOELEMENT	35
3.3	RESULTATS DE LA SURVEILLANCE DOSIMETRIQUE ET URINAIRE	39
3.4	RESULTATS POUR LES CONNAISSANCES, LA FORMATION ET LA PROTECTION	41
3.4.1	DISTRIBUTION DES SCORES GLOBAUX	41
3.4.2	DISTRIBUTIONS DES SCORES « CONNAISSANCES ET FORMATION »	45
3.4.3	DISTRIBUTIONS DES SCORES « PROTECTION ET SURVEILLANCE »	49

4	DISCUSSION	54
4.1	ASPECTS METHODOLOGIQUES	54
4.2	DISCUSSION DES RESULTATS	56
CONCLUSION		60
BIBLIOGRAPHIE		62

ANNEXE 1 : RAPPELS SUR LES BASES PHYSIQUES DE LA RADIOACTIVITE ET LA RADIOPROTECTION.

Annexe 2 : Caractéristiques de certaines sources non scellées.

Annexe 3 : Lettre accompagnant le questionnaire.

Annexe 4 : Questionnaire radioprotection sources non scellées.

Annexe 5 : « Gold standard » des réponses au questionnaires.

Liste des tableaux

Tableau I : Questionnaires recueillis en fonction des laboratoires.	26
Tableau II : Description de la population en fonction du type de laboratoire par ancienneté et par sexe.	27
Tableau III: Ancienneté et types de manipulateurs en fonction de la catégorie socioprofessionnelle.	28
Tableau IV : Répartition des sujets en fonction de leur employeur et de leur CSP.	29
Tableau V : Répartition des sujets par catégories socioprofessionnelles en fonction du laboratoire.	31
Tableau VI : Répartition des sujets en fonction de leur exposition aux radioéléments.	33
Tableau VII : Répartition des catégories socioprofessionnelles en fonction des radioéléments.	35
Tableau VIII : Distribution des scores « surveillance dosimétrique et urinaire ».	36
Tableau IX : Scores globaux " connaissance, formation, protection, surveillance dosimétrique et urinaire " (prise en compte de l'ensemble des radioéléments des 122 sujets : 269 réponses).	39
Tableau IX bis: Scores globaux " connaissance, formation, protection, surveillance dosimétrique et urinaire " (prise en compte du moins bon score par sujet en cas de mise en œuvre de plusieurs radioéléments : 122 réponses).	40
Tableau X : Scores globaux " connaissance, formation, protection, surveillance dosimétrique et urinaire " par type de laboratoire.	40
Tableau XI : Scores globaux " connaissance, formation, protection, surveillance dosimétrique et urinaire " par laboratoire d'appartenance	41
Tableau XII : Scores globaux " connaissance, formation, protection, surveillance dosimétrique et urinaire " par employeur.	42
Tableau XIII : Scores " connaissances et formation " par catégorie socioprofessionnelle (prise en compte de l'ensemble des radioéléments des 122 sujets : 269 réponses).	43

Tableau XIII bis : Scores " connaissances et formation " par catégorie socioprofessionnelle (prise en compte du moins bon score par sujet en cas de mise en œuvre de plusieurs radioéléments : 122 réponses).	44
Tableau XIV : Scores " connaissances et formation " par type de laboratoire.	44
Tableau XV : Scores " connaissances et formation " par laboratoire d'appartenance.	45
Tableau XVI : Scores " connaissances et formation " par employeur.	46
Tableau XVII : Scores " protection et surveillance " par catégorie socioprofessionnelle (prise en compte de l'ensemble des radioéléments des 122 sujets : 269 réponses).	47
Tableau XVII bis : Scores " protection et surveillance " par catégorie socioprofessionnelle (prise en compte du moins bon score par sujet en cas de mise en œuvre de plusieurs radioéléments : 122 réponses).	48
Tableau XVIII : Scores " protection et surveillance " par type de laboratoire.	48
Tableau XIX : Scores " protection et surveillance " par laboratoire d'appartenance.	49
Tableau XX : Scores " protection et surveillance " par employeur.	50

Introduction

Les laboratoires de recherche, sur le plan de l'hygiène, de la sécurité et des conditions de travail présentent un certain nombre de particularités.

En effet, au sein de ces laboratoires est manipulé un grand nombre de produits de différentes natures, tels que des produits inflammables, explosifs, des produits toxiques mais aussi des produits mutagènes, cancérigènes, des produits actifs biologiquement (antibiotiques, toxines, inhibiteurs de fonction ...) ; et enfin, un certain nombre de produits radioactifs (17, 23, 32).

Ces produits radioactifs sont notamment utilisés en biologie moléculaire, en biologie cellulaire et pour des études pharmacodynamiques pour suivre à la trace, grâce au rayonnement émis, une molécule marquée au sein d'un organisme par scintigraphie, d'un organe particulier ou d'une cellule par autoradiographie. Ils peuvent être utilisés pour étudier l'affinité d'une molécule marquée pour d'autres biomolécules (liaison ligand marqué-récepteur, sonde génique et gel de séquençage en biologie moléculaire...) (18).

La gestion et la manipulation des sources radioactives nécessitent des précautions supplémentaires par rapport à tout autre produit utilisé régulièrement dans ces laboratoires. En effet un contrôle et un suivi en temps réel des entrées et des sorties est nécessaire car la quantité détenue doit être inférieure au seuil maximal autorisé tout en sachant que l'activité diminue exponentiellement avec le temps. La manipulation de ces produits est potentiellement dangereuse et le stockage ainsi que l'élimination des déchets sont réglementés (18, 33).

Un certain nombre d'études ont été réalisées concernant les risques présents dans les laboratoires de recherche mais elles s'intéressent surtout aux risques chimiques. Relativement peu d'études sur l'utilisation des rayonnements ionisants en milieu universitaire ont été menées en regard de celles réalisées en milieu médical ou industriel, et la plupart concernent l'utilisation de générateurs de rayonnement X et de sources scellées. Peu concernent des radioéléments qui sont spécifiquement utilisés dans les laboratoires de recherche.

Cependant un certain nombre de travaux sont intéressants à signaler. Par exemple, il a été réalisé à la Mayo Clinic un essai de programmation et de rationalisation des surveillances des personnels exposés à des isotopes dans les laboratoires de recherche à l'aide d'un logiciel qui tenait compte des commandes de

radioéléments, de l'activité utilisée quotidiennement, et des personnels autorisés à manipuler laboratoire par laboratoire. Ceci a permis de diminuer le nombre des examens biologiques réalisés dans le cadre de la surveillance médicale tout en augmentant le nombre de personnels sous surveillance (8).

Dans une université américaine le contenu des poubelles des laboratoires de recherche a été caractérisé en vue de leur traitement ultérieur dans les meilleures conditions possibles de sécurité. Il a été retrouvé des phénols, du chloroforme, des solvants divers (tels que le tétrachlorure de carbone, ou du benzène et autres), contaminés par des radio nucléides à demi-vie longue comme le tritium et le carbone 14 (35).

Il est intéressant de signaler que les études américaines réalisées dans les universités sur la gestion des déchets radioactifs l'ont été essentiellement pour des raisons économiques (35, 41).

Au Massachusetts Institute of Technology, des prélèvements d'atmosphère concernant les nuisances chimiques ont été réalisés dans les différents laboratoires de recherche et d'enseignement. Les produits les plus fréquemment retrouvés ont été du cobalt, des styrènes et du formaldéhyde, cependant à des niveaux bien inférieurs à ceux connus pour leurs effets nocifs pour la santé. De plus, ce sont dans les laboratoires dédiés à l'enseignement que les niveaux les plus élevés ont été retrouvés (47).

Le milieu universitaire, contrairement aux milieux industriel et médical, présente des aspects spécifiques, à l'origine de problèmes particuliers.

Une première difficulté est représentée par l'arrivée régulière de nouveaux étudiants qui sont amenés dans le cadre de protocole de recherche à utiliser, entre autres produits dangereux, des radioéléments. Le problème est que ces étudiants sont souvent peu qualifiés et mal préparés. L'information concernant les risques est parfois laissée au bon vouloir du chercheur sous la responsabilité duquel ils sont placés (14). Il faut signaler aussi leur grande mobilité qui rend encore plus difficile leur formation (19).

Une seconde difficulté réside dans des locaux en nombre insuffisant et qui souvent ne sont pas conçus initialement pour l'utilisation de radioéléments. Ils sont souvent trop exigus car n'ayant pas évolué avec l'évolution des techniques de manipulation et la croissance du nombre d'étudiants (14, 32).

Un troisième problème réside dans les conditions et techniques de manipulation, qui varient énormément au sein de mêmes laboratoires en fonction des protocoles d'études en cours, des habitudes de manipulation de chacun et des impératifs qui peuvent apparaître en cas d'échec d'une manipulation où le facteur temps peut être important pour la suite des étapes de celle-ci (32).

Il est vrai cependant que les produits radioactifs sont utilisés d'une manière générale en petite quantité (14, 18, 19). Néanmoins dans la mesure où un grand nombre de personnes sont concernées, une gestion rigoureuse est indispensable dans les laboratoires.

Il est important de noter que pour le « National Institute of Health » américain, 70 à 80 % des institutions de recherche clinique et biomédicale utilisent des rayonnements ionisants ou des radioéléments (24).

Une autre spécificité des laboratoires de recherche est la grande diversité des populations les composant tant au niveau socioculturel qu'au point de vue des motivations et du comportement vis à vis du risque, qu'il soit toxicologique ou radioactif. Pour un chercheur par exemple, la qualité des recherches est la priorité, la radioactivité n'est qu'un outil parmi d'autres. Pour la personne radiocompétente les produits radioactifs sont une priorité qu'il faut gérer. Quant aux personnels qui sont dans l'environnement direct du laboratoire, ils sont dépendants des informations délivrées par les utilisateurs notamment en ce qui concerne la gestion des déchets (35, 41).

Il nous est apparu important de nous intéresser aux sources non scellées qui sont utilisées dans des laboratoires universitaires car elles sont certes utilisées en petite quantité mais la remise en question actuellement des effets des faibles doses impose un contrôle encore plus strict de l'utilisation des radioéléments et de leur mise en œuvre (4, 6, 7, 11, 42). Dans ces laboratoires, les radioéléments sont souvent utilisés avec un certain nombre d'autres produits pouvant éventuellement potentialiser un effet mutagène ou cancérigène.

Ce travail a pour objectif la mise au point d'un questionnaire spécifique de repérage et d'évaluation des conditions générales d'utilisation des sources radioactives non scellées, au sein des laboratoires de recherche en biologie et dans les laboratoires des services médicaux présents sur le site d'une université parisienne.

L'évaluation porte sur le niveau de connaissance des manipulateurs et la mise en application concernant les bonnes pratiques de manipulation, de prévention primaire et secondaire, d'une part, et la gestion des radioéléments, du stockage à l'élimination, d'autre part. Ceci est un préalable à la mise en place d'un plan de prévention adapté.

Rappels

Dans un premier temps, les bases physiques de la radioactivité, et des notions synthétiques de radioprotection sont rappelées. Elles font l'objet d'une description détaillée en annexe 1.

BASES PHYSIQUES (1, 7, 18)

Atome et isotope radioactif

L'atome est constitué d'un noyau chargé positivement autour duquel gravitent les électrons chargés négativement. L'isotope radioactif est la forme instable d'un même élément chimique. Il a les mêmes propriétés chimiques mais est caractérisé par un certain nombre de propriétés physiques dont il faut tenir compte en radioprotection. Un élément rendu instable en raison d'une énergie excédentaire est appelé radioélément ou radioisotope.

Nature des rayonnements

En se désintégrant, les noyaux radioactifs émettent divers types de rayonnements s'accompagnant d'une certaine quantité d'énergie exprimée en électron-Volt (eV).

Il existe deux catégories de rayonnements :

- Les rayonnements chargés électriquement qui sont représentés par les rayonnements Alpha et les rayonnements Bêta. Ils sont dits directement ionisants et ont un parcours généralement très court. Ils sont donc peu dangereux en exposition externe, mais leur fort pouvoir ionisant les rend très nocifs en exposition interne.
- Les rayonnements non chargés électriquement qui sont représentés par les neutrons, les rayonnements électromagnétiques X et gamma. Ils sont dits indirectement ionisants. Ils peuvent traverser des épaisseurs importantes et sont donc très dangereux en exposition externe.

Les différents types de sources de rayonnements ionisants

Il existe des sources scellées et des sources non scellées.

Notion d'irradiation

Il est distingué deux types d'irradiation qui sont l'irradiation interne et l'irradiation externe définie par la position de la source radioactive.

La période biologique est le temps nécessaire pour que la moitié d'un radionucléide absorbé soit éliminée naturellement. Elle dépend de sa période radioactive et de son devenir biologique.

Les rayonnements ionisants perdent leur énergie par ionisation dans les milieux qu'ils traversent. Leur capacité d'ionisation est liée à la fois à la nature du rayonnement et à son énergie mais l'effet des rayonnements dépend de la nature des cellules exposées.

LES GRANDEURS ET LES UNITES DOSIMETRIQUES

Afin de caractériser et de pouvoir évaluer l'énergie délivrée lors d'une irradiation, il est nécessaire d'avoir recours à un certain nombre d'unités de mesure.

La dose absorbée

C'est la grandeur dosimétrique fondamentale en radioprotection, qui quantifie l'interaction d'un rayonnement avec la matière. Elle s'exprime en gray (Gy) et correspond à la cession de façon uniforme d'une énergie de un joule par les rayonnements ionisants à une masse de matière d'un kilogramme.

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J.kg}^{-1}$$

La dose absorbée par unité de temps est le débit de dose absorbée, D. Il s'exprime en Gy.s^{-1} ($\text{J.kg}^{-1}.\text{s}^{-1}$).

La dose équivalente (Equivalent de dose)

A dose absorbée égale, les effets biologiques varient selon la nature des rayonnements. Pour prendre en compte la nocivité propre à chaque type de rayonnement, on pondère la dose absorbée par un facteur lié à la qualité du rayonnement.

L'unité de dose équivalente est le sievert (Sv), égal à un joule par kilogramme. La dose équivalente s'exprime en sieverts si la dose absorbée est en grays.

La dose équivalente permet de comparer les doses délivrées par des rayonnements différents.

La dose efficace (Equivalent de dose efficace)

La dose efficace est la somme des doses équivalentes reçues au niveau de tous les organes ou tissus exposés, chacune de ces doses étant pondérée par un facteur lié à la radiosensibilité propre du tissu ou de l'organe considéré.

La dose efficace s'exprime en sieverts, si la dose absorbée s'exprime en grays.

La dose équivalente engagée

L'exposition interne due à l'incorporation d'un radionucléide est distribuée dans le temps. Le radionucléide incorporé va irradier l'organisme, soit jusqu'à sa décroissance complète, soit jusqu'à son élimination totale de l'organisme, naturelle ou provoquée par une thérapeutique, soit pendant le restant de l'existence pour les radio nucléides à vie longue non éliminés.

La dose équivalente engagée pendant un temps donné au niveau d'un tissu ou d'un organe, par suite d'une incorporation unique de radioactivité, est la dose équivalente au niveau de cet organe ou tissu résultant de l'incorporation sur la période considérée.

La dose efficace engagée

Elle correspond à la pondération de la dose équivalente engagée au niveau de chaque organe pendant un temps donné par le facteur de radiosensibilité de l'organe ou du tissu. Si l'on fait la somme des doses ainsi pondérées engagées au niveau de tous les organes, on obtient la dose efficace engagée sur le temps.

Le concept de dose collective

Les unités précédentes permettent d'évaluer les effets des rayonnements ionisants sur un individu. Dans certains cas, il est utile de prendre en compte le nombre des individus exposés. Il peut ainsi être calculé une dose équivalente collective, une dose efficace collective et une dose efficace collective engagée.

Irradiation naturelle et irradiation due aux activités humaines

L'irradiation naturelle a trois origines distinctes qui sont : le rayonnement cosmique, les radioéléments naturels présents dans la croûte terrestre et les radioéléments incorporés dans l'organisme. Ces trois composantes délivrent chacune des doses voisines de l'ordre de 0,3 mSv par an. L'irradiation naturelle moyenne d'un organisme humain est donc de 1 mSv par an, mais il existe un certain nombre de facteurs de variation (par exemple l'altitude, la nature du sol, l'apport lié à l'alimentation, la teneur en radon de l'air) (18, 40).

La source d'exposition artificielle la plus importante est d'origine médicale.

RADIOPROTECTION (1, 7, 18)

Classification des effets des rayonnements ionisants sur l'homme.

Un certain nombre d'organismes internationaux impliqués dans l'évaluation du risque cancérigène des rayonnements ionisants ont fait la synthèse des effets sur les populations exposées à des doses moyennes ou fortes, et tenté de démontrer l'effet des faibles doses.

L'élément essentiel, qui conditionne la conduite à tenir pour protéger l'homme contre les effets des rayonnements ionisants, est la relation entre la dose absorbée et ses effets.

Il n'y a pas de relation simple entre la dissipation initiale d'énergie dans le milieu vivant et d'éventuelles conséquences sur la santé. En fonction de la nature et du nombre des lésions de l'ADN ainsi que de l'efficacité de leur élimination, une

réparation complète ou incomplète est observée suivant les cas, conduisant soit à la disparition par mort cellulaire, soit à la survie de la cellule, qui peut être mutée. Ces événements conduisent respectivement à des effets déterministes ou stochastiques (aléatoires).

Les effets déterministes

Ces effets s'observent aux fortes doses, ils n'apparaissent jamais tant que la dose absorbée reste inférieure à un certain seuil mais apparaissent toujours dans le cas contraire, souvent dans des délais assez brefs. Chez les individus qui ont reçu la dose seuil, ils sont obligatoires.

Les effets stochastiques

Les effets stochastiques ont un caractère probabiliste : ils semblent se répartir au hasard. Leur probabilité d'apparition est proportionnelle à la dose mais leur gravité est indépendante de celle-ci.

Ces effets concernent les individus (effets somatiques de cancérogenèse) et leur descendance (effets héréditaires).

Les valeurs des facteurs de risque

Il importe en radioprotection de connaître les effets des faibles doses et des faibles débits de dose puisque l'homme n'est soumis dans les conditions de vie normales qu'à des expositions de ce type (10).

La nouvelle réglementation française issue de la directive Euratom 96/29 du 13 mai 1996 a été fixée en fonction des principes édictés par la CIPR 60 (33).

Pour estimer les risques d'effets stochastiques aux faibles doses, la CIPR a été amenée à faire plusieurs hypothèses volontairement maximalistes allant notamment contre l'avis de l'Académie des Sciences (1).

Les principes fondamentaux de radioprotection

La CIPR a établi un système de protection contre les effets des rayonnements ionisants beaucoup plus complet que ceux adoptés pour les autres nuisances physiques ou chimiques qui ne prennent pas en compte les effets stochastiques.

Ce système repose sur les principes fondamentaux suivants :

- justification des pratiques utilisant les rayonnements ionisants ;
- optimisation de la radioprotection ;
- limitation des expositions individuelles.

La justification des pratiques utilisant les rayonnements ionisants

Toute activité humaine susceptible d'entraîner une exposition de l'homme aux rayonnements ionisants doit être justifiée par les avantages qu'elle procure : ses bénéfices doivent être supérieurs à ses inconvénients.

L'optimisation de la protection

Le second principe implique que l'exposition des individus et des populations soit maintenue au niveau le plus bas que l'on puisse raisonnablement atteindre, compte tenu des facteurs économiques et sociaux. Il vise à réduire au maximum les doses reçues par les individus en agissant au niveau de la source.

La limitation des doses individuelles

- Problématique de la limitation

Les limites de doses s'appliquant aux expositions professionnelles et aux expositions du public ont été fixées à un niveau suffisamment bas pour que :

- aucun des effets déterministes qui comportent des seuils ne puisse apparaître, c'est-à-dire que le respect des limites assure une protection absolue contre ces effets ;
- la probabilité d'apparition des effets stochastiques, pour lesquels on admet qu'il n'existe pas de seuil et pour lesquels par conséquent une protection absolue ne peut être envisagée, corresponde à un dommage inférieur à celui qui est couramment accepté :

La limitation des doses individuelles proposée par la CIPR dans sa publication 60 procède d'une approche différente fondée sur l'appréciation du degré de tolérance d'une

exposition. Une exposition peut être : inacceptable, tolérable, acceptable. Aucun individu ne doit être soumis à une exposition inacceptable.

Une dose annuelle de 50 mSv est estimée par la CIPR comme inacceptable. Par contre, une dose annuelle de 20 mSv est estimée comme acceptable.

- Valeurs des limites de dose (exposition externe)

Pour les travailleurs, la CIPR a donc proposé d'ajouter à son ancienne limite de 50 mSv par an, une nouvelle limite de 100 mSv pour 5 ans, soit 20 mSv par an.

Pour les personnes du public, elle recommande une limite d'exposition de 1 mSv par an ou, dans des circonstances exceptionnelles, de 5 mSv par an, à condition que la moyenne de 1 mSv par an soit respectée sur 5 ans.

Applications pratiques

Après cet exposé des principes généraux et théoriques de la radioprotection, quelques principes élémentaires et pratiques sont abordés.

Protection contre l'irradiation

La protection contre l'irradiation externe dépend classiquement de trois paramètres majeurs qui sont le temps d'exposition, la distance par rapport à la source et la présence d'écrans (9).

Protection vis à vis de la contamination

La protection contre l'exposition interne passe essentiellement par une bonne conception du laboratoire et des espaces de travail et l'acquisition d'une bonne gestuelle et d'une technique correcte de manipulation.

Moyens de détection des rayonnements ionisants

Toute détection d'un rayonnement ionisant repose sur la possibilité d'apprécier les interactions de ce rayonnement avec la matière.

Il n'existe pas d'instrument unique dont les performances soient acceptables dans toutes les conditions et pour tous les besoins.

Ainsi en pratique, selon leur utilisation, on distingue les dosimètres adaptés à la dosimétrie individuelle, à la mesure de l'exposition externe et les détecteurs de contamination de surface.

Matériel de radioprotection dans le cadre de l'utilisation des sources non scellées.

Un service de médecine nucléaire, un laboratoire de radioanalyse ou de recherche utilisant des radio nucléides doivent être dotés d'appareils de mesure de l'exposition externe et de détection des contaminations. Il existe les débitmètres, les détecteurs de contamination des surfaces

La surveillance individuelle de l'exposition dans le cadre de l'utilisation des sources non scellées.

- L'exposition externe

En cas de risque d'exposition externe par rayonnements X ou gamma, la dosimétrie individuelle doit être mise en œuvre. Les rayonnements bêta ne sont à prendre en considération, dans le cadre de cette surveillance, que pour des énergies supérieures à 100 keV.

- L'exposition interne

L'évaluation des équivalents de dose reçus s'effectue en règle générale, sur prescription du médecin du travail, par anthropogammamétrie et examen radiotoxicologique des urines. Plus rarement, il peut être fait appel à la mesure de l'activité des organes *in vivo* et de la radioactivité de l'air inhalé et de l'eau ou des aliments ingérés.

Rôles du médecin du travail, de l'employeur et de la personne compétente en radioprotection.

Ils sont détaillés en annexe 1.

Le médecin du travail est spécifiquement en charge de la surveillance des personnels exposés aux rayonnements ionisants. La surveillance médicale est basée sur l'arrêté du 28 août 1991 (2, 22, 33).

Il assure spécifiquement la surveillance médicale spéciale et la tenue du dossier médical spécial pour le personnel de catégorie A.

Le rôle de l'employeur est défini réglementairement, il doit notamment assurer la gestion des sources radioactives, mettre en place la surveillance médicale et nommer la personne compétente en radioprotection (12, 33, 49).

La personne compétente en radioprotection a essentiellement un rôle de surveillance, de contrôle et de conseil (16, 21, 33, 49). Elle doit procéder à l'analyse des postes de travail pour permettre le classement par l'employeur des travailleurs en catégories A ou B.

CARACTERISTIQUES DES PRINCIPAUX RADIOELEMENTS UTILISES DANS LES LABORATOIRES DE RECHERCHE

Les caractéristiques des radioéléments utilisés dans les services de médecine nucléaire, en radioanalyse et en recherche biomédicale sont importantes à connaître, car les radio nucléides sont différents selon qu'ils sont utilisés *in vivo* à des fins diagnostiques, thérapeutiques ou *in vitro*, en analyse et en recherche biomédicale (18).

En effet l'utilisation de sources non scellées implique, pour le personnel, des risques d'exposition externe et d'exposition interne liée à une contamination radioactive potentielle. Pour chaque radioélément manipulé, nous avons vu qu'il convient de connaître son groupe de radiotoxicité, sa période physique et effective, ses types d'émission et leur énergie. Ceci conditionne directement les règles et précautions de manipulation ainsi que la surveillance dosimétrique et médicale (38). De plus, une notion importante à préciser est que l'activité biologique d'un radioélément dépend notamment du fait que sa forme est plus ou moins assimilable. Il faut donc prendre en compte dans l'évaluation du danger lié à un radioélément, la forme physique (poussières, aérosols), la forme chimique (élément transférable au

niveau des muqueuses digestives, respiratoire) et le métabolisme moléculaire de celui-ci (9, 18, 37).

L'activité radioactive (utilisée et en stock) rapportée au groupe de toxicité de chaque radioélément, permet d'évaluer le risque radiologique. Ceci permet un classement du laboratoire déterminant ainsi le niveau de sécurité à respecter.

Dans l'annexe 2, sont regroupées les caractéristiques des principales sources non scellées. Elles sont présentées sous forme de fiches synthétiques où pour chaque radioélément apparaissent ses caractéristiques physiques, son groupe de radiotoxicité, le risque d'exposition externe et interne, les limites annuelles d'incorporation (LAI) pour l'exposition professionnelle par inhalation ou ingestion et les limites dérivées de concentrations dans l'air (LDCA) pour une exposition professionnelle de 2000 h par an en fonction de leur forme chimique, les protections minimales à mettre en œuvre, les moyens de détection, les activités maximales manipulables, et la surveillance à mettre en œuvre (13, 25, 26, 27, 28, 37).

population et méthode

DEFINITION DE LA POPULATION DE L'ETUDE

Nous avons dans un premier temps repéré les laboratoires et les services manipulant des radioéléments, et ce en utilisant les connaissances du médecin de prévention de l'université, les informations transmises par la personne responsable des autorisations de commandes de radioéléments sur un hôpital rattaché à cette université, et les connaissances de la personne chargée de la radioprotection pour les sources non scellées sur l'hôpital.

Pour les laboratoires sur lesquels un doute existait quant au fait qu'ils utilisaient encore des radioéléments, les directeurs de ceux-ci ont été directement contactés afin de lever toute ambiguïté.

Nous avons au total recensé 16 laboratoires : six laboratoires hospitaliers que nous nommons LH (de LH1 à LH6) et dix laboratoires de recherche biomédicale que nous nommons LR (de LR1 à LR 10). Nous nous sommes intéressés aux personnels de ces laboratoires en contact direct avec des radioéléments, ce qui représente 176 personnes.

QUESTIONNAIRE

Un questionnaire spécifique concernant la manipulation de sources radioactives non scellées a été élaboré, par un groupe de travail composé des médecins du service de Médecine de Prévention du Personnel de l'Université, du Médecin Coordinateur pour les sources non scellées pour l'établissement hospitalier, de l'Ingénieur Hygiène et Sécurité de l'Université, et de la personne compétente en radioprotection pour l'établissement hospitalier.

Il s'agit d'un auto questionnaire. Les questionnaires ont été distribués avec une lettre d'accompagnement expliquant les raisons et l'intérêt de l'enquête (Annexe 3).

Le questionnaire a préalablement été testé par 5 volontaires, notamment pour ce qui concerne la compréhension des questions et le temps nécessaire pour les réponses en supposant que chacun d'eux manipulait 2 ou 3 radioéléments. Suite à

ce test, le questionnaire a été modifié (les principales corrections ont porté sur des libellés de question ambigus) et validé par le groupe de travail.

Le questionnaire comprend 33 questions : 7 questions concernant l'identification du sujet et son lieu de travail (questions ouvertes), puis 26 questions fermées ou semi-ouvertes portant sur la manipulation des radioéléments, la prévention secondaire, les moyens de surveillance de l'exposition, les connaissances en matière de procédures et de manipulation des radioéléments, et les commentaires éventuels sur le questionnaire (Annexe 4) :

- La partie sur *l'identification du manipulateur* inclut l'identification du salarié, la date de naissance, le sexe, l'employeur, le laboratoire, la fonction et l'ancienneté dans le service (questions non numérotées). Cette partie nous permet de recenser les gens potentiellement exposés aux radiations ionisantes et d'éviter les doublons.
- La partie *manipulation des radioéléments* comprend des questions concernant les radioéléments manipulés dans le service et ceux avec le(s)quel(s) le salarié est potentiellement amené à être en contact indirect (q.1 et q.2), puis des questions concernant la fréquence et le temps moyen quotidien d'utilisation (q.3 et q.4) de ces derniers. Ces questions sont de type semi-ouvert puisque chacune comporte une liste des radioéléments les plus utilisés. Pour la fréquence d'utilisation, 6 fréquences sont proposées (à savoir « quotidien », « plusieurs fois/semaine », « au moins 1 fois/semaine », « quelques fois/mois », « au moins 1 fois/mois » et « quelques fois/an »). Pour le temps moyen quotidien, 5 indications de durée sont proposées (« > 6h », « 4h à 6h », « 2h à 4h », « 1h à 2h » et « < 1h »).
- La partie concernant la prévention permet de passer rapidement en revue les principaux *moyens de protection individuelle et collective* mis à la disposition et utilisés par les opérateurs lors de la manipulation des radioéléments (q.5 à q.8). Outre les moyens de protection, les questions concernent également la proportion de temps de travail pendant laquelle la protection est utilisée. Pour chaque radioélément, une liste de moyens de protection est proposée, comportant pour chacun une échelle de valeur analogique (utilisation de 0 à 100 % du temps de

manipulation). Cette distinction entre moyens de protection mis à la disposition et moyens de protection utilisés permet d'évaluer la mise en application des bonnes règles de manipulation d'une part, et d'orienter le cas échéant les propositions d'amélioration d'autre part (modification des moyens mis à disposition et / ou des comportements).

- La partie *moyens de surveillance* comporte des questions relatives au port d'un dosimètre ou d'un autre détecteur de dose, ainsi qu'une estimation de la proportion du temps de manipulation du ou des radioéléments pendant lequel il est porté (échelle de 0 à 100 %). Un item explore la connaissance du salarié quant aux résultats s'il s'agit d'un dosimètre individuel (q.9 à q.10 bis). En effet, d'après l'expérience de la personne radiocompétente pour le CHU dépendant de cette Université, il s'agit de loin du principal détecteur utilisé. Enfin, plusieurs questions concernent les examens radiotoxicologiques des urines, la périodicité ou les circonstances de ces derniers (q.11 à q.12 ter). Celles-ci permettent d'évaluer le suivi dosimétrique des utilisateurs.

- La dernière partie concerne des questions relatives aux *connaissances en matière de procédures et de manipulation des radioéléments*. Il s'agit donc de questions portant sur les procédures de décontamination (q.13 à q.15), les conditions de stockage des radioéléments au sein du laboratoire d'appartenance (q.16), les connaissances de l'utilisateur en matière de contrôles de locaux ou de paillasses à effectuer pendant le stockage (q.17) les conditions de stockage des déchets (q.18), la connaissance de l'utilisateur en matière de temps moyen de stockage des déchets (q.19), le mode d'élimination des déchets depuis le laboratoire (q.20), la personne à contacter en cas d'incident ou d'accident (q.21) et l'existence d'une éventuelle formation sur les risques liés à la manipulation des radioéléments (q.22). Cette partie va nous permettre d'évaluer le niveau de connaissance et le niveau des formations reçues quand elles existent.

- La dernière question est une question ouverte permettant de recueillir des commentaires sur le questionnaire.

PROCEDURE DE RECUEIL DES INFORMATIONS

Une fois la liste des laboratoires établie, les différents chefs de services concernés ont été contactés par les médecins du service de Médecine de Prévention du Personnel de l'université ou le Médecin Coordinateur pour les sources non scellées employées dans les structures de recherche universitaires afin de leur annoncer de façon succincte ce travail, et surtout d'obtenir leur accord de principe pour la distribution des questionnaires.

Après avoir convenu d'un rendez-vous, les différents chefs de service concernés ont été rencontrés, afin de leur expliquer en détail le contenu du questionnaire et le but de cette étude. Puis une rencontre avec la personne radiocompétente ou responsable des problèmes de radioprotection de chaque laboratoire a été programmée afin de déterminer le nombre de questionnaires à distribuer. Généralement ce sont ces personnes motivées par les problèmes de radioprotection qui ont proposé de se charger de distribuer puis de collecter les questionnaires individuellement au sein de leur laboratoire.

Un autre rendez-vous était programmé 2 semaines plus tard avec la personne radiocompétente afin de récupérer les questionnaires remplis. Enfin, pour obtenir ceux des retardataires, 2 ou 3 visites supplémentaires ont généralement été nécessaires.

STATISTIQUES

L'ensemble des résultats a été saisi dans une base de donnée de type Access®.

Chaque réponse, radioélément par radioélément, a été comparée à un « gold standard » qui a été réalisé par les soins de la personne radiocompétente pour les sources non scellées de l'hôpital (radiophysicien de formation). Ce « gold standard » a été établi en fonction des données de la littérature.

Afin de comparer au mieux les réponses entre elles, nous avons fixé des scores, question par question pour chaque radioélément, basés sur les écarts entre les réponses données et le « gold standard ».

Le principe de ces scores est le suivant :

- lorsque les items de réponse d'une question sont identiques au « gold standard », il est attribué un score de 4,
- lorsque les réponses sont quasi identiques au « gold standard », mais qu'il y a une réponse en plus (non justifiée par l'utilisation d'un autre radioélément), il est attribué un score de 3,
- lorsqu'il manque un ou plusieurs items par rapport au « gold standard » (avec au moins un item juste), il est attribué un score de 2,
- lorsqu'il manque un ou plusieurs items par rapport au « gold standard » (avec au moins un item juste), et qu'il y a un item en plus (non justifié par l'utilisation d'un autre radioélément), il est attribué un score de 1,
- lorsqu'il n'y a aucun item juste par rapport au « gold standard », il est attribué 0 point.
- Lorsque rien n'était coché sur les échelles de valeurs analogiques, le score est divisé par 2.
- pour les réponse de type OUI/NON, lorsqu'elles manquaient, la réponse NON est arbitrairement choisie.

Le « gold standard » radioélément par radioélément ainsi que le détail des grilles de correction sont détaillés en annexe 5.

De manière à traiter les données de façon synthétique, nous avons regroupé les personnes en trois groupes de manipulateurs : « manipulateurs fréquents », « manipulateurs moyens » et « manipulateurs occasionnels ». Ces trois groupes de manipulateurs ont été constitués de la manière suivante :

Ont été considérés comme « manipulateurs fréquents », ceux dont l'index d'utilisation (« index manipulateur ») est supérieur ou égal à 20. Cet index est le produit du score de la fréquence d'utilisation et du score de la durée quotidienne moyenne d'utilisation. Le détail des scores permettant le calcul de l'« index manipulateur » est le suivant : : il est attribué un score de 6 pour la réponse « quotidien », 5 pour la réponse « plusieurs fois/semaine », 4 pour la réponse « au moins 1 fois/semaine », 3 pour la réponse « quelques fois/mois », 2 pour la réponse « au moins 1 fois/mois », et 1 pour la réponse « quelques fois/an » ; il est attribué un score de 1 pour la réponse « < 1h », 2 pour la réponse « 1h à 2h », 3 pour la réponse « 2h à 4h », 5 pour la réponse « 4h à 6h » et 6 pour la réponse « > 6h ».

Ont été considérés comme « manipulateurs moyens », selon le même mode de calcul, ceux dont l'index d'utilisation est supérieur ou égal à 10.

Ont été considérés comme « manipulateurs occasionnels », selon le même mode de calcul, ceux dont l'index d'utilisation est inférieur à 10.

Pour chaque sujet, il a été retenu l'index maximal obtenu pour au moins un radioélément. En effet, certains sujets manipulent plusieurs radioéléments.

Afin de faciliter le traitement des données, nous avons effectué des regroupements en 7 catégories socioprofessionnelles. Les catégories socioprofessionnelles sont les suivantes :

- Les chercheurs et assimilés
- Les infirmiers et assimilés,
- Les ingénieurs et assimilés,
- Les techniciens,
- Les étudiants,
- Les médecins et pharmaciens,
- Les autres agents hospitaliers et assimilés,
- Les indéterminés.

En outre, nous avons regroupé les résultats de certaines questions. Ainsi, les questions relatives aux protections et à la surveillance dosimétrique et urinaire (questions 6, 8, 9 et 11 du questionnaire) ont été regroupées pour former le score « protections ». De même, les questions relatives aux connaissances générales concernant les radioéléments et à la formation (questions 13 à 15, 18 et 20 du questionnaire) ont été regroupées pour former le score « connaissances ». L'addition de ces deux scores fournit les « scores globaux ».

Les exploitations statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel SAS. Les comparaisons statistiques entre les groupes ont été faites par le test non paramétrique de Kruskal-Wallis pour les variables quantitatives et le test de χ^2 pour les variables qualitatives.

Résultats

DESCRIPTION DE LA POPULATION

Au total, nous avons distribué dans 16 laboratoires hospitaliers et de recherche biomédicale 176 questionnaires. Nous avons reçu 122 remplis correctement, soit un taux d'exhaustivité de 69 %.

La description des questionnaires recueillis par laboratoires est résumée dans le tableau I.

Tableau I : Questionnaires recueillis en fonction des laboratoires.

Laboratoires (Q distribués)	Q recueillis (proportion en %)	Ancienneté moyenne (et intervalle) en années	Répartition des types de manipulateurs				Répartition par sexe		
			Fqt	Moyen	Occas	ND	F	H	ND
LH 1 (6)	4 (67%)	3,6 (0,25-6)	0	2	2	0	3	1	0
LH 2 (7)	7 (100%)	13 (2-27)	1	4	2	0	3	4	0
LH 3 (9)	8 (89%)	6,6 (0,2-22)	0	1	6	1	3	5	0
LH 4 (13)	12 (92%)	9,5 (0,3-26)	0	4	8	0	8	4	0
LH 5 (15)	8 (53%)	15,6 (2-27)	0	3	4	1	8	0	0
LH 6 (34)	10 (29%)	12,1 (4-27)	5	2	2	1	6	4	0
LR 1 (3)	2 (67%)	14 (4-24)	0	0	2	0	2	0	0
LR 2 (3)	2 (67%)	2,5 (2-3)	0	0	2	0	2	0	0
LR 3 (4)	3 (75%)	9 (3-20)	0	0	3	0	3	0	0
LR 4 (5)	3 (60%)	1,9 (0,2-4)	0	2	0	1	1	2	0
LR 5 (6)	6 (100%)	8 (2-15)	0	2	4	0	4	2	0
LR 6 (8)	6 (75%)	4,5 (0,1-12)	0	1	5	0	6	0	0
LR 7 (11)	8 (73%)	2,1 (1-3)	0	0	8	0	5	3	0
LR 8 (16)	15 (94%)	7,6 (0,4-19)	1	4	10	0	10	4	1
LR 9 (17)	17 (100%)	5 (0,25-21)	1	7	9	0	10	7	0
LR 10 (19)	11 (58%)	5,8 (0,75-23)	0	3	7	1	10	1	0
Total (176)	122 (69%)	8,2 (0,1-27)	8	35	74	5	84	37	1

Q : questionnaire ; Fqt : Fréquent ; Occas : Occasionnel ; ND : Non Défini.
F : femmes, H : hommes

Il apparaît que les manipulateurs sont essentiellement des manipulateurs « Occasionnels » et « Moyens » et qu'il s'agit majoritairement d'une population féminine (69%).

Si nous regroupons les laboratoires par type, la répartition est résumée dans le tableau II

Tableau II : Description de la population en fonction du type de laboratoire par âge, par ancienneté et par sexe.

Type de laboratoires (Q distribués)	Q recueillis	Proportion en %	Age moyen (\pm écart type) en années	Ancienneté moyenne (mini - maxi) en années	Répartition par sexe		
					F	H	ND
Laboratoires de recherche (92)	73	79,5%	37,7 \pm 9,4	5,7 (0,1-24)	53	19	1
Laboratoires hospitaliers (84)	49	58,5%	40,7 \pm 9,3	11,8 (0,2-27)	31	18	0
p ^a		***	ns	***	ns		
Total (176)	122	69%	39,0 \pm 9,4	8,2 (0,1-27)	84	37	1

Q : questionnaire ; F : femmes ; H : hommes ; ND : Non Défini.

a : p indique le résultat de la comparaison statistique par le test de Kruskal-Wallis ou test de χ^2 .

ns : non significatif, * : p < 0,05, ** : p < 0,01, *** : p < 0,001. (les indéterminés n'étant pas pris en compte).

Ainsi, dans cette étude, les laboratoires de recherche sont globalement plus représentés que les laboratoires hospitaliers avec une ancienneté moyenne de leur population deux fois moindre.

Le meilleur taux de réponse est obtenu par les laboratoires de recherche.

La répartition pour le sexe en fonction du type de laboratoire est : pour les laboratoires de recherche, 74 % de femmes et 26 % d'hommes, et pour les laboratoires hospitaliers, 63 % de femmes et 37 % d'hommes.

La moyenne d'âge est de 39 ans (38,8 ans pour les femmes et 39,3 ans pour les hommes).

De plus si l'on s'intéresse aux femmes en âge de procréer, arbitrairement choisi entre 20 et 39 ans et qui constituent la fraction principale, on constate qu'elles représentent 50% de la population féminine interrogée (42 femmes sur 84).

Cela justifie l'importance d'un suivi rapproché de ces femmes qui manipulent des sources non scellées, car en cas de problème sur une grossesse en cours, il se posera toujours la question de la responsabilité d'une exposition à des rayonnements ionisants, et ceci quelle que soit l'activité manipulée.

Le tableau III décrit les caractéristiques des agents en fonction des catégories socioprofessionnelles.

Tableau III: Ancienneté et types de manipulateurs en fonction de la catégorie socioprofessionnelle.

C.S.P. (Sujets)	Ancienneté moyenne (mini - maxi) en années	Age moyen (± écart type) en années	Sujets ayant ancienneté ≤ 2 ans.	Répartition des types de manipulateurs				Répartition par sexe		
				Fqt	Moyen	Occas	ND	F	H	ND
Inf. (4)	13,5 (4-27)	40,5 ± 10,5	0	2	1	1	0	2	2	0
Cherch. (26)	6,8 (0,25-21)	40,2 ± 6,8	8	0	10	16	0	16	10	0
Ingé. (23)	9,5 (0,2-27)	43,6 ± 8,9	6	0	9	12	2	17	6	0
Med. (13)	11,3 (1-27)	41,3 ± 9,8	4	0	1	11	1	9	4	0
Etud. (20)	2 (0,1-4)	27,5 ± 3,1	12	2	4	14	0	15	5	0
Tech. (31)	11 (0,3-26)	39,5 ± 9,4	5	3	10	18	0	23	8	0
A. H. (4)	3,3 (2-5)	47,5 ± 0,7	2	1	0	1	2	2	2	0
Indéter. (1)										

C.S.P. : Catégorie socioprofessionnelle ; Inf. : « infirmiers et assimilés » ; Cherch. : « chercheurs et assimilés » ; Ingé. : « ingénieurs et assimilés » ; Med. : « médecins et pharmaciens » ; Etud. : « étudiants » ; Tech. : « techniciens » ; A.H. : « agents hospitaliers et assimilés » ; Ind. : Indéterminés.

Fqt : Fréquent ; Occas : Occasionnel ; ND : Non Défini.

F : femmes ; H : hommes ; ND : Non Défini.

Les « chercheurs et assimilés », les « ingénieurs et assimilés », et les « techniciens » sont les catégories socioprofessionnelles les plus représentées, soit 66 % de la population interrogée.

De manière attendue, « les étudiants » ont la moins grande ancienneté.

Les « médecins et pharmaciens » sont majoritairement des manipulateurs occasionnels.

La répartition des catégories socioprofessionnelles des sujets en fonction de leur employeur est la suivante :

Tableau IV : Répartition des sujets en fonction de leur employeur et de leur CSP.

C.S.P.	Inf.	Cherch.	Ingé.	Med.	Etud.	Tech.	A.H.	Ind.	Total
Employeur									
Hôpital	4	1	1	5	2	23	2	0	38
INSERM	0	11	11	0	6	1	1	0	30
Université	0	7	10	8	5	2	0	0	32
Divers	0	4	1	0	5	4	0	0	14
Ind.	0	3	0	0	2	1	1	1	8
Total	4	26	23	13	20	31	4	1	122

C.S.P. : Catégorie socioprofessionnelle ; Inf. : « infirmiers et assimilés » ; Cherch. : « chercheurs et assimilés » ; Ingé. : « ingénieurs et assimilés » ; Med. : « médecins et pharmaciens » ; Etud. : « étudiants » ; Tech. : « techniciens » ; A.H. : « agents hospitaliers et assimilés » ; Ind. : Indéterminés.

Les employeurs les plus représentés sont, par ordre décroissant : l'Hôpital, l'Université et l'INSERM.

Parmi les personnels concernés par l'étude et qui ont répondu, on note que l'hôpital emploie surtout des « techniciens », alors que l'INSERM emploie essentiellement des « chercheurs et assimilés » et des « ingénieurs et assimilés » et que l'Université emploie des « ingénieurs et assimilés », « médecins et pharmaciens », et « chercheurs et assimilés ».

Pour les trois employeurs les plus importants, la répartition entre hommes et femmes est la suivante : pour l'hôpital : 63 % de femmes et 37 % d'hommes, pour l'INSERM : 67 % de femmes et 33 % d'hommes, pour l'Université : 81 % de femmes et 19 % d'hommes.

La répartition des sujets par catégorie socioprofessionnelle en fonction du laboratoire est la suivante :

Tableau V : Répartition des sujets par catégories socioprofessionnelles en fonction du laboratoire.

C.S.P. Labo.	Inf.	Cherch.	Ingé.	Med.	Etud.	Tech.	A.H.	Ind.	Total
LH 1	0	1	0	0	0	3	0	0	4
LH 2	0	1	2	1	0	3	0	0	7
LH 3	1	0	1	5	1	0	0	0	8
LH 4	0	0	0	0	0	12	0	0	12
LH 5	0	0	1	1	0	6	0	0	8
LH 6	3	0	0	2	0	3	2	0	10
LR 1	0	0	1	0	1	0	0	0	2
LR 2	0	0	1	1	0	0	0	0	2
LR 3	0	0	1	0	2	0	0	0	3
LR 4	0	0	1	0	1	0	1	0	3
LR 5	0	2	2	0	0	2	0	0	6
LR 6	0	2	1	0	3	0	0	0	6
LR 7	0	2	3	1	1	0	1	0	8
LR 8	0	7	3	0	4	0	0	1	15
LR 9	0	10	3	0	3	1	0	0	17
LR 10	0	1	3	2	4	1	0	0	11

C.S.P. : Catégorie socioprofessionnelle ; Inf. : « infirmiers et assimilés » ; Cherch. : « chercheurs et assimilés » ; Ingé. : « ingénieurs et assimilés » ; Med. : « médecins et pharmaciens » ; Etud. : « étudiants » ; Tech. : « techniciens » ; A.H. : « agents hospitaliers et assimilés » ; Ind. : Indéterminés.

On note que dans les deux laboratoires ayant le plus grand nombre de répondants (LR 9 et LR 8), les « chercheurs et assimilés » sont la catégorie socioprofessionnelle la plus représentée, alors que dans les trois suivants (LH 4, LR 10 et LH 6), il s'agit d'« étudiants », de « techniciens » puis des « infirmiers et assimilés ». Aucune catégorie socioprofessionnelle ne prédomine dans les LR 10 et LH 6.

RESULTATS PAR RADIOELEMENT

Le recensement des personnes en fonction de leur exposition ou non à un ou plusieurs radioéléments avec le ou lesquels elles sont en contact direct ou indirect est fournie dans le tableau VI.

Il est important de noter qu'un manipulateur direct d'un radioélément peut être en contact indirect avec un ou plusieurs autres.

Tableau VI : Répartition des sujets en fonction de leur exposition aux radioéléments.

Radioélément	Personnes en contact indirect	Personnes en contact direct	Répartition des types de manipulateurs			
			Fqt	Moyen	Occas	ND
³⁵ S	15	22	0	0	19	3
¹²⁵ I	12	32	2	5	24	1
¹³¹ I	3	7	0	1	5	1
³ H	20	67	3	17	45	2
¹⁴ C	21	16	1	3	12	0
³² P	17	62	1	8	50	3
³³ P	10	12	1	1	10	0
⁵¹ Cr	3	17	0	3	12	2
⁹⁹ Tc	2	9	4	3	1	1
²⁰¹ Tl	3	7	1	3	0	3
⁴⁵ Ca	1	2	0	0	2	0
¹¹¹ In	3	6	0	0	3	3
⁵⁷ Co	6	6	0	2	3	1
¹²³ I	0	3	0	0	1	2
⁶⁷ Ga	0	1	0	0	1	0

Fqt : Fréquent ; Occas : Occasionnel ; ND : Non Défini.

Les radioéléments les plus utilisés sont ³H et ³²P (67 et 62 personnes en contact direct, respectivement).

Les 122 personnes ayant rempli le questionnaire manipulent de 1 à 8 radioéléments avec une moyenne de 2,2 radioéléments par personne, soit 269 manipulations de radioéléments au total dont 22 non définies. Ainsi, on dénombre :

manipulations fréquentes	13 soit 5,3 %
manipulations moyennes	46 soit 18,6 %
manipulations occasionnelles	188 soit 76,1 %

Il est à remarquer qu'une même personne peut être « manipulateur fréquent » pour un radioélément et « moyen » ou « occasionnel » pour un autre, du fait de notre cotation.

Pour les 4 radioéléments manipulés par le plus grand nombre (^{35}S , ^{125}I , ^3H et ^{32}P), on note qu'il s'agit essentiellement de manipulateurs « occasionnels », voire uniquement pour le soufre 35.

La distribution des catégories socioprofessionnelles en fonction des radioéléments est résumée dans le tableau VII.

Tableau VII : Répartition des catégories socioprofessionnelles en fonction des radioéléments.

RE \ C.S.P.	Inf.	Cherch.	Ingé.	Med.	Etud.	Tech.	A.H.	Ind.
³⁵ S	0	8	10	2	2	0	0	0
¹²⁵ I	4	11	9	1	1	6	0	0
¹³¹ I	3	0	0	1	0	2	1	0
³ H	1	18	13	8	12	13	1	1
¹⁴ C	1	2	2	6	0	5	0	0
³² P	1	14	14	3	16	12	1	1
³³ P	0	4	3	2	2	1	0	0
⁵¹ Cr	2	2	3	0	2	7	1	0
⁹⁹ Tc	3	0	0	1	0	3	2	0
²⁰¹ Tl	3	0	0	0	0	2	2	0
⁴⁵ Ca	0	2	0	0	0	0	0	0
¹¹¹ In	2	0	0	1	0	2	1	0
⁵⁷ Co	0	0	1	1	0	4	0	0
¹²³ I	2	0	0	0	0	1	0	0
⁶⁷ Ga	1	0	0	0	0	0	0	0

C.S.P. : Catégorie socioprofessionnelle ; Inf. : « infirmiers et assimilés » ; Cherch. : « chercheurs et assimilés » ; Ingé. : « ingénieurs et assimilés » ; Med. : « médecins et pharmaciens » ; Etud. : « étudiants » ; Tech. : « techniciens » ; A.H. : « agents hospitaliers et assimilés » ; Ind. : Indéterminés.

Les radioéléments les plus manipulés (³H et ³²P) le sont par 4 catégories de personnels : les « chercheurs et assimilés », les « ingénieurs et assimilés », les « étudiants » et les « techniciens ». Viennent ensuite le ³⁵S et le ¹²⁵I qui sont surtout manipulés par les « chercheurs et assimilés » et les « ingénieurs et assimilés ».

RESULTATS DE LA SURVEILLANCE DOSIMETRIQUE ET URINAIRE

La surveillance dosimétrique et urinaire a été évaluée en fonction du laboratoire, de l'employeur, de la catégorie socioprofessionnelle et du type de laboratoire. Le résultat a été obtenu en additionnant les scores obtenus, radioélément par radioélément, aux questions relatives à la surveillance dosimétrique et urinaire (correspondant aux questions 9 et 11, le détail des scores est en annexe 5, le score maximum est de 8). Les résultats par laboratoires, employeurs, par catégories socioprofessionnelles et types de laboratoire sont résumés dans le tableau VIII.

Tableau VIII : Distribution des scores « surveillance dosimétrique et urinaire ». (prise en compte du moins bon score par sujet en cas de mise en œuvre de plusieurs radioéléments : 122 réponses).

Répartition analysée	Mini-Maxi	Score moyen	p ^a
Laboratoires			
LH 1 (4 sujets, 8 fiches)	0-8	6	***
LH 2 (7 sujets, 21 fiches)	0-4	2,9	
LH 3 (8 sujets, 14 fiches)	0	0	
LH 4 (12 sujets, 13 fiches)	0-8	5,7	
LH 5 (8 sujets, 14 fiches)	4-8	5,5	
LH 6 (10 sujets, 44 fiches)	0-8	5,2	
LR 1 (2 sujets, 5 fiches)	4-6	5	
LR 2 (2 sujets, 2 fiches)	4-8	2,8	
LR 3 (3 sujets, 5 fiches)	6-8	7,3	
LR 4 (3 sujets, 4 fiches)	0-8	4,7	
LR 5 (6 sujets, 13 fiches)	2-8	6	
LR 6 (6 sujets, 10 fiches)	4-8	5,3	
LR 7 (8 sujets, 14 fiches)	0-8	4	

LR 8 (15 sujets, 40 fiches)	6-8	7,9	
LR 9 (17 sujets, 39 fiches)	0-4	3,4	
LR 10 (11 sujets, 23 fiches)	0-8	6	
Employeur			
Hôpital (38 sujets, 84 fiches)	0-8	4,9	
INSERM (30 sujets, 69 fiches)	0-8	6,4	
Université (32 sujets, 72 fiches)	0-8	4	**
Divers (14 sujets, 27 fiches)	0-8	4,1	
Indéterminé (8 sujets, 17 fiches)	2-8	5,3	
Catégorie socioprofessionnelle			
Infirmiers (4 sujets, 23 fiches)	0-8	4,5	
Chercheurs (26 sujets, 61 fiches)	0-8	4,3	
Ingénieurs (23 sujets, 55 fiches)	0-8	5,7	
Médecins (13 sujets, 26 fiches)	0-8	2,2	***
Etudiants (20 sujets, 35 fiches)	0-8	6,1	
Techniciens (31 sujets, 58 fiches)	0-8	5,8	
Agents hospitaliers (4 sujets, 9 fiches)	0-4	2	
Indéterminés (1 sujet, 2 fiches)		8	
Type de laboratoire			
Laboratoires de recherche (73 sujets, 155 fiches)	0-8	5,5	*
Laboratoires hospitaliers (49 sujets, 114 fiches)	0-8	4,2	

a : p indique le résultat de la comparaison statistique par le test de Kruskal-Wallis, ns : non significatif, * : $p < 0,05$, ** : $p < 0,01$, *** : $p < 0,001$, (les indéterminés n'étant pas pris en compte). Un sujet n'est compté qu'une seule fois avec son plus mauvais score en cas d'utilisation de plusieurs radioéléments.

L'analyse des résultats par laboratoire montre le score le plus élevé dans le LR 8 puis le LR 3, et plus généralement dans les laboratoires de recherche. Il est surprenant de noter de grandes disparités inter-laboratoires (0 à 7,9).

La répartition par type d'employeur permet d'identifier le score le plus élevé pour l'INSERM suivi de l'Hôpital.

Enfin, l'analyse des résultats par catégorie socioprofessionnelle révèle que le score le plus élevé est obtenu chez les « étudiants », suivis des « techniciens » et des « ingénieurs et assimilés ». Par contre, les « agents hospitaliers » et les « médecins et assimilés » obtiennent les moins bons scores.

De plus, en général, tous employeurs confondus, on note un meilleur score pour les femmes, quelle que soit la classe d'âge (5,3 contre 4,1 pour les hommes).

Il est important de signaler que parmi les 122 sujets de l'étude, 7 mentionnent avoir eu une dosimétrie urinaire positive, avec chacun un radioélément différent. Il n'y a pas une catégorie socioprofessionnelle, ni un laboratoire d'appartenance qui soit plus spécifiquement concerné par des résultats radiotoxicologiques urinaires positifs.

RESULTATS POUR LES CONNAISSANCES, LA FORMATION ET LA PROTECTION

Dans cette partie, nous avons tenu compte des 269 fiches recueillies correspondant chacune à un radioélément manipulé par une personne, sachant que 122 personnes manipulent de 1 à 8 radioéléments.

Distribution des scores globaux

Les scores globaux, comprenant les questions 6, 8, 9, 11, 13 à 15, 18, 20 et 22 relatives aux protections, aux connaissances générales concernant les radioéléments et la formation des personnels, varient de **3 à 40** sur 40, avec une moyenne de 28,2.

Nous avons également calculé la moyenne ainsi que l'intervalle des scores en fonction des catégories socioprofessionnelles, du type de laboratoires et du laboratoire d'origine.

Tableau IX : Scores globaux « connaissance, formation, protection, surveillance dosimétrique et urinaire » (prise en compte de l'ensemble des radioéléments des 122 sujets : 269 réponses).

Catégorie socioprofessionnelle	Mini-Maxi	Score moyen	p^a
Infirmiers (4 sujets, 23 fiches)	23-37	30,5	***
Chercheurs (26 sujets, 61 fiches)	12,5-39	29,2	
Ingénieurs (23 sujets, 55 fiches)	14-35	28,9	
Médecins (13 sujets, 26 fiches)	18,5-31,5	24,6	
Etudiants (20 sujets, 35 fiches)	17-37	29,1	
Techniciens (31 sujets, 58 fiches)	19-40	29,7	
Agents hospitaliers (4 sujets, 9 fiches)	3-18	9	
Indéterminés (1 sujet, 2 fiches)	20-20,5	20,3	

a : p indique le résultat de la comparaison statistique par le test de Kruskal-Wallis, *** : p < 0,001, (les indéterminés n'étant pas pris en compte).

Les meilleurs scores globaux « connaissance, formation, protection, surveillance dosimétrique et urinaire » sont obtenus par les « infirmiers et assimilés », suivis des « techniciens », des « chercheurs », des « étudiants » et des « ingénieurs et assimilés ». Les scores des « médecins » sont inférieurs et les scores les plus faibles sont obtenus par les « agents hospitaliers ».

Tableau IX bis: Scores globaux « connaissance, formation, protection, surveillance dosimétrique et urinaire » (prise en compte du moins bon score par sujet en cas de mise en œuvre de plusieurs radioéléments : 122 réponses).

Catégorie socioprofessionnelle	Mini-Maxi	Score moyen	p ^a
Infirmiers (4 sujets, 23 fiches)	23-31,5	26,9	***
Chercheurs (26 sujets, 61 fiches)	12,5-38	27,6	
Ingénieurs (23 sujets, 55 fiches)	14-34	27	
Médecins (13 sujets, 26 fiches)	18,5-31,5	24	
Etudiants (20 sujets, 35 fiches)	17-37	28,8	
Techniciens (31 sujets, 58 fiches)	19-40	28,3	
Agents hospitaliers (4 sujets, 9 fiches)	3-18	7,5	
Indéterminés (1 sujet, 2 fiches)	20-20	20	

a : p indique le résultat de la comparaison statistique par le test de Kruskal-Wallis, *** : p < 0,001, (les indéterminés n'étant pas pris en compte).

Si on prend en compte le moins bon score obtenu par un sujet qui manipule plusieurs radioéléments, on remarque que les meilleurs scores globaux sont obtenus par les « étudiants » suivi des « techniciens ». Les moins bons scores sont là encore obtenus par les « agents hospitaliers ».

Tableau X : Scores globaux « connaissance, formation, protection, surveillance dosimétrique et urinaire » par type de laboratoire (prise en compte du moins bon score par sujet en cas de mise en œuvre de plusieurs radioéléments : 122 réponses).

Type de laboratoire	Mini-Maxi	Score moyen	p ^a
Laboratoires de recherche (73 sujets, 155 fiches)	3-38	27,3	0,06
Laboratoires hospitaliers (49 sujets, 114 fiches)	5-40	25,8	

a : p indique le résultat de la comparaison statistique par le test de Kruskal-Wallis.

On remarque que globalement, il n'existe pas de différence significative entre les scores des personnels des laboratoires de recherche et ceux des laboratoires hospitaliers (Tableau X), alors qu'il existe de grande différence inter-laboratoires (Tableau XI).

Tableau XI : Scores globaux « connaissance, formation, protection, surveillance dosimétrique et urinaire » par laboratoire d'appartenance (prise en compte du moins bon score par sujet en cas de mise en œuvre de plusieurs radioéléments : 122 réponses).

Laboratoires	Mini-Maxi	Score moyen	p ^a
LH 1 (4 sujets, 8 fiches)	18-33	28,8	**
LH 2 (7 sujets, 21 fiches)	23-31,5	26,4	
LH 3 (8 sujets, 14 fiches)	17,5-27	23,3	
LH 4 (12 sujets, 13 fiches)	19-40	27,6	
LH 5 (8 sujets, 14 fiches)	19-31	25,3	
LH 6 (10 sujets, 44 fiches)	5-39	24,7	
LR 1 (2 sujets, 5 fiches)	27-28	27,5	
LR 2 (2 sujets, 2 fiches)	21-27,5	24,3	
LR 3 (3 sujets, 5 fiches)	32-34	33	
LR 4 (3 sujets, 4 fiches)	3-32,5	22,2	
LR 5 (6 sujets, 13 fiches)	24-33	29,8	
LR 6 (6 sujets, 10 fiches)	21-37	29,3	
LR 7 (8 sujets, 14 fiches)	4-31	19,8	
LR 8 (15 sujets, 40 fiches)	14-38	31,3	
LR 9 (17 sujets, 39 fiches)	12,5-34	26,4	
LR 10 (11 sujets, 23 fiches)	22,5-32	26,7	

a : p indique le résultat de la comparaison statistique par le test de Kruskal-Wallis,

** : p < 0,01.

Les meilleurs scores globaux sont obtenus par le LR 3 suivi du LR 8. Inversement, les moins bons scores sont obtenus par les LR 7 et 4.

Tableau XII : Scores globaux « connaissance, formation, protection, surveillance dosimétrique et urinaire » par employeur (prise en compte du moins bon score par sujet en cas de mise en œuvre de plusieurs radioéléments : 122 réponses).

Employeur	Mini-Maxi	Score moyen	p ^a
Hôpital (38 sujets, 84 fiches)	5-40	26,3	*
INSERM (30 sujets, 69 fiches)	3-38	28,6	
Université (32 sujets, 72 fiches)	12,5-32	25,4	
Divers (14 sujets, 27 fiches)	23-37	29	
Indéterminé (8 sujets, 17 fiches)	4-33	22,9	

a : p indique le résultat de la comparaison statistique par le test de Kruskal-Wallis,
* : p < 0,05, (les indéterminés n'étant pas pris en compte).

Si on s'intéresse aux employeurs, on note que les personnels de l'INSERM obtiennent les meilleurs scores globaux.

Distribution des scores « connaissances et formation »

Les scores « connaissances et formation », comprenant les questions 13 à 15, 18, 20 et 22 relatives aux connaissances générales concernant les radioéléments et sur la formation des personnels, varient de **0 à 24** sur 24, avec une moyenne de 16,2.

Les valeurs des scores « connaissance et formation » en fonction des catégories socioprofessionnelles, du type de laboratoire, du laboratoire d'origine et de l'employeur sont résumées dans les tableaux XIII à XVI.

Tableau XIII : Scores « connaissances et formation » par catégorie socioprofessionnelle (prise en compte de l'ensemble des radioéléments des 122 sujets : 269 réponses).

Catégorie socioprofessionnelle	Mini-Maxi	Score moyen	p^a
Infirmiers (4 sujets, 23 fiches)	16-24	20,6	***
Chercheurs (26 sujets, 61 fiches)	8-24	19,4	
Ingénieurs (23 sujets, 55 fiches)	4-24	19,3	
Médecins (13 sujets, 26 fiches)	10-24	19,6	
Etudiants (20 sujets, 35 fiches)	10-24	18,6	
Technicien (31 sujets, 58 fiches)	8-24	19,5	
Agents hospitaliers (4 sujets, 9 fiches)	0-12	4,7	
Indéterminés (1 sujets, 2 fiches)	8-8	8	

a : p indique le résultat de la comparaison statistique par le test de Kruskal-Wallis,
 *** : $p < 0,001$, (les indéterminés n'étant pas pris en compte).

Si les scores obtenus par les « infirmiers et assimilés » suivis des « médecins et pharmaciens », des « techniciens », des « chercheurs » et « ingénieurs » sont dans l'ensemble élevés et assez voisins, les scores des « agents hospitaliers » sont très bas.

Tableau XIII bis : Scores « connaissances et formation » par catégorie socioprofessionnelle (prise en compte du moins bon score par sujet en cas de mise en œuvre de plusieurs radioéléments : 122 réponses).

Catégorie socioprofessionnelle	Mini-Maxi	Score moyen	p ^a
Infirmiers (4 sujets, 23 fiches)	0-22	20	0,07
Chercheurs (26 sujets, 61 fiches)	8-24	19,2	
Ingénieurs (23 sujets, 55 fiches)	4-24	18,3	
Médecins (13 sujets, 26 fiches)	10-24	19,4	
Etudiants (20 sujets, 35 fiches)	10-24	18,5	
Techniciens (31 sujets, 58 fiches)	8-24	18,5	
Agents hospitaliers (4 sujets, 9 fiches)	0-12	3,5	
Indéterminés (1 sujet, 2 fiches)	8-8	8	

a : p indique le résultat de la comparaison statistique par le test de Kruskal-Wallis.

Si l'on prend en compte le moins bon score par sujet quel que soit le radioélément manipulé, les « agents hospitaliers » ont toujours les plus mauvais scores. Il n'y a pas de différence significative entre les autres catégories socioprofessionnelles.

Tableau XIV : Scores « connaissances et formation » par type de laboratoire (prise en compte du moins bon score par sujet en cas de mise en œuvre de plusieurs radioéléments : 122 réponses).

Type de laboratoire	Mini-Maxi	Score moyen	p ^a
Laboratoires de recherche (73 sujets, 155 fiches)	0-24	18	ns
Laboratoires hospitaliers (49 sujets, 114 fiches)	2-24	18,4	

a : p indique le résultat de la comparaison statistique par le test de Kruskal-Wallis, ns : non significatif.

Il n'y a pas non plus de différence significative entre les scores obtenus par les personnels des laboratoires hospitaliers et ceux des laboratoires de recherche.

Tableau XV : Scores « connaissances et formation » par laboratoire d'appartenance (prise en compte du moins bon score par sujet en cas de mise en œuvre de plusieurs radioéléments : 122 réponses).

Laboratoires	Mini-Maxi	Score moyen	p ^a
LH 1 (4 sujets, 8 fiches)	14-24	20	0,05
LH 2 (7 sujets, 21 fiches)	20-24	22	
LH 3 (8 sujets, 14 fiches)	16-24	21,3	
LH 4 (12 sujets, 13 fiches)	8-24	16,7	
LH 5 (8 sujets, 14 fiches)	12-22	16,8	
LH 6 (10 sujets, 44 fiches)	2-24	16,6	
LR 1 (2 sujets, 5 fiches)	16-20	18	
LR 2 (2 sujets, 2 fiches)	10-18	14	
LR 3 (3 sujets, 5 fiches)	20-24	22	
LR 4 (3 sujets, 4 fiches)	0-24	14,7	
LR 5 (6 sujets, 13 fiches)	16-24	19,3	
LR 6 (6 sujets, 10 fiches)	12-24	20	
LR 7 (8 sujets, 14 fiches)	0-20	13,5	
LR 8 (15 sujets, 40 fiches)	4-24	19,5	
LR 9 (17 sujets, 39 fiches)	8-24	18,4	
LR 10 (11 sujets, 23 fiches)	12-24	17,5	

a : p indique le résultat de la comparaison statistique par le test de Kruskal-Wallis.

Les meilleurs scores « connaissances et formation » sont obtenus par LH 2 et LR 3.

Tableau XVI : Scores « connaissances et formation » par employeur (prise en compte du moins bon score par sujet en cas de mise en œuvre de plusieurs radioéléments : 122 réponses).

Employeur	Mini-Maxi	Score moyen	p^a
Hôpital (38 sujets, 84 fiches)	2-24	17,8	0,06
INSERM (30 sujets, 69 fiches)	0-24	18,6	
Université (32 sujets, 72 fiches)	8-24	17,9	
Divers (14 sujets, 27 fiches)	18-24	21,4	
Indéterminés (8 sujets, 17 fiches)	0-22	14	

a : p indique le résultat de la comparaison statistique par le test de Kruskal-Wallis.

Par contre, il n'y a pas de différence significative pour les scores « connaissances et formation », en fonction des différents employeurs.

Distribution des scores « protection et surveillance »

Les scores « protection et surveillance », comprenant les questions 6, 8, 9 et 11 relatives aux protections (individuelles, collectives et surveillance spéciale), varient de **1 à 16** sur 16, avec une moyenne de 9,3.

Les valeurs des scores « protection et surveillance » en fonction des catégories socioprofessionnelles, du type de laboratoire, du laboratoire d'origine et de l'employeur sont résumées dans les tableaux XVII à XX.

Tableau XVII : Scores « protection et surveillance » par catégorie socioprofessionnelle (prise en compte de l'ensemble des radioéléments des 122 sujets : 269 réponses).

Catégorie socioprofessionnelle	Mini-Maxi	Score moyen	p^a
Infirmiers (4 sujets, 23 fiches)	2-15	9,8	***
Chercheurs (26 sujets, 61 fiches)	3-15	9,8	
Ingénieurs (23 sujets, 55 fiches)	1,5-15	9,7	
Médecins (13 sujets, 26 fiches)	1-11	5	
Etudiants (20 sujets, 35 fiches)	2,5-16	10,6	
Techniciens (31 sujets, 58 fiches)	1-16	10,1	
Agents hospitaliers (4 sujets, 9 fiches)	3-6	4,3	
Indéterminés (1 sujet, 2 fiches)	12-12,5	12,3	

a : p indique le résultat de la comparaison statistique par le test de Kruskal-Wallis, *** : $p < 0,001$, (les indéterminés n'étant pas pris en compte).

On remarque que les « étudiants » suivis de très près par les « techniciens », « infirmiers », « chercheurs » et « ingénieurs » obtiennent les meilleurs scores « protection et surveillance ». Par contre, les « agents hospitaliers » et les « médecins et pharmaciens » obtiennent des scores très faibles.

Tableau XVII bis : Scores « protection et surveillance » par catégorie socioprofessionnelle (prise en compte du moins bon score par sujet en cas de mise en œuvre de plusieurs radioéléments : 122 réponses).

Catégorie socioprofessionnelle	Mini-Maxi	Score moyen	p ^a
Infirmiers (4 sujets, 23 fiches)	2-9,5	6,9	***
Chercheurs (26 sujets, 61 fiches)	3-14	8,4	
Ingénieurs (23 sujets, 55 fiches)	1,5-12,5	8,7	
Médecins (13 sujets, 26 fiches)	1-11	4,6	
Etudiants (20 sujets, 35 fiches)	2,5-14	10,3	
Techniciens (31 sujets, 58 fiches)	1-16	9,8	
Agents hospitaliers (4 sujets, 9 fiches)	3-6	4	
Indéterminés (1 sujet, 2 fiches)	12-12	12	

a : p indique le résultat de la comparaison statistique par le test de Kruskal-Wallis, *** : $p < 0,001$, (les indéterminés n'étant pas pris en compte).

La conclusion est analogue lorsque l'on retient le moins bon score obtenu par un sujet pour un radioélément.

Tableau XVIII : Scores « protection et surveillance » par type de laboratoire. (prise en compte du moins bon score par sujet en cas de mise en œuvre de plusieurs radioéléments : 122 réponses).

Type de laboratoire	Mini-Maxi	Score moyen	p ^a
Laboratoires de recherche (73 sujets, 155 fiches)	3-14	9,3	**
Laboratoires hospitaliers (49 sujets, 114 fiches)	1-16	7,4	

a : p indique le résultat de la comparaison statistique par le test de Kruskal-Wallis, ** : $p < 0,01$.

Globalement, les personnels des laboratoires de recherche obtiennent de meilleurs scores « protection et surveillance » que ceux des laboratoires hospitaliers.

Tableau XIX : Scores « protection et surveillance » par laboratoire d'appartenance (prise en compte du moins bon score par sujet en cas de mise en œuvre de plusieurs radioéléments : 122 réponses).

Laboratoires	Mini-Maxi	Score moyen	p^a
LH 1 (4 sujets, 8 fiches)	4-11	8,8	
LH 2 (7 sujets, 21 fiches)	1-7,5	4,4	
LH 3 (8 sujets, 14 fiches)	1-3	2,1	
LH 4 (12 sujets, 13 fiches)	3-16	10,9	
LH 5 (8 sujets, 14 fiches)	5-11	8,5	
LH 6 (10 sujets, 44 fiches)	2,5-15	8,1	
LR 1 (2 sujets, 5 fiches)	8-11	9,5	
LR 2 (2 sujets, 2 fiches)	9,5-11	10,3	
LR 3 (3 sujets, 5 fiches)	8-13	11	***
LR 4 (3 sujets, 4 fiches)	3-11	7,5	
LR 5 (6 sujets, 13 fiches)	8-13	10,4	
LR 6 (6 sujets, 10 fiches)	7-13	9,3	
LR 7 (8 sujets, 14 fiches)	3-11	6,3	
LR 8 (15 sujets, 40 fiches)	9-14	11,8	
LR 9 (17 sujets, 39 fiches)	4,5-11	8,1	
LR 10 (11 sujets, 23 fiches)	3-14	9,3	

a : p indique le résultat de la comparaison statistique par le test de Kruskal-Wallis,
 *** : p < 0,001.

Il existe des différences importantes inter-laboratoires. Les meilleurs scores « protection et surveillance » sont obtenus par les personnels du LR 8.

Tableau XX : Scores « protection et surveillance » par employeur (prise en compte du moins bon score par sujet en cas de mise en œuvre de plusieurs radioéléments : 122 réponses).

Employeur	Mini-Maxi	Score moyen	p^a
Hôpital (38 sujets, 84 fiches)	1-16	8,5	
INSERM (30 sujets, 69 fiches)	3-14	10	
Université (32 sujets, 72 fiches)	2,5-14	7,5	*
Divers (14 sujets, 27 fiches)	1-14	7,6	
Indéterminés (8 sujets, 17 fiches)	4-12	8,9	

a : p indique le résultat de la comparaison statistique par le test de Kruskal-Wallis, * : $p < 0,05$, (les indéterminés n'étant pas pris en compte).

A nouveau, on remarque que les personnels employés par l'INSERM obtiennent les meilleurs scores « protection et surveillance ».

discussion

ASPECTS METHODOLOGIQUES

Le mode de distribution des questionnaires a permis de relever un certain nombre de points intéressants.

Le choix initial de la population à laquelle le questionnaire devait être remis a été décidé en accord avec la personne radiocompétente de chaque laboratoire ou service concerné. Pour des raisons pratiques de recensement, notamment dans les grands laboratoires, le principe retenu a été de distribuer les questionnaires à toutes les personnes portant un dosifilm, en sachant que pour un certain nombre, l'exposition aux rayonnements ionisants était parfois plus théorique que réelle. Dans l'exploitation des résultats, seuls les questionnaires concernant les personnes en contact direct avec les radioéléments ont été pris en compte. Il peut néanmoins être évoqué un défaut de rigueur dans la surveillance mise en œuvre, qui est donc parfois faite par excès.

Les visites effectuées dans ces laboratoires pour la distribution et surtout le recueil des questionnaires ont permis de constater que des aménagements de certains locaux ainsi que des changements d'attitude sont nécessaires pour l'application des bonnes règles de manipulation (9, 18, 30, 46). Ainsi il n'y a pas toujours de délimitation nette de zone contrôlée, d'utilisation de vêtement de travail spécifique pour la manipulation des radioéléments, un certain nombre de hottes sont anormalement encombrées, l'interdiction de consommer de la nourriture ou des boissons dans le laboratoire même est parfois transgressée, mais il est vrai qu'il existe, pour certains, un réel manque de place qui rend difficile l'application des règles.

Des commentaires sont nécessaires quant au questionnaire et à son exploitation.

Ce questionnaire nécessite environ 20 minutes pour être rempli. En effet, le choix de questions fermées, bien qu'augmentant considérablement le nombre de pages du questionnaire a été retenu dans la mesure où il est plus aisé et plus rapide d'y répondre pour les personnes interrogées. En outre cela présente plusieurs avantages : un plus grand nombre de questionnaires correctement remplis, et donc exploitables, un traitement statistique simplifié et une meilleure reproductibilité.

D'après les échos que les personnes radiocompétentes des laboratoires nous ont répercutés, un des intérêts de ce questionnaire, est que les gens ont pris conscience d'un certain nombre de lacunes et de mauvaises habitudes de manipulation.

Un autre avantage du questionnaire est le système de correction qui permet d'obtenir un résultat chiffré pouvant servir d'outil d'évaluation des pratiques de manipulation des radioéléments et du niveau de connaissance des utilisateurs.

Il est important de signaler qu'il s'agit d'une autoévaluation où il est demandé à chaque sujet de répondre le plus honnêtement possible. Certains items du questionnaire sont évaluables de façon précise grâce à la comparaison par rapport au « Gold Standard », notamment sur les bonnes pratiques de manipulation. Mais cela n'est pas possible pour le suivi dosimétrique ou la formation, car aucun contrôle de la validité des réponses formulées à ces items ne peut être effectué à posteriori.

Le choix d'établissement des scores mérite aussi une mention particulière. Afin de ne pas pénaliser les comportements corrects vis à vis d'un radioélément, mais éventuellement inadaptés à un autre, les notations ont pu être surestimées pour un sujet donné. Ceci concerne notamment le port du dosimètre, lorsqu'il est porté à mauvais escient pour un radioélément précis mais justifié par le contact avec un autre. Par exemple, pour un sujet manipulant du soufre 35 (pour lequel un dosimètre est inutile, mais une surveillance dosimétrique urinaire est indiquée) et du phosphore 32 (pour lequel un dosimètre est indiqué en plus de la surveillance dosimétrique urinaire), le maximum des points concernant son score pour la surveillance dosimétrique pour le soufre 35 a été accordé même si le sujet a coché qu'il portait le dosimètre (Annexe 5).

Le mode de saisie des réponses, radioélément par radioélément, rend plus difficile l'établissement d'un score par personne physique, car une personne peut manipuler plusieurs radioéléments. Nous avons donc été obligés de faire des choix pour l'analyse des résultats, quand nous voulions fournir des résultats par individu. Ainsi chaque individu manipulant plusieurs radioéléments a été considéré en fonction de son « index manipulateur » le plus élevé. Pour le « score connaissances », nous avons retenu le score le plus faible.

Les autres types de dosimètre que le dosifilm n'ont pas été retenus pour l'établissement des scores, car un seul laboratoire les utilise. Cela met en évidence un problème dans l'adaptation du type de dosimétrie en fonction du type de manipulation que réalisent les personnels et du radioélément manipulé. Dans le cas

d'exposition externe localisée, la surveillance peut être effectuée au moyen de dosimètres particuliers, par exemple de bagues dosimètres pour évaluer l'exposition des doigts lors des manipulations de seringues chargées avec des produits radioactifs (5, 18).

Les réponses aux questions portant sur le détail de la gestion des déchets n'ont pas pu faire l'objet d'une exploitation collective car elle est variable en fonction de l'activité radioactive. En effet, le comité de pilotage de l'étude a pensé que le fait d'ajouter à ce questionnaire des questions précises sur la quantité de radioéléments manipulés serait un facteur de non-réponse. L'obtention de cette information est néanmoins indispensable pour interpréter convenablement les réponses aux questions sur les modalités de gestion des déchets dans chaque laboratoire.

DISCUSSION DES RESULTATS

L'étude réalisée avait pour objectif la mise au point d'un questionnaire de repérage et d'évaluation des conditions d'utilisation des sources radioactives non scellées. L'évaluation portait plus précisément sur le niveau de connaissance des manipulateurs et leur mise en application concernant les bonnes pratiques de manipulation, de prévention primaire et secondaire, d'une part, et la gestion des radioéléments, du stockage à l'élimination, d'autre part.

Le taux de réponse est comparable à plusieurs études réalisées dans le milieu hospitalier sous forme de questionnaires qu'ils aient été distribués de façon directe ou par courrier. Par courrier, le taux de réponse augmente avec le nombre de relances (29, 31, 43, 44, 48). Il est clair que le taux de réponse aurait été beaucoup plus faible si nous n'étions pas repassés dans les laboratoires ou services pour récupérer les questionnaires des retardataires. Ainsi, le taux de réponse obtenu peut être considéré comme satisfaisant. Il a été constaté un meilleur taux de réponse des laboratoires de recherche, peut être se sentent-ils plus concernés par la radioprotection ou bien est-ce une plus grande habitude des enquêtes qui les rendent plus sensibles à la démarche que nous avons entreprise. Par exemple, l'INSERM a lancé en 1999 une étude pour informatiser l'évaluation du risque au poste par l'intermédiaire d'un questionnaire rempli lors de la visite médicale (34). Malgré les précautions diplomatiques et déontologiques prises par les chefs de

service constituant le comité de pilotage du projet, l'accueil a été très inégal par les responsables de laboratoires.

L'analyse des réponses qui nous sont parvenues montre que nous avons essentiellement affaire à des manipulateurs « Occasionnels » et « Moyens », et à une population essentiellement féminine.

Il est important de remarquer que les meilleurs scores sont globalement obtenus par les personnels des laboratoires de recherche, et notamment les LR 3 et 8. Il s'agit surtout de personnels employés par l'INSERM.

A l'opposé, on note que les moins bons scores sont enregistrés essentiellement chez les « agents hospitaliers », à cause de leurs résultats médiocres aux questions portant sur les connaissances et la formation, et chez les « médecins et pharmaciens » à cause de leur résultats médiocres relatifs aux questions qui concernent la protection et la surveillance.

Il est important de s'intéresser aux bonnes pratiques et a fortiori au niveau de connaissances des gens qui manipulent car force est de constater que la catégorie des « agents hospitaliers et autres » a un niveau de connaissances insuffisant pour assurer leur sécurité dans le cadre des missions qui leur sont confiées, pour ce qui concerne les radioéléments.

En outre, toutes les données de la littérature insistent sur la nécessité d'un programme de formation structuré avec contrôle des connaissances après une période de formation suffisante (24), et remise à niveau régulière du formateur et des utilisateurs. Le respect des bonnes pratiques et la bonne connaissance des moyens de protection permettent en effet de réduire de façon importante les doses reçues par les personnels exposés (6).

Une importance particulière doit être donnée à la formation continue et à la démarche qualité, ainsi qu'à la place de la personne compétente en radioprotection qui doit être indépendante des personnes utilisant ces techniques (16, 19).

Nous n'avons pas trouvé dans la littérature d'étude similaire, c'est-à-dire comportant des résultats chiffrés qui nous auraient permis de comparer nos résultats. Toutefois, un certain nombre de dysfonctionnements pointés par notre travail ont déjà été retrouvés dans la littérature.

Ainsi, une étude dans des laboratoires de recherche canadiens retrouve une dosimétrie effectuée de façon aléatoire, puisque certaines personnes potentiellement exposées ne portent pas de dosimètre, celles qui en ont le portent de façon sporadique, et les parties du corps les plus exposées ne sont pas celles qui portent le dosifilm (14). Ceci a également été constaté dans d'autres laboratoires de recherche ou services médicaux (5, 36).

Ceci est à mettre en parallèle avec les scores moyens de surveillance obtenus par les laboratoires universitaires notamment et les « médecins et pharmaciens » dans notre étude, qui est en accord avec les résultats de travaux antérieurs. Notre questionnaire recueillait en outre une information relative aux examens radiotoxicologiques des urines (information non décrite dans les études antérieures).

L'absence d'autres dosimétries que le dosifilm (excepté pour un seul laboratoire) est importante à signaler, car le dosifilm ne rend pas exactement compte de l'exposition réelle des personnels, du fait de son inadéquation à certaines situations d'exposition (3, 20, 21, 29).

Les scores peu élevés des « médecins et pharmaciens » dans le domaine de la surveillance et des protections, en regard des bons résultats obtenus aux questions relatives aux connaissances générales sur les radioéléments et à la formation, sont comparables aux données de la littérature (29). Selon la théorie de l'anthropologue Mary Douglas sur l'attitude vis à vis de la question du risque acceptable, les « médecins et pharmaciens » appartiendraient à la « société des pionniers », ce qui les amènerait à négliger le risque (39).

La quantité de radioéléments manipulée est probablement faible dans cette étude. Néanmoins, il est important de noter qu'il y a eu une déclaration de maladie professionnelle chez un pharmacien biologiste manipulant des radioéléments. Ce type de maladie professionnelle est vraisemblablement peu fréquent : 11 médecins ont été reconnus en maladie professionnelle (Tableau 6) entre 1985 et 1995 en Ile-de-France dans le cadre du Régime Général de la Sécurité Sociale (pour un total de 69 reconnaissances au titre du Tableau 6) (15). Néanmoins, il est indiscutable qu'il existe de nombreux professionnels qui ne relèvent pas du Régime Général de la Sécurité Sociale et ne peuvent donc pas être comptabilisés dans ces statistiques (cas de la Fonction Publique par exemple).

En outre, un objectif et intérêt de ce travail était la mise au point d'un outil de recueil d'information sur les pratiques et situations d'exposition aux radioéléments.

En effet, les résultats du questionnaire peuvent être utilisés par les responsables des laboratoires comme un audit interne leur permettant de modifier des choses dans leur laboratoire, notamment sur la rigueur d'application des bonnes règles de manipulation et peut-être un élément d'appoint auprès de leurs autorités de tutelles pour justifier un certain nombre d'aménagements nécessaires à réaliser.

Des résultats médiocres aux items sur la surveillance peuvent permettre un changement d'attitude des personnels, et inciter le médecin du travail à renforcer les actions menées dans le domaine de l'information et la surveillance médicale.

Ce questionnaire peut être utilisé dans le cadre de l'optimisation de la radioprotection. En effet la radioprotection en milieu médical est essentiellement basée sur le respect du principe de limitation qui est perçu comme tout à fait suffisant puisque les expositions sont, en grande majorité, largement inférieures aux limites « admissibles ». Cette approche constitue le principal frein à la mise en œuvre de l'optimisation (3).

L'application de la démarche d'optimisation de la protection des travailleurs dans le secteur médical se heurte donc à des difficultés qui ne sont pas celles le plus souvent mises en avant (argument d'une inutilité liée aux faibles niveaux d'exposition, ressources insuffisantes, complexité, ...), mais plutôt à un manque de données appropriées et surtout une absence de culture du risque résiduel (3).

C'est aussi un moyen pour le médecin du travail ou l'ingénieur en hygiène et sécurité d'évaluer au mieux les conditions de manipulation et les connaissances des personnels, et de compléter les informations recueillies au cours des visites des différents secteurs. En effet, une parfaite connaissance des risques est un préalable indispensable à une surveillance optimisée (45).

Conclusion

L'objectif de cette étude était la mise au point d'un questionnaire de repérage et d'évaluation des conditions d'utilisation de sources radioactives non scellées dans une université d'Ile de France. Cet outil, couplé à une grille de score basée sur un « Gold standard » établi par un radiophysicien, doit permettre d'évaluer et de suivre dans le temps le niveau de connaissance des personnels utilisateurs de radioéléments, leurs pratiques de manipulation, leur suivi dosimétrique et leur niveau de formation.

A partir des 122 questionnaires exploitables recueillis, soit un taux de participation de 69 %, il n'a pas été identifié de différence significative entre les scores globaux obtenus par les personnels des laboratoires hospitaliers et ceux des laboratoires de recherche. Par contre, il existe des différences importantes inter-laboratoires qui justifient probablement de proposer des actions ciblées sur les domaines où les scores détaillés sont peu élevés.

Le score global très bas des « agents hospitaliers » traduit un niveau de connaissance, de formation, de protection au poste de travail, et de surveillance dosimétrique insuffisant. Des mesures correctives sont à mettre en place pour améliorer leur sécurité dans le cadre des missions qui leurs sont confiées et qui entraînent des contacts avec des radioéléments.

Les « médecins et pharmaciens » ont un score global significativement plus bas que celui des « chercheurs », « techniciens », « ingénieurs », « infirmiers » et « étudiants ». Leur score de « connaissance et formation » est parmi les meilleurs mais pénalisé par un mauvais score « protection et surveillance ». Un changement de comportement vis à vis du risque radiologique est probablement souhaitable dans ce groupe professionnel.

L'absence de connaissance précise de l'activité radioactive manipulée globalement dans chaque laboratoire a rendu impossible l'exploitation des items concernant la gestion des déchets. Cette information devrait faire l'objet d'une attention spécifique lors d'une prochaine réévaluation, par exemple avec l'aide de la personne radiocompétente de chaque laboratoire. Il paraît de toute manière essentiel de procéder périodiquement à une réévaluation des connaissances et modalités de mise en œuvre pour ce type de pratique (emploi de radioéléments).

Le questionnaire, que nous avons élaboré, permettra de décrire l'évolution des scores obtenus après mise en place d'actions de formation et/ou mesures correctives.

Le temps que près de 70 % des manipulateurs de radioéléments des différents laboratoires ou services y ont consacré montre, quels que soient les résultats obtenus, une considération certaine pour la radioprotection de la part de ces manipulateurs.

Bibliographie

1. Académie des sciences : Risques des rayonnements ionisants et normes de radioprotection. Rapport no 23. Paris. Académie des sciences. 1989 : 72 p.
2. Arrêté du 28 août 1991 approuvant les termes des recommandations faites aux médecins du travail assurant la surveillance médicale des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants. J.O. du 2 octobre 1991 : 12840-12846.
3. Aubert B, Lefaure C. Peut-on optimiser la radioprotection des travailleurs dans le domaine médical ? J Radiol. 1998 ; 79 :307-312.
4. Brenner DJ. The relative effectiveness of exposure to ¹³¹I at low doses. Health Phys. 1999 ; 76 : 180-185.
5. Bursik S, Meisenhelder J, Spahn G. Characterisation and minimization of extremity doses during ³²P metabolic cell labelling. Health Phys. 2000 ; 78 : 446-447.
6. Carruel F, Abadia G, Conférence internationale « Radioprotection et Médecine », Montpellier, 28-30 juin 1995, Doc Med Trav. 1996 ; 66 : 149-153.
7. CIPR (Commission Internationale de Protection Radiologique). Publication 60 : recommandation 1990 de la Commission Internationale de Protection Radiologique. Pergamon Press, Oxford. 1991 : 201 p.
8. Classic KL, Gross GP. Bioassay and laboratory survey scheduling based on radioisotope inventory. Health Phys. 1990 ; 59 : 229-232.
9. Cleuet A. Aide mémoire de radioprotection : Paris. INRS, 1995 :126 p.
10. Cohen B-L. Catalog of risks extended and updated. Health Physics. 1991 ; 61 : 317-335.
11. De Brouwer C. Radioprotection et tératogenèse. Arch Mal Prof. 1998 ; 59 : 91-102.
12. Décret n° 86-1103 du 2 octobre 1986 modifié relatif à la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants. J.O. du 12 octobre 1986 : 12295-12336.
13. Delacroix D, Guerre J.P, Leblanc P. Radionucléides et radioprotection, Guide pratique pour la manipulation de substances radioactives dans les laboratoires de faible et moyenne activité. CEA-Saclay DSCE/SRI, 1993 : 127 p.
14. Demers C, Vezina N, Messing K, Le travail en présence de rayonnements ionisants dans les laboratoires universitaires. Radioprotection, 1991 ; 26 : 387-395.

15. Dray N, Cador B, Turner G, Limido G, Trutt B. Maladies professionnelles et exposition aux radiations ionisantes, affections déclarées au régime général de 1985 à 1995 en Ile-de-France. Arch Mal Prof. 1999 ; 60 : 29-35.
16. Duquesnoy AF, Abadia G. Personnes compétentes en radioprotection, Saclay, 4 décembre 1997. Doc Med Trav. 1998 ; 74 : 171-177.
17. Emery RJ, Johnston TP, Sprau DD. Simple physical and biological safety assessments as part of a routine institutional radiation safety survey program. Health Phys. 1995 ; 69 : 278-280.
18. Gambini DJ, Granier R. Manuel pratique de radioprotection. Ed Tec et Doc Lavoisier, Paris. 1997 : 483 p .
19. Gauron MC. Gestion des sources ionisantes en milieux universitaire, médicales et industriel, Montbéliard, 21-22 juin 2000. Doc Med Trav. 2000 ; 84 : 405-408.
20. Gauron MC. exposition professionnelle médicale aux rayonnements ionisants, Doc Med Trav. 1992 ; 51 : 332-335.
21. Germanaud J, Sabattier R, Baurrier B. La radioprotection en milieu hospitalier. Arch. Mal. Prof. 1992 ; 53 : 245-255.
22. Gimenez C, Abadia G, Conso F. Aptitude à l'exposition aux rayonnements ionisants. Doc Med Trav. 1992 ; 51 : 366-369.
23. Hanna LM. Hazardous emissions in the lab. Occup Health Saf 1998. 67 : 42-44.
24. Holcomb WF. Radiation safety training program at the National Institute of Health. Mil Med. 1995 ; 160 : 115-120.
25. INRS. Fiches techniques de radioprotection pour l'utilisation de radionucléides en sources non scellées. Cahiers de notes documentaires. 1993 ; 151 : 321-336.
26. INRS. Fiches techniques de radioprotection pour l'utilisation de radionucléides en sources non scellées. Cahiers de notes documentaires. 1994 ; 157 : 505-22.
27. INRS. Fiches techniques de radioprotection pour l'utilisation de radionucléides en sources non scellées. Cahiers de notes documentaires. 1995 ; 158 : 85-100.
28. INRS. Fiches techniques de radioprotection pour l'utilisation de radionucléides en sources non scellées. Cahiers de notes documentaires. 1996 ; 165 : 519-36.
29. Javelaud CL. Le port du dosifilm dans un centre hospitalier. Médecine et travail. 1992 ; 151 : 21-29.
30. Klein RC, Party E, Gershey EL. Removable surface contamination at a biomedical research institution. Heath Phys. 1997 ; 72 : 296-299.

31. Labarere J, François P, Bertrand D, Fourny M, Olive F, Peyrin JC. Evaluation de la satisfaction des patients hospitalisés : comparaison de plusieurs méthodes d'enquête. *Presse Med.* 2000 ; 29 : 1112-1114.
32. Lefebvre V, Gimenez C, Brochard P. Risque chimique dans les laboratoires de biologie moléculaire. *Doc Med Trav.* 2001 ; 85 : 3-31
33. Le Roy A. les rayonnements ionisants : Aide mémoire juridique. TJ 17. Paris. INRS, 2001 : 49p.
34. Lery L, Martin JM, Dartois E. Acquisition assistée de tâches pour la prévention des risques professionnels à l'INSERM. *Arch. Mal. Prof.* 1999 ; 60 : 18-28.
35. Linins I, Klein RC, Gershey EL. Management of mixed wastes from biomedical research. *Occup Health Saf.* 1991 ; 61 : 421-426.
36. Nusbaum Chauvin F. Rayonnements ionisants et radioprotection : à propos d'une étude faite dans 12 laboratoires de recherche utilisateurs de rayonnements ionisants. Thèse médecine. 1995, Besançon. N° 95BESA3032. 234 p.
37. Okada S, Momoshima N. Overview of tritium : characteristics, sources, and problems. *Health Phys.* 1993 ; 65 : 595-609.
38. Pleven C. Exposition professionnelle aux rayonnements ionisants dans les laboratoires. *Doc Med Trav.* 1992, 51, 341-344.
39. Prêtre S. De l'influence des facteurs socioculturels sur la conception de la sécurité. *Radioprotection.* 1989 ; 24 : 215-224.
40. Remy ML, Lemaitre N. Eaux minérales et radioactivité. *Hydrogéologie.* 1990 ; 4 : 267-278.
41. Ring J, Osborne F, Shapiro J, Johnson R. Radioactive waste management at a large university and medical research complex. *Health Phys.* 1993 ; 65 : 193-199.
42. Ritz B, Morgenstern H, Monceau J. Age at exposure modifies the effects of low-level ionising radiation on cancer mortality in an occupational cohort. *Epidemiology.* 1999 ; 10 : 135-140.
43. Rotily M, Tremolieres L, Armengaud A, Charpin D. Connaissances, opinions et attitudes des médecins face à la pollution atmosphérique dans les Bouches du Rhône. *Rev Mal Resp.* 1999 ; 16 : 575-584.
44. Salmon-Cerond D, Deleuze J, Coste J, Guerin C, Ginsburg C, Blanche P et al. Enquête sur l'observance des traitements antirétroviraux comportant un inhibiteur de protéase chez les patients infectés par le VIH. *Ann Med Int.* 2000 ; 151 : 297-302.

45. Sharp-Geiger R, Keefe T, Bigelow P, Rudy-Hinker R, Pugh L, Woodrow L. Development and implementation of an exposure assessment program in a research-based facility : phase I. Appl Occup Environ Hyg. 1998 ; 13 : 839-846.
46. Strom DJ. Ten principles and ten commandements of radiation protection. Health Phys. 1996 ; 70 : 388-393.
47. Tan YM, Di Berardinis L, Smith T. Exposure assessment of laboratory students. Appl Occup Environ Hyg. 1999 ; 14 : 530-538.
48. Vinceneux Ph, Carbon C, Pouchot J, Crickx B, Mailllard D, Regnier B et al. L'enseignement du deuxième cycle des études médicales : Point de vue des étudiants et politique pédagogique. Presse Med. 2000 ; 29 : 1654-1657.
49. Zerbib JC, Orts JC. Guide pratique pour l'utilisation des sources scellées et non scellées. Doc Med Trav. 1992 ; 51 : 366-9.

UNIVERSITE PARIS VAL-DE-MARNE

FACULTE DE MEDECINE DE CRETEIL

ANNEE : 2002

N°

THESE

POUR LE DIPLOME D'ETAT

DE

DOCTEUR EN MEDECINE

Discipline : Médecine du Travail

Présentée et Soutenue publiquement le 21 mars 2002

à Créteil

Par ANTOGNARELLI Frédéric

Né le 29 septembre 1967 à Melun (77)

**TITRE : EVALUATION DES PRATIQUES D'UTILISATION DES RADIOELEMENTS
DANS UNE UNIVERSITE D'ILE-DE-FRANCE.**

**PRESIDENT DE THESE :
M le Professeur JC PAIRON
UNIVERSITAIRE**

**LE CONSERVATEUR DE LA
BIBLIOTHEQUE**

**DIRECTEUR DE THESE :
M le Professeur JC PAIRON**

**Signature du
Président de thèse
ANNEE : 2002**

**Cachet de la bibliothèque
universitaire**

NOM ET PRENOM DE L'AUTEUR : ANTOGNARELLI Frédéric

PRESIDENT DE THESE : M. le Professeur JC PAIRON

DIRECTEUR DE THESE : M. le Professeur JC PAIRON

TITRE DE LA THESE : Evaluation des pratiques d'utilisation des radioéléments dans
une Université d'Ile-de-France.

La remise en question actuelle de l'absence d'effet des faibles doses des rayonnements ionisants impose un contrôle plus strict de leur utilisation et de leur mise en œuvre.

Cette étude a pour objectif l'évaluation des conditions générales d'utilisation des radioéléments et du niveau de connaissance des personnels des laboratoires de recherche en biologie et en médecine d'une université parisienne, grâce à un questionnaire portant sur les radioéléments manipulés. Afin d'obtenir des résultats chiffrés un référentiel des réponses associé à une grille de score a été élaboré. Le traitement des données permet une évaluation chiffrée et comparative de la fréquence de manipulation des personnels, de leur niveau de connaissances, de leurs pratiques de manipulation et du type de surveillance dont ils bénéficient, en fonction de diverses caractéristiques (catégorie socioprofessionnelle, type d'employeur ou de laboratoire).

Ces questionnaires ont été diffusés, par l'intermédiaire des référents en radioprotection dans les 16 laboratoires utilisant des radioéléments aux 176 personnes concernées par une exposition directe à des radioéléments.

L'analyse a porté sur 122 questionnaires (69 %) et ne montre pas de différence significative entre les laboratoires hospitaliers et les laboratoires de recherche concernant le score global de « bonnes pratiques ». Toutefois il existe des différences importantes inter-laboratoires. Si les « infirmiers », « techniciens », « chercheurs », « ingénieurs » et « étudiants » ont des scores globaux voisins de 30 (maximum possible : 40), les « médecins et pharmaciens » et surtout les « agents hospitaliers » ont des scores plus faibles.

Ce questionnaire permet de contribuer à l'évaluation des expositions de ces personnels, d'établir des priorités dans leur formation et leur surveillance médicale. Il va servir à suivre l'évolution des connaissances et pratiques dans le temps, et sera complété par un recueil d'information permettant l'évaluation de la gestion des déchets radioactifs.

MOTS CLES :

- Radioisotopes
- Médecine Travail
- Etude Evaluation
- Laboratoire

ADRESSE DE L'UFR : 8, Rue du Général SARAIL
94010 CRETEIL

LETTRÉ ACCOMPAGNANT LE QUESTIONNAIRE

Madame, Monsieur,

Dans le cadre du plan de surveillance des personnels de l'Université, de l'hôpital et de l'INSERM, assuré par les Services de Médecine Préventive de ces institutions, nous souhaitons procéder à un recensement des personnels soumis à l'exposition aux rayonnements ionisants et préciser les conditions de cette exposition.

Une première démarche est de ce fait entreprise vis à vis des utilisateurs de sources non scellées. Nous vous sollicitons pour compléter le questionnaire ci-joint qui sera anonymisé avant tout traitement statistique. Il comporte 26 questions et nécessite en moyenne 20 minutes pour être complété. La longueur du questionnaire ne doit pas impressionner, car

de nombreux items sont répétés afin de n'avoir qu'à cocher en face des radioéléments qui vous concernent. Il est important que les réponses soient obtenues de chaque personne, puisque c'est le seul moyen d'acquérir une information sur la situation actuelle en terme d'exposition aux rayonnements ionisants dans nos établissements ou Unités.

Nous sommes à votre disposition pour vous apporter toute précision complémentaire que vous pourriez souhaiter

Vous serez prochainement contacté par F. Antognarelli, qui doit colliger l'ensemble de ces questionnaires en janvier et février 1998.

Vous serez bien sûr informé des résultats obtenus lors de ce recensement.

Une seconde démarche sera ultérieurement entreprise vis à vis des utilisateurs de sources scellées et de générateurs de rayons X.

Nous vous remercions très vivement de votre contribution à cette évaluation des nuisances en milieu de travail et vous prions de croire à l'assurance de nos sentiments les meilleurs.

Rappels sur les bases physiques de la radioactivité et la radioprotection.

Bases physiques

ATOME ET ISOTOPE RADIOACTIF

L'atome est constitué d'un noyau chargé positivement autour duquel gravitent les électrons chargés négativement.

Le noyau est composé de nucléons : Protons chargés positivement
 Neutrons chargés négativement

Le nombre d'électrons est égal au nombre de protons et ces particules sont reliées entre elles par des liaisons très fortes.

L'atome est électriquement neutre et stable : $A = Z + N$

A nombre de nucléons ou nombre de masse.

Z nombre de protons ou nombre atomique.

N nombre de neutrons.

L'isotope radioactif est la forme instable d'un même élément chimique.

Z est identique.

N est différent.

Il a les mêmes propriétés chimiques mais est caractérisé par un certain nombre de propriétés physiques dont il faut tenir compte en radioprotection.

Lorsque les conditions d'équilibre (rapport proton/neutron) ne sont pas respectées, le nucléide se transforme spontanément en émettant des rayonnements de nature corpusculaire ou électromagnétique.

L'élément rendu instable en raison d'une énergie excédentaire est appelé radioélément ou radioisotope.

NATURE DES RAYONNEMENTS

En se désintégrant, les noyaux radioactifs émettent divers types de rayonnements que l'on peut séparer en deux catégories. Il est à noter que l'émission de rayonnement s'accompagne d'une certaine quantité d'énergie. C'est en transférant une partie de cette énergie qu'ils agissent sur l'organisme. Cette énergie s'exprime en électron-Volt (eV).

Les rayonnements chargés électriquement :

- Les *rayonnements Alpha* sont des noyaux d'hélium (2 protons, 2 neutrons). Ce type de désintégration ne s'observe que pour les atomes très lourds (Z supérieur à 82). Les particules sont émises avec une très grande énergie (1 à 10 MeV). Très vite absorbées par la matière, elles ont un parcours et un pouvoir pénétrant faibles : quelques centimètres dans l'air et quelques millimètres dans l'eau. Ils sont arrêtés par une feuille de papier.
- Les *rayonnements Bêta* sont des électrons porteurs d'une charge négative ou positive.

La particule émise peut être un électron négatif ou négaton : Il s'agit de désintégration bêta moins. Il résulte de la transformation d'un neutron en proton. La particule émise peut être un électron positif ou positon : il s'agit de désintégration bêta plus. Il résulte de la transformation d'un proton en neutron. L'énergie des particules bêta peut varier de 18 keV à 6 MeV. L'électron pénètre plus profondément dans la matière et son parcours moyen dépend de son énergie : quelques mètres dans l'air. Ils sont arrêtés par une feuille d'aluminium. Une particule bêta peut être déviée par interaction avec les électrons ou les noyaux des atomes du milieu.

Ces deux types de rayonnements sont dits directement ionisants car ils arrachent des électrons à la matière dans laquelle ils se propagent. Ils ont un parcours généralement très court. Ils sont donc peu dangereux en exposition externe, mais leur fort pouvoir ionisant les rend très nocifs en exposition interne.

Les rayonnements non chargés électriquement :

- Les *neutrons* sont produits par des réactions au sein des noyaux. Sans charge, insensibles aux champs électriques intenses, ils perdent leur énergie par collision avec les noyaux des atomes rencontrés.

Ils traversent les métaux lourds mais sont ralentis et absorbés par la matière contenant des atomes légers.

- Les *rayonnements électromagnétiques X et gamma* sont de nature et de propriétés identiques, mais d'origine différente.

Les photons Gamma proviennent du réarrangement des nucléons par changement dans les niveaux d'énergie, après une désintégration alpha ou bêta. Les photons X résultent soit du ralentissement des électrons dans la matière (rayonnement de freinage), soit du changement de niveaux d'énergie des électrons sur une orbite interne.

Les photons ont un parcours long et un pouvoir pénétrant.

L'absorption des rayonnements électromagnétiques se fait selon 3 modes :

- Par effet photoélectrique : la totalité de l'énergie du photon est transférée à un électron périphérique. Le photon gamma disparaît.
- Par effet Compton : une partie de l'énergie du photon est transférée à l'électron périphérique, celui-ci est éjecté, l'énergie restante est émise sous forme de rayonnement diffusé.
- Par phénomène de matérialisation : il y a formation de paires d'électrons de signe opposé. En s'annihilant, l'énergie perdue correspondant aux deux particules, se retrouve sous forme de deux photons émis à 180 degrés l'un de l'autre.

Ce sont des rayonnements indirectement ionisants car ils agissent par l'intermédiaire de particules chargées qu'ils mettent en mouvement lors d'interactions avec la matière. Ils peuvent traverser des épaisseurs importantes et sont donc très dangereux en exposition externe. Il existe des écrans protecteurs : importantes épaisseurs de béton, d'acier ou de plomb pour les rayons X et Gamma, de paraffine pour les neutrons.

LES DIFFERENTS TYPES DE SOURCES DE RAYONNEMENTS IONISANTS

Le décret n°86 1103 du 2 octobre 1986 définit deux types de sources :

- Les *sources scellées* : constituées par des substances radioactives solidement incorporées dans des matières solides inactives ou scellées dans une enveloppe inactive présentant une résistance suffisante pour éviter, dans les conditions normales d'emploi, toute dispersion de substance radioactive.
- Les *sources non scellées* : leurs présentations et leurs conditions normales d'emploi ne permettent pas de prévenir toute dispersion de substance radioactive.

NOTION D'IRRADIATION

L'irradiation d'un individu est définie comme étant une *irradiation* (ou *exposition*) *externe* lorsque la source de rayonnement est située à l'extérieur de l'organisme. Elle cesse dès que la source est suffisamment éloignée.

À l'inverse, si la source radioactive est à l'intérieur de l'organisme, l'irradiation est appelée *irradiation* (ou *exposition*) *interne*. Elle persiste tant que le radionucléide n'est pas éliminé. Les radionucléides incorporés suivent le métabolisme de l'élément stable dont ils sont l'analogue. Le radium, par exemple, se fixe au niveau osseux à la place du calcium.

La *période biologique* est le temps nécessaire pour que la moitié d'un radionucléide absorbé soit éliminée naturellement. En fait, elle dépend de sa période radioactive et de son devenir biologique.

Ainsi, le tritium s'élimine avec une période biologique de l'ordre de 10 jours, alors que sa période radioactive est de 12,34 ans.

Au contraire, pour certains radioéléments tels que le plutonium, la période biologique est très longue, environ 20 ans au niveau du foie et 50 ans au niveau de l'os. Dans ce cas, un individu contaminé garde toute sa vie la trace d'une contamination par ce radioélément.

Les rayonnements ionisants perdent leur énergie par ionisation dans les milieux qu'ils traversent. Leur capacité d'ionisation est liée à la fois à la nature du rayonnement et à son énergie.

A énergie égale, plus la masse des particules est élevée, plus la densité d'ionisation est grande et de ce fait, plus la distance parcourue est faible. Ainsi l'effet des rayonnements dépend donc de la nature des cellules exposées, que l'irradiation soit externe ou interne.

les grandeurs et les unités dosimétriques

Afin de caractériser et de pouvoir évaluer l'énergie délivrée lors d'une irradiation, il est nécessaire d'avoir recours à un certain nombre d'unités de mesure.

LA DOSE ABSORBÉE

Les rayonnements ionisants agissent donc sur la matière par l'intermédiaire de l'énergie qu'ils lui cèdent.

La grandeur dosimétrique fondamentale en radioprotection, qui quantifie l'interaction d'un rayonnement avec la matière, est la dose absorbée.

La dose absorbée, D , en un point P se définit comme le rapport de l'énergie, dE_a , effectivement absorbée dans un élément de volume, dV , centré sur P , à la masse, dm , de l'élément de volume :

$$D = dE_a/dm$$

L'unité de dose absorbée est le gray (Gy), dose absorbée dans une masse de matière d'un kilogramme à laquelle les rayonnements ionisants communiquent en moyenne de façon uniforme une énergie de un joule :

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J.kg}^{-1}$$

Les doses absorbées sont très variables selon les applications considérées : 0,2 mGy lors d'une radiographie dentaire, 1 mGy lors d'un cliché thoracique, 2 Gy lors d'une séance de radiothérapie, plusieurs kGy dans l'ionisation des denrées alimentaires.

La dose absorbée par unité de temps est le débit de dose, absorbée, \dot{D} . Il s'exprime en Gy.s^{-1} ($\text{J.kg}^{-1}.\text{s}^{-1}$).

LA DOSE EQUIVALENTE (EQUIVALENT DE DOSE)

A dose absorbée égale, les effets biologiques varient selon la nature des rayonnements. Pour prendre en compte la nocivité propre à chaque type de rayonnement, on pondère la dose absorbée par un facteur lié à la qualité du rayonnement. Ce facteur, dénommé facteur de pondération de rayonnement, W_R , par la CIPR en 1990, traduit l'action moyenne du rayonnement considéré sur un tissu ou un organe donné.

Les valeurs de W_R (cf. Tableau 1) sont déduites approximativement des efficacités biologiques relatives (E.B.R.) pour les effets stochastiques à faible dose des différents rayonnements. En pratique, les facteurs de pondération supérieurs à 1 concernent seulement les neutrons et les protons.

La dose ainsi pondérée s'appelle dose équivalente, $H_{T,R}$:

$$H_{T,R} = W_R \cdot D_{T,R}$$

$H_{T,R}$ est la dose équivalente reçue par l'organe ou le tissu T du fait d'une exposition à un rayonnement R ayant délivré à cet organe ou tissu une dose, $D_{T,R}$.

tableau 1 : Facteurs de pondération liés a la nature du rayonnement.

Nature	Energie	W_R
Photons	Toutes les énergies	1
Electrons, muons	Toutes les énergies	1
Neutrons	<10 keV	5
	10 keV - 100 keV	10
	100 keV - 2 MeV	20
	2 MeV - 20 MeV	10
	>20 MeV	5
Protons	>20 MeV	5
Particules alpha, fragments de fission, noyaux lourds		20

Dans le cas où le radionucléide considéré émet plusieurs rayonnements :

$$H_T = \sum W_R \cdot D_{T,R}$$

L'unité de dose équivalente est le sievert (Sv), égal à un joule par kilogramme. La dose équivalente s'exprime en sieverts si la dose absorbée est en grays.

La dose équivalente permet de comparer les doses délivrées par des rayonnements différents.

LA DOSE EFFICACE (EQUIVALENT DE 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, chacune de ces doses étant pondérée par un facteur, W_T , lié à la radiosensibilité propre du tissu ou de l'organe considéré :

$$E = \sum W_T \cdot H_T$$

La dose efficace s'exprime en sieverts, si la dose absorbée s'exprime en grays.

Les valeurs de W_T , proposées en 1977 par la CIPR, ont été révisées en 1990 pour prendre en considération tous les cancers mortels et non mortels et les effets génétiques sur l'ensemble des générations (cf. Tableau 2).

Tableau 2 : Facteurs de pondération liés à la radiosensibilité des tissus.

Organe	W_T	W_T
	CIPR 26	CIPR 60
Gonades	0,25	0,20
Seins	0,15	0,05
Moelle osseuse rouge	0,12	0,12
Côlon		0,12
Poumons	0,12	0,12
Estomac		0,12
Vessie		0,05
Foie		0,05
Oesophage		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

LA DOSE EQUIVALENTE ENGAGEE

L'exposition interne due à l'incorporation d'un radionucléide est distribuée dans le temps. Le radionucléide incorporé va irradier l'organisme, soit jusqu'à sa décroissance complète, soit, jusqu'à son élimination totale de l'organisme (naturelle ou provoquée par une thérapeutique), soit pendant le restant de l'existence pour les radionucléides à vie longue, non éliminés.

La dose équivalente engagée pendant un temps, Γ au niveau d'un tissu ou d'un organe, T, par suite d'une incorporation unique de radioactivité au temps t_0 , est la dose équivalente au niveau de l'organe ou tissu résultant de l'incorporation considérée, intégrée sur le temps Γ :

$$t_0 + \Gamma$$

$$H_T(\Gamma) = H_T(t) \cdot dt$$

$H_T(t)$ est le débit de dose équivalente délivrée à l'organe ou au tissu T au temps t.

La CIPR a choisi d'évaluer les doses engagées sur une période de 50 ans pour les travailleurs et de 70 ans pour les individus du public.

LA DOSE EFFICACE ENGAGÉE

Si l'on pondère la dose équivalente engagée au niveau de chaque organe T pendant le temps Γ , $H_T(\Gamma)$, par le facteur de radiosensibilité, W_T , de l'organe ou du tissu et si l'on somme les doses ainsi pondérées engagées au niveau de tous les organes T, on obtient la dose efficace engagée sur le temps Γ :

$$E(\Gamma) = \sum W_T \cdot H_T(\Gamma)$$

LE CONCEPT DE DOSE COLLECTIVE

Les unités précédentes permettent d'évaluer les effets des rayonnements ionisants sur un individu. Dans certains cas, il est utile de prendre en compte le nombre des individus exposés. Pour avoir une estimation globale du risque stochastique encouru par une population (groupe de travailleurs ou de personnes du public), la CIPR a proposé l'utilisation de la dose collective.

La dose équivalente collective

Elle exprime la dose équivalente au niveau d'un organe ou tissu spécifique, reçue par un groupe d'individus. La dose équivalente collective s'exprime en homme-sieverts. Un homme-sievert est la dose collective résultant de l'exposition de 1.000 hommes à 1 mSv ou de 100 hommes à 10 mSv.

La dose efficace collective

La dose efficace moyenne annuelle due à la radioactivité naturelle étant de 2,4 mSv, la dose efficace collective annuelle pour une population mondiale de 5,3 milliards d'individus est de 13 millions d'homme-sieverts (valeur arrondie).

La dose efficace collective engagée

La dose équivalente collective et la dose efficace collective ne spécifient pas de façon explicite le temps pendant lequel la dose a été délivrée. Pour tenir compte de celui-ci, on utilise la dose efficace collective engagée obtenue par intégration pendant un temps donné du débit de dose efficace collective.

La dose collective annuelle due à la radioactivité naturelle, pour la population mondiale, étant de 13 millions d'homme-sieverts, la dose efficace collective engagée sur 50 ans est de 650 millions d'homme-sieverts (13 x 50).

IRRADIATION NATURELLE ET IRRADIATION DUE AUX ACTIVITES HUMAINES

L'irradiation naturelle a trois origines distinctes :

- Le rayonnement cosmique,
- Les radioéléments naturels présents dans la croûte terrestre,
- Les radioéléments incorporés dans l'organisme.

Ces trois composantes délivrent chacune des doses voisines de l'ordre de 0,3 mSv par an.

L'irradiation naturelle moyenne d'un organisme humain est donc de 1 mSv par an. Il y a cependant de larges variations d'une région à l'autre du globe. En France, par exemple, la dose due aux rayons cosmiques varie, selon l'altitude, entre 0,3 et 1 mSv (elle est multipliée par 4 entre 0 et 3.000 mètres). La dose du rayonnement terrestre varie, selon la nature du sol, entre 0,4 et 2 mSv.

Au total, la dose reçue en moyenne en Bretagne, dans le Massif central ou les Vosges est de 2 à 3 fois supérieure à celle reçue dans le Bassin parisien.

L'irradiation interne est essentiellement délivrée par le Potassium 40, ainsi que par les radioéléments naturels apportés par l'alimentation et la boisson.

Une part non négligeable est due à l'inhalation du Radon 222, qui irradie l'arbre respiratoire (la teneur en Radon de l'air varie fortement selon les régions et dans une même région, d'un jour à l'autre).

L'irradiation liée aux activités humaines varie selon les pays. L'utilisation de certains matériaux de construction ainsi que la nature du sol, peuvent causer une irradiation importante du fait de la libération de Radon dans l'atmosphère (le calfeutrage augmente sa concentration).

Parmi les autres sources d'irradiation artificielle, signalons les voyages aériens (rayons cosmiques).

Cependant, la source d'exposition artificielle la plus importante est d'origine médicale : radiodiagnostic, radiothérapie, médecine nucléaire, cures thermales (certaines eaux sont relativement riches en Radium ou en Thorium). Dans les pays industrialisés, l'activité de radiodiagnostic délivre en moyenne aux habitants une dose voisine de celle due à l'irradiation naturelle.

Les retombées radioactives des essais nucléaires militaires conduits dans les années 50 – 60, continuent à provoquer une irradiation non négligeable (0,02 mSv par an). L'irradiation due à l'énergie nucléaire est au moins dix fois plus faible (dans les centrales, l'irradiation du personnel est en moyenne de 2 mSv par an).

Radioprotection

CLASSIFICATION DES EFFETS DES RAYONNEMENTS IONISANTS SUR L'HOMME

Un certain nombre d'organismes internationaux impliqués dans l'évaluation du risque cancérigène des rayonnements ionisants ont fait la synthèse des effets sur les populations exposées à des doses moyennes ou fortes, et tenté de démontrer l'effet des faibles doses.

L'élément essentiel, qui conditionne la conduite à tenir pour protéger l'homme contre les effets des rayonnements ionisants, est la relation entre la dose absorbée et ses effets.

L'ionisation provoquée par un rayonnement, en traversant le milieu vivant, est susceptible d'entraîner des modifications chimiques au niveau de diverses molécules comme l'eau, les membranes ou l'acide désoxyribonucléique (ADN). La cellule répare en permanence ces modifications radioinduites dont certaines sont analogues à celles produites par son métabolisme normal. Cette capacité de réparation est toutefois limitée. Elle peut être dépassée si la quantité d'énergie transférée en un temps court est trop élevée.

Il n'y a pas de relation simple entre la dissipation initiale d'énergie dans le milieu vivant et d'éventuelles conséquences sur la santé. Le processus initial le plus important est l'induction de modifications de l'ADN (molécule cible) par ionisation (effet direct) et par action d'espèces réactives de l'oxygène radioinduites (effet indirect).

En fonction de la nature et du nombre des lésions de l'ADN ainsi que de l'efficacité de leur élimination, une réparation complète ou incomplète est observée. Le résultat est, soit la disparition par mort cellulaire (effets déterministes) soit à la survie de la cellule, qui peut être mutée (effets stochastiques).

Les effets déterministes

Ces effets s'observent aux fortes doses, ils n'apparaissent jamais tant que la dose absorbée reste inférieure à un certain seuil mais apparaissent toujours dans le cas contraire, souvent dans des délais assez brefs. Chez les individus qui ont reçu la dose seuil, ils sont obligatoires.

La valeur du seuil varie selon l'effet considéré et selon la distribution de la dose dans le temps.

Au-delà du seuil, leur gravité est proportionnelle à la dose.

Ils se manifestent, soit, après irradiation du corps entier, soit après irradiation localisée. Le syndrome de radioexposition aiguë, les atteintes de la peau, la cataracte, les dommages vasculaires, les insuffisances respiratoires, la nécrose des tissus appartiennent à cette catégorie d'effets.

Dans le cas d'exposition environnementale ou de travailleurs à des doses inférieures aux limites fixées par les recommandations de la CIPR, il n'existe aucun risque de survenue d'effets déterministes.

Les effets stochastiques

Les effets stochastiques ont un caractère probabiliste : ils semblent se répartir au hasard. Leur probabilité d'apparition est proportionnelle à la dose mais leur gravité est indépendante de celle-ci.

Ces effets concernent les individus (effets somatiques de cancérogenèse) et leur descendance (effets héréditaires).

Les effets stochastiques ne se manifestent que chez quelques-uns des individus exposés, toujours tardivement, plusieurs années ou plusieurs dizaines

d'années après l'irradiation et même dans le cas des effets héréditaires dans la descendance des individus exposés.

Ils sont non spécifiques : il n'y a aucun moyen de distinguer l'origine radio induite ou spontanée d'un effet stochastique.

L'incidence des effets stochastiques radioinduits comparée à l'incidence d'un même effet d'une autre origine, est d'autant plus minime que la dose reçue est plus faible. Par contre, même à très faibles doses, ils ont une certaine probabilité : ils n'ont donc pas de seuil, sauf si l'on admet l'intervention de processus de réparation efficaces jusqu'à une dose limite.

Les valeurs d'exposition maximales imposées réglementairement ont été fixées pour limiter l'incidence des effets stochastiques à un niveau considéré comme « acceptable ». Ces valeurs sont toujours en dessous des seuils concernant les effets déterministes.

Elles ont été déduites d'un certain nombre d'études épidémiologiques concernant les personnes exposées aux rayonnements ionisants, notamment les survivants d'Hiroshima et de Nagasaki, plus accessoirement sur les études *in vitro* et l'expérimentation animale.

LES VALEURS DES FACTEURS DE RISQUE

Il importe en radioprotection de connaître les effets des faibles doses et des faibles débits de dose puisque l'homme n'est soumis dans les conditions de vie normales qu'à des expositions de ce type. Les expositions d'origine naturelle et artificielle sont pour les individus du public respectivement de 2,4 et 1,2 mSv par an. L'exposition professionnelle en France est de l'ordre de 1 à 2 mSv par an.

Nous nous sommes surtout intéressés aux principes édictés par la CIPR 60, car c'est en fonction de ceux-ci que la nouvelle réglementation française issue de la directive Euratom 96/29 du 13 mai 1996 a été fixée.

Pour estimer les risques d'effets stochastiques aux faibles doses, la CIPR a été amenée à faire plusieurs hypothèses :

- Absence de seuil, toute dose, si faible soit-elle, a un effet et correspond à un certain risque ;
- Linéarité de la relation dose-effet, la probabilité de survenue de l'effet est proportionnelle à la dose, même pour les faibles doses ;
- Proportionnalité entre la somme des doses reçues par chacun des individus d'une population et le risque collectif encouru par cette population. Le nombre de cancers radioinduits dans une population de 1000 personnes exposées à 100 mSv par an sera 10 fois plus élevé que dans une population de 1000 personnes exposées à 10 mSv par an.

Il est à souligner que ces hypothèses sont volontairement maximalistes et vont notamment contre l'avis de l'Académie Des Sciences (rapport n°23).

Les valeurs des facteurs de risque permettent de calculer, à partir des probabilités de cancer mortel, de cancer non mortel et d'effets héréditaires, un facteur de risque global tenant compte de tous les effets stochastiques résultant d'une exposition aux rayonnements ionisants, présenté dans le tableau 3. Ce facteur rend possible la quantification du détriment sanitaire, estimation du risque de réduction de l'espérance et de la qualité de vie d'une population, résultant de l'exposition à des rayonnements ionisants.

Tableau 3 : Facteurs de risque global (cancers non mortels, cancers mortels, effets héréditaires graves)

Population exposée	Cancer mortel (1)	Cancer non mortel	Effets héréditaires graves	Total
Travailleurs adultes	$4,0.10^{-2}.Sv^{-1}$	$0,8.10^{-2}.Sv^{-1}$	$0,8.10^{-2}.Sv^{-1}$	$5,6.10^{-2}.Sv^{-1}$
Population entière	$5,0.10^{-2}.Sv^{-1}$	$1,0.10^{-2}.Sv^{-1}$	$1,3.10^{-2}.Sv^{-1}$	$7,3.10^{-2}.Sv^{-1}$

(1) : pour le cancer mortel, le détriment est égal au coefficient de probabilité.

Ces valeurs montrent que les risques d'effets stochastiques aux faibles doses sont très réduits.

Ces valeurs sont comparables à celles d'autres organismes scientifiques internationaux, présentées dans le tableau 4.

Tableau 4 : Valeur du risque de décès par cancer sur la vie pour les faibles doses et les faibles débits de dose.

Organisme	Facteur de risque en $Gy^{-1}.homme^{-1}$	Décès excédentaires pour 10.000 personnes recevant:	
		1 Gy	100 mGy
UNSCEAR 1977	1.10^{-2}	100	10
BEIR 1980	0,7 à 5.10^{-2}	70 à 500	7 à 50
NUREG 1985	0,3 à $5,7.10^{-2}$	30 à 570	3 à 57
NIH 1985	2.10^{-2}	200	20
UNSCEAR 1988*	4 à 11.10^{-2}	40 à 550	4 à 55
CIPR 1977	$1,25.10^{-2}$	125	12,5
CIPR 1990	4 à 5.10^{-2}	400 à 500	40 à 50

* Le nombre de décès excédentaires est calculé en appliquant un facteur de réduction de 2 à 10 au facteur 4 à $11.10^{-2}.Gy^{-1}$ correspondant aux fortes doses.

BEIR : Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiations (U.S.A.).

NUREG : Nuclear Regulatory Commission (USA).

NIH : National Institute of Health (USA).

Il est à remarquer que dans une population de 10.000 personnes le nombre de décès par cancer non radioinduit est de 2.500.

La comparaison avec d'autres risques permet de situer les risques dus aux rayonnements ionisants. Le tableau 5 donne des valeurs, exprimées en nombre de journées de vie perdues, pour des risques de nature diverse.

Tableau 5 : Nombre de journées de vie perdues en fonction de la nature du risque.

Cause	Jours de vie perdus
-------	---------------------

Alcool	4.000
Pauvreté	3.650
Tabac (un paquet de cigarettes par jour)	2.250
Cancers	1.247
Accident de voiture	207
Surcharge pondérale (pour 0,45 kg)	34
Exposition professionnelle (4,5 mSv par an)	23
Industrie nucléaire	0,05

LES PRINCIPES FONDAMENTAUX DE PROTECTION

A partir de ces différentes données, la CIPR a établi un système de protection contre les effets des rayonnements ionisants beaucoup plus complet que ceux adoptés pour les autres nuisances physiques ou chimiques qui ne prennent pas en compte les effets stochastiques.

Ce système repose sur les principes fondamentaux suivants :

- justification des pratiques utilisant les rayonnements ionisants ;
- optimisation de la radioprotection ;
- limitation des expositions individuelles.

La justification des pratiques utilisant les rayonnements ionisants

Toute activité humaine susceptible d'entraîner une exposition de l'homme aux rayonnements ionisants doit être justifiée par les avantages qu'elle procure : ses bénéfices doivent être supérieurs à ses inconvénients.

La prise de décision doit être fondée sur une analyse coût-avantage montrant que le coût total de l'activité considérée, y compris les dommages éventuels pour la santé de l'homme (on admet que 1 homme-Sievert équivaudrait à 10.000 dollars), est largement compensé par les avantages que la société et les individus retireront de cette activité. Lorsque plusieurs techniques permettent d'obtenir le même résultat, le choix se portera sur celle dont le bilan est le plus favorable.

Les autorités compétentes nationales interdisent certaines opérations présentant des risques d'exposition élevés ou, au contraire, en autorisent d'autres, entraînant des expositions négligeables. En France, par exemple, la commercialisation de jouets contenant des substances radioactives et la fabrication de paratonnerres contenant une petite quantité de radium ou d'américium sont interdites. Par contre, la fabrication de montres à cadrans lumineux faiblement radioactives et les vols commerciaux à haute altitude exposant aux rayonnements cosmiques sont autorisés.

Pour les usages médicaux ou scientifiques, les médecins ou les chercheurs doivent faire le bilan entre le bénéfice et le risque éventuel et choisir les techniques qui, à efficacité égale, comportent le risque le plus faible. Il est conseillé, par exemple, de remplacer les examens radiologiques chez la femme enceinte par les

explorations échographiques, d'éviter les examens radiologiques superflus et de n'effectuer à titre préventif que des examens médicalement ou épidémiologiquement justifiés.

L'optimisation de la protection

Le second principe implique que l'exposition des individus et des populations soit maintenue au niveau le plus bas que l'on puisse raisonnablement atteindre, compte tenu des facteurs économiques et sociaux. Il vise à réduire au maximum les doses reçues par les individus en agissant au niveau de la source. L'expression d'optimisation de la radioprotection a été adoptée par la CIPR en remplacement de celle, plus ancienne, d'ALARA (as low as reasonable achievable). Inspiré d'une attitude de précaution, le principe d'optimisation suppose une gestion du risque envisagée comme la recherche de l'acceptable à un moment donné dans un contexte donné. Il a une portée générale : il doit s'appliquer à l'exposition médicale, à l'exposition professionnelle et aux expositions du public dans toutes les activités radiologiques et nucléaires.

Il découle du fait, d'une part, qu'une diminution de l'exposition coûte d'autant plus cher qu'elle est plus petite, d'autre part, qu'une réduction du risque à zéro pour une population entraîne généralement un transfert de risque, éthiquement inacceptable, vers une autre population.

En général, il existe de nombreuses solutions aux problèmes de radioprotection ; il convient après les avoir recensées et classées, de choisir celle qui paraît la meilleure en tenant compte des contraintes techniques et des coûts.

Les techniques permettant de juger, en fonction de ce qui est raisonnable, de la nécessité de réduire davantage les expositions sont très diverses. Elles comprennent, par exemple, des aides formelles à la décision (analyses coût-bénéfice, fonctions d'utilité, méthodes multicritères, etc.). Le plus souvent, cependant, la décision qui apparaît comme un compromis entre des exigences contradictoires, se fonde sur de simples pratiques de bon sens. Dans la plupart des activités de routine, l'optimisation ne doit pas faire intervenir de calculs complexes. Chercher à réduire une exposition déjà très faible est vraisemblablement excessif et par conséquent inapproprié.

En vertu du principe d'optimisation, les doses reçues doivent être limitées au niveau le plus bas possible. Les doses reçues, par exemple, par les travailleurs de l'industrie nucléaire en France sont d'environ 2 mSv par an, alors que la limite réglementaire est de 50 mSv par an.

L'application du principe d'optimisation implique une démarche d'anticipation et de préparation des interventions pour maîtriser au mieux leur déroulement et réduire les expositions qui en découlent. Elle suppose une politique de formation, de concertation, d'incitation et de sensibilisation à la radioprotection et de responsabilisation des intervenants. Elle a conduit au développement de la dosimétrie opérationnelle permettant de connaître en temps réel le débit de dose et la dose équivalente intégrée des travailleurs.

La limitation des doses individuelles

- Problématique de la limitation

La protection optimale étant ainsi assurée au niveau collectif, la CIPR a défini des limites pour les doses reçues par les individus. Ces limites, qui s'appliquent aux

expositions professionnelles et aux expositions du public, ont été fixées en 1977 à un niveau suffisamment bas pour que :

- aucun des effets déterministes qui comportent des seuils ne puisse apparaître, c'est à dire que le respect des limites assure une protection absolue contre ces effets ;
- la probabilité d'apparition des effets stochastiques, pour lesquels on admet qu'il n'existe pas de seuil et pour lesquels par conséquent une protection absolue ne peut être envisagée, correspond à un dommage inférieur à celui qui est couramment accepté :

* par les travailleurs dans les professions à haut niveau de sécurité (chimie, métallurgie, textile...) pour lesquelles le risque dû aux accidents du travail et aux maladies professionnelles est de l'ordre de 1 cas mortel sur 10.000 travailleurs et par an ;

* par le public dans la vie courante lorsque les risques ne dépendent pas de l'individu et sont limités à un très faible niveau par la législation en vigueur (transports en commun par exemple).

La limitation des doses individuelles proposée par la CIPR dans sa publication 60 procède d'une approche différente fondée sur l'appréciation du degré de tolérance d'une exposition. Une exposition peut être : inacceptable, tolérable, acceptable. Aucun individu ne doit être soumis à une exposition inacceptable.

Pour définir les niveaux de dose correspondant à ces trois degrés d'exposition, la CIPR a calculé la probabilité de mort résultant d'une exposition à des doses efficaces annuelles en profondeur de, 10, 20, 30 et 50 mSv, correspondant à des doses cumulées au cours d'une vie professionnelle de 47 ans, respectivement de, 0,5, 1,0, 1,4 et 2,4 Sv.

Pour une dose annuelle de 50 mSv, le risque de décès de 10^{-3} par an est dépassé à 60 ans et la probabilité que la mort soit causée par l'exposition est de 8%. La CIPR considère que ce niveau est inacceptable.

Par contre, pour une dose annuelle de 20 mSv, le risque de 10^{-3} n'est atteint qu'à 70 ans et la probabilité que l'exposition soit la cause de la mort est inférieure à 4%. Elle estime que ce niveau de dose est acceptable.

- Valeurs des limites de dose
- En cas d'exposition externe

Pour les travailleurs, la CIPR a donc proposé d'ajouter à l'ancienne limite de 50 mSv par an, une nouvelle limite de 100 mSv pour 5 ans, soit, 20 mSv par an. Cette limite correspond à un objectif de dose pour la vie de 1 Sv pour une durée de vie professionnelle de 50 ans. Les limites de dose professionnelle sont les mêmes pour les femmes et les hommes. Cependant, en cas de grossesse, le niveau de protection du fœtus doit être comparable à celui d'un individu du public. Pour la femme enceinte, une limite de dose de 2 mSv à la surface de l'abdomen ou 1/20 de la Limite Annuelle d'Incorporation (LAI) une fois la grossesse reconnue a donc été proposée.

Pour la peau, la limite annuelle recommandée par la CIPR est de 500 mSv à une profondeur de 7 mg.cm^{-2} qui correspond à celle de la couche basale de

l'épiderme, quelle que soit la région exposée. Elle est largement inférieure à la dose seuil des effets déterministes.

Pour les personnes du public, elle recommande une limite d'exposition de 1 mSv par an ou, dans des circonstances exceptionnelles, de 5 mSv par an, à condition que la moyenne de 1 mSv par an soit respectée sur 5 ans.

- En cas d'exposition interne

Dans le cas de contamination interne, si certains éléments incorporés ont une répartition à peu près uniforme dans l'organisme (tritium, césium, carbone), la plupart ont une distribution très inhomogène, et les équivalents de dose au niveau des divers tissus et organes sont très différents les uns des autres. C'est pourquoi la CIPR a recommandé deux limites devant être respectées simultanément :

- la première, destinée à supprimer toute possibilité d'effets déterministes, fixe une valeur maximale de 500 mSv (pour l'exposition professionnelle) pour la dose équivalente annuelle au niveau des différents organes et tissus ; cette limite primaire située au-dessous du seuil d'apparition des effets déterministes assure une protection absolue contre ces effets;
- la seconde, limite le risque des effets stochastiques à un niveau acceptable pour l'individu en fixant, dans sa publication 26 de 1977, une valeur maximale de 50 mSv (pour l'exposition professionnelle), pour la dose efficace engagée annuelle.

En exposition interne, les doses équivalentes au niveau des différents tissus ne sont, ni directement mesurables, ni directement évaluables, comme dans le cas de l'exposition externe. C'est pourquoi la CIPR a calculé pour chaque radionucléide, en utilisant des modèles dosimétriques convenables, tenant compte des caractéristiques physico-chimiques de chaque radionucléide et des données métaboliques, l'activité qui, incorporée dans l'organisme, délivre en un an, une dose équivalente égale à 500 mSv à chaque organe ou tissu et une dose efficace égale à 50 mSv à l'organisme entier. La plus faible de ces deux valeurs a été choisie par la CIPR comme limite annuelle d'incorporation (LAI). Pour tenir compte du mode de pénétration du radionucléide dans l'organisme, la CIPR a déterminé, pour chacun, une LAI par ingestion et une LAI par inhalation.

A partir des LAI (Bq), en supposant qu'un travailleur inhale en 2.000 heures de travail, 2.400 m³ d'air, la CIPR a calculé, pour chaque radionucléide, une limite dérivée de concentration dans l'air, LDCA (Bq / m³). La LDCA d'un radionucléide est la concentration moyenne annuelle de ce radionucléide dans l'air inhalé, exprimée en unités d'activité par unité de volume, qui, pour 2.000 heures de travail par an, entraîne une incorporation égale à la LAI par inhalation :

$$LDCA = LAI / 2.400$$

ou, pour les gaz rares autres que le radon, un équivalent de dose égal à l'une des limites annuelles fixées pour les limites d'exposition externe dans les conditions normales de travail.

En exposition interne, homogène ou non, l'exposition est appréciée par rapport aux LAI.

La publication 60 de la CIPR a conduit celle-ci à calculer de nouvelles limites annuelles d'incorporation. Les LAI, indiquées dans sa publication 61 pour les travailleurs, sont déduites de la limite primaire annuelle de dose efficace de 20 mSv, recommandée en dosimétrie interne.

A la suite de la révision de cette publication, la CIPR a proposé le remplacement des LAI par des valeurs de doses efficaces par unité d'incorporation (DPUI), exprimées habituellement en $\mu\text{Sv} / \text{MBq}$, pour les différents radionucléides. Les DPUI par ingestion prennent en compte les valeurs récentes des facteurs d'absorption digestive. Les DPUI par inhalation ont été calculées en utilisant le nouveau modèle pulmonaire.

Les DPUI recommandées pour les personnes du public varient pour chaque radionucléide en fonction de l'âge. Dans le cas de l'ingestion elles sont en règle générale plus élevées pour les enfants de moins d'un an que pour les adultes car le coefficient d'absorption digestive chez le nourrisson est supérieur naturellement à celui de l'adulte pour la plupart des radionucléides. Elles diminuent régulièrement jusqu'à la fin de la croissance.

Les activités incorporées annuellement par les travailleurs estimées selon le cas, par anthropogammamétrie, analyses radiotoxicologiques des urines ou mesures des activités dans l'air, doivent rester inférieures aux limites annuelles réglementaires d'incorporation correspondantes.

Pour les membres de la population, les limites annuelles d'incorporation par inhalation et par ingestion sont considérées comme respectées si les activités volumiques moyennes annuelles mesurées dans l'air et dans les aliments sont inférieures aux limites dérivées réglementaires correspondantes.

Le respect des limites de dose individuelle donne la garantie due à chaque travailleur ou membre du public que le risque entraîné par une exposition est acceptable.

Applications pratiques

Après cet exposé des principes généraux et théoriques de la radioprotection, nous allons aborder les principes élémentaires et la mise en œuvre pratique de celle-ci.

Pour se protéger efficacement contre les rayonnements ionisants, il faut distinguer selon leurs origines, si le risque est lié à l'irradiation externe seulement et/ou à une contamination interne. En pratique, seules les sources non scellées (ou les accidents de rupture de sources scellées) peuvent être à l'origine d'une contamination. L'irradiation, elle, peut être due à tous les types de sources de rayonnement ionisant.

Protection contre l'irradiation

La protection contre l'irradiation externe dépend classiquement de trois paramètres majeurs :

- le temps d'exposition

- la distance par rapport à la source
- la présence d'écrans

Facteur temps

Pour un débit de dose constant, la dose d'exposition est une fonction linéaire du temps. Par conséquent, il faut réduire autant que possible la durée d'exposition, puisque la dose reçue lui est proportionnelle.

La rationalisation des opérations, l'utilisation d'équipements adaptés, une bonne coordination des différentes phases des manipulations, l'entraînement en situation inactive permettent de réduire au minimum la durée des manipulations.

Facteur distance

L'exposition à un rayonnement en l'absence d'absorption par des écrans, est fonction de la distance à la source et décroît avec l'éloignement. La dose est inversement proportionnelle au carré de la distance. Mais au rayonnement direct X et gamma, peut s'ajouter celui diffusé par des murs, cloisons, plafonds, sols, tout obstacle et " l'effet de ciel " dû aux diffusions sur les couches d'air situées au-dessus. Le rayonnement diffusé peut atteindre 10% du rayonnement direct.

La protection par l'éloignement conduit à utiliser pour le maniement des sources, des télécommandes, des pinces à manipuler...

Il apparaît donc que ce facteur distance est important, soit pour réduire l'exposition, soit pour permettre d'augmenter le temps d'intervention. Cependant, l'augmentation de la distance entre la source et l'opérateur peut augmenter le temps de manipulation par l'augmentation des difficultés techniques de manipulation et donc augmenter l'exposition de l'opérateur. Il faut choisir le meilleur rapport distance – temps.

Les écrans

L'utilisation d'écrans interposés entre la source et l'opérateur est un des moyens de radioprotection des plus efficaces.

Le choix du matériau et de l'épaisseur de l'écran dépend de la nature et des caractéristiques de la source.

- Les rayonnements corpusculaires (alpha, bêta, neutrons)

Ils peuvent être arrêtés par des écrans. Ceux-ci sont construits de matières différentes, suivant le type de rayonnement que l'on veut arrêter. S'ils sont suffisants, aucun rayonnement corpusculaire ne peut les franchir. Par contre, les réactions provoquées dans la matière par ces rayonnements, peuvent entraîner une émission de RX ou gamma dont il faut tenir compte.

- a) les rayons alpha :

Leur pénétration dans la matière étant très faible, la protection contre leur irradiation peut-être obtenue par un écran très mince, constitué d'une matière quelconque, en particulier mica, aluminium, cuivre, argent, papier... A noter que pour les rayons alpha, il n'y a pas de rayonnement de freinage.

b) les rayons bêta :

Les particules bêta sont absorbées totalement dans des écrans constitués de matériaux de faible poids atomique (plexiglas, plastique) afin d'éviter la production d'un rayonnement de freinage. Celle-ci est à considérer pour des émetteurs bêta d'énergie élevée comme le phosphore 32, par exemple.

Les moyens de prévention contre une exposition bêta sont de mise en œuvre facile, toutefois, il convient d'avoir à l'esprit que :

- les gants et les vêtements de travail ne réduisent la dose absorbée que de 20 à 40 %, selon leur épaisseur.
- La diffusion des bêta est beaucoup plus importante que celle des X ou des gamma ; la rétrodiffusion peut être de 100 % pour les matériaux de Z élevé. Les sources doivent être entourées d'une enceinte continue.

c) les neutrons :

La protection contre les neutrons est fondée sur leur ralentissement jusqu'aux énergies thermiques (0.025 MeV) grâce à l'utilisation d'écrans de Z faible (eau, paraffine, béton) et l'absorption de ces neutrons ralentis, par des écrans de bore ou de cadmium.

- Les rayonnements électromagnétiques

Les rayons X et gamma, quelle que soit leur origine, sont partiellement absorbés par la matière qu'ils traversent, sans que celle-ci, en toute rigueur, puisse les arrêter complètement.

On atténue les rayonnements X et gamma en disposant autour des sources des écrans dont les caractéristiques dépendent de l'énergie du rayonnement et de l'activité de la source. On utilise en général des matériaux de numéro atomique élevé (plomb) afin de réduire l'encombrement.

Il faut donc veiller à prendre quelques précautions lors de la réalisation d'écrans protégeant des RX et gamma :

- mettre les écrans le plus près possible de la source
- calculer les épaisseurs par excès
- ne tolérer dans les écrans que le minimum d'ouvertures indispensables
- prendre garde aux diffusions sur le sol, les murs, cloisons, obstacles : les rayonnements diffusés viennent d'une direction différente de celle de la source, donc généralement différente de celle des écrans protégeant du rayonnement direct.
- construire des écrans suffisamment hauts et larges pour éviter ou diminuer de telles diffusions

- ôter tous les objets superflus se trouvant sur le trajet du faisceau direct, pouvant être à l'origine d'un faisceau diffusé.
- vérifier au moyen d'appareils de mesure, les niveaux de débits de dose obtenus aux points protégés.

On utilise, selon les applications, différents types d'écrans : feuilles ou briques de plomb, hublots en verre au plomb, tabliers plombés, enceintes plombées, châteaux de stockage, protège-seringues, poubelles plombées, etc.

En pratique, les différents moyens de protections (distance, écrans, temps d'exposition) sont combinés pour assurer une protection optimale.

Protection vis à vis de la contamination

Une contamination affectant les locaux, objets, atmosphère, le personnel, peut provenir de l'emploi ou de la manipulation de sources non scellées, de matériaux radioactifs, et plus exceptionnellement de fuites ou de ruptures de sources scellées.

La protection contre l'exposition interne passe donc essentiellement par :

- une bonne conception du laboratoire et des espaces de travail.
- l'acquisition d'une bonne gestuelle et d'une bonne technique de manipulation.

- Conception des installations

- Les plans de travail, sols, matériaux, doivent être lisses et facilement décontaminables (lavables).
- Les manipulations de sources non scellées et leur stockage doivent se faire dans des enceintes étanches et dans des boîtes à gants.
- La ventilation doit assurer un renouvellement suffisant de l'atmosphère des locaux.
- Les zones de travail doivent être correctement balisées.

- Le mode de travail

- Les personnels doivent être formés et informés avant tout travail avec des radioéléments.
- Il faut planifier le travail, choisir des radioéléments de période et d'activité limitée, limiter la surface de travail et le matériel de manipulation, manipuler dans un plateau sur du papier absorbant.
- Pour de nouvelles manipulations ou expériences, il faut les faire avant à froid ou à très faible activité.
- Il faut porter des gants, une blouse, et si nécessaire, bottes, bonnet, et un appareil respiratoire.
- Il faut contrôler systématiquement après toute manipulation, la contamination des surfaces, matériels, appareils, mains, ainsi que la

blouse et les chaussures après tout renversement accidentel de produit radioactif au sol.

- Périodiquement, l'absence de contamination du sol sera vérifiée. Il faut conditionner les déchets et les stocker dans une zone réservée, balisée.
- Il faut interdire de boire, manger, fumer, se maquiller ou se ronger les ongles, dans les locaux de travail.

Moyens de détection des rayonnements ionisants

Toute détection d'un rayonnement ionisant repose sur la possibilité d'apprécier les interactions de ce rayonnement avec la matière.

Il n'existe pas d'instrument unique dont les performances soient acceptables dans toutes les conditions et pour tous les besoins. On utilise donc, dans la pratique des appareils différents pour mesurer les caractéristiques nécessaires à la surveillance des différentes formes de danger.

Le choix d'un détecteur pour une application donnée est influencé par la nature et la quantité du rayonnement, son spectre d'énergie, le degré de précision recherché, le milieu où réagit le rayonnement incident, la résistance aux effets nocifs du milieu d'utilisation du détecteur, son poids et sa taille. Les détecteurs doivent présenter différentes qualités comme la reproductibilité statistique, la précision et une sensibilité propre.

Ainsi en pratique, selon leur utilisation, on distingue :

- Les dosimètres adaptés à la dosimétrie individuelle, présentés sous forme synthétique dans le tableau 8.
- Les détecteurs de mesure et contrôle en zones contrôlées et surveillées, présentés sous forme synthétique dans le tableau 9.
- Les détecteurs de contamination des surfaces et des personnes, présentés sous forme synthétique dans le tableau 10.

Tableau 6 : Les appareils de mesure de la dose absorbée par les personnes exposées aux rayonnements ionisants

Détecteurs	Rayonnement détecté	Gamme de mesure	Applications
Dosimètres photographiques	Bêta > 100 keV, gamma, X	0,1 mSv à quelques Sv	Dosimétrie réglementaire individuelle (poignet, thorax)
Stylodosimètres à chambre d'ionisation	Bêta, X, gamma	2 mSv à quelques Sv	Dosimétrie opérationnelle en temps réel

Détecteurs thermoluminescents (LiF, CaF ₂)	Bêta, X, gamma	10 mSv à 100 mSv	Dosimétrie complémentaire des extrémités
Chambres d'ionisation équipées de parois équivalent tissus	Bêta, X, gamma, E _γ > quelques keV	1 μSv à 0,1 Sv/h	Mesure du débit de dose en zone de travail
Détecteurs à scintillations (INa)	X, gamma	10 μSv à 0,1 Sv/h	Contrôle de l'activité thyroïdienne

Tableau 7 : Les appareils de mesure en zone contrôlée et surveillée

Détecteurs	Rayonnement détecté	Gamme de mesure	Applications
Chambre d'ionisation	Bêta, X et gamma, E _{X,γ} > quelques keV	1 μSv à 0,1 Sv/h	Surveillance, mesure
Compteur de Geiger-Müller	Bêta E _β > quelques dizaines de keV X et gamma E _{X,γ} > quelques keV avec un faible rendement	0,1 μSv à 1 cSv/h	Alerte, en cas de dépassement de seuil Pour un type de rayonnement donné

Tableau 8 : Les appareils de mesure de la contamination des surfaces et des personnes.

Détecteurs	Rayonnement détecté	Gamme de mesure	Applications
Compteur de Geiger-Müller	Bêta E _β > quelques 10 keV X et gamma E _{X,γ} > quelques keV avec un faible rendement	Quelques 1 à 10 ³ impulsion. s ⁻¹	Appareil d'alerte à seuil, Contrôle des personnes, des surfaces
A fenêtre mince	alpha		
Compteur proportionnel - à fenêtre mince - à circulation de gaz	Alpha, X, gamma de faible énergie, E _{X,γ} > quelques keV Alpha, bêta	Quelques 1 à 10 ⁴ impulsion . s ⁻¹	Contrôle des extrémités (mains, pieds)

	$E_{\alpha, \beta} > 20 \text{ keV}$ X, gamma de faible énergie		
Détecteur à scintillations - SZn (TI) - Ina (TI)	Alpha X, gamma	Quelques $1 \text{ à } 10^6$ impulsion . s^{-1}	Appareil d'alerte Contrôle des personnes
Détecteurs à jonction	Alpha, bêta	Quelques $1 \text{ à } 10^7$ impulsion . s^{-1}	Contrôle des surfaces

matériel de radioprotection dans le cadre de l'utilisation des sources non scellées.

Un service de médecine nucléaire, un laboratoire de radioanalyse ou de recherche utilisant des radionucléides doivent être dotés d'appareils de mesure de l'exposition externe et de détection des contaminations.

- Les débitmètres

La mesure de l'exposition externe s'effectue à l'aide d'un débitmètre équipé d'un détecteur adapté à la nature et à l'énergie des rayonnements à mesurer : chambre d'ionisation, compteur Geiger-Müller pour la détection des Bêta, compteur proportionnel à air pour la détection des alpha, compteur à scintillations pour la détection des rayonnements X ou gamma. Un débitmètre indique le niveau d'exposition en un point donné.

Le débitmètre portable le plus couramment utilisé dans les contrôles d'ambiance est la « Babyline ». Cet appareil est une chambre d'ionisation permettant de mesurer le débit de dose absorbée au niveau de la peau et, si elle est équipée d'un capot convenable, de la dose absorbée en profondeur, notamment au niveau du cristallin, lors d'une exposition à des photons d'une énergie comprise entre 8 keV et 2 MeV.

- Les détecteurs de contaminations des surfaces

La contamination des plans de travail, des vêtements, des mains, est mesurée à l'aide d'un détecteur équipé d'une sonde appropriée aux rayonnements émis (alpha, bêta, gamma) par les radionucléides utilisés, soit fixe, soit portable. Ces appareils sont souvent appelés contaminamètres ou polyradiamètres.

Les impulsions issues de la sonde sont mises en forme et intégrées. Le niveau de sortie de l'intégrateur est visualisé par un galvanomètre gradué en $i.s^{-1}$. une sortie échelle permet également d'exploiter les impulsions sur un dispositif de comptage extérieur.

En pratique, la détection des rayonnements bêta d'énergie supérieure à 30 keV (cas des rayonnements bêta émis par le carbone 14, le soufre 35, le phosphore 32), fait appel à des sondes équipées d'un compteur Geiger-Müller à fenêtre mince, celle des rayonnements X ou gamma, à des sondes à scintillation. Pour les

émetteurs bêta d'énergie inférieure à 30 keV (cas du tritium), un frottis est nécessaire.

Les appareils de mesure utilisés doivent être tenus en bon état de fonctionnement et doivent faire l'objet d'étalonnages périodiques mentionnés sur le registre de surveillance de la contamination d'ambiance (décret 86-1103 du 20 octobre 1986).

La surveillance individuelle de l'exposition dans le cadre de l'utilisation des sources non scellées.

- L'exposition externe

En cas de risque d'exposition externe par rayonnements X ou gamma, la dosimétrie individuelle doit être mise en œuvre. Les rayonnements bêta ne sont pas à prendre en considération, dans le cadre de cette surveillance, que pour des énergies supérieures à 100 keV. Pratiquement, elle n'est pas justifiée si les seuls radionucléides manipulés sont des émetteurs bêta de faible énergie, tels le tritium, le carbone 14 ou le soufre 35, par contre, elle est nécessaire en cas d'utilisation de phosphore 32. Pour les dosages radioimmunologiques utilisant l'iode 125, qui émet des rayons X- γ de 27 à 35keV, compte tenu des faibles activités employées, de l'ordre du kilobecquerel (0,03 μ Ci), la dosimétrie individuelle est inutile, par contre, elle est motivée lors d'un marquage de protéines par l'iode 125 qui met en jeu des activités de l'ordre de 10 MBq (2,7 mCi). Quant à l'exposition aux rayonnements alpha, elle ne peut entraîner, à proprement parler, une irradiation externe, de plus, ces rayonnements sont mal détectés par les dosimètres individuels, enfin, les radionucléides émetteurs alpha ne sont que très rarement utilisés dans les applications médicales.

Le dosimètre réglementaire pour les travailleurs de la catégorie A est le film dosimètre. La dosimétrie individuelle permet :

- D'évaluer les équivalents de dose reçus par le travailleur et de détecter les cas individuels de dépassements des limites réglementaires ;
- D'archiver les équivalents de dose reçus durant la vie professionnelle du travailleur.

Dans le cas d'exposition externe localisée, la surveillance peut être effectuée au moyen de dosimètres particuliers, par exemple de bagues dosimètres pour évaluer l'exposition des doigts lors des manipulations de seringues chargées avec des produits radioactifs.

La dosimétrie dite opérationnelle a pour but de connaître rapidement grâce à l'utilisation de dosimètres à lecture directe, le niveau d'exposition correspondant à un poste de travail ou à une opération déterminée. Elle rend possible une analyse fine des doses en temps réel. Ce type de dosimétrie est obligatoire en France pour les travailleurs classés en catégorie A.

- L'exposition interne

L'évaluation des équivalents de dose reçus s'effectue, sur prescription du médecin du travail, par anthropogammamétrie et examens radiotoxicologiques, plus accessoirement par la mesure de l'activité des organes *in vivo* et celle de la radioactivité de l'air inhalé et de l'eau ou des aliments ingérés.

La fréquence et la nature des examens sont fonction de l'importance des risques de contamination et de la nature des radionucléides manipulés.

- La spectrométrie du corps humain ou anthropogammamétrie
L'anthropogammamétrie permet de détecter la présence de radionucléides émetteurs gamma dans l'organisme d'un individu. Elle nécessite une installation de spectrométrie du corps entier.

- Les examens radiotoxicologiques

Ils permettent de détecter dans les liquides biologiques, urines et selles essentiellement, la présence d'émetteur alpha ou bêta, non détectés par comptage du corps entier. Ils sont obligatoires en cas de manipulation de radionucléides émetteurs bêta, tels le tritium, le carbone 14, le soufre 35, le phosphore 32 ou l'iode 125. Ils doivent permettre l'évaluation de l'élimination journalière et, par conséquent, porter sur un prélèvement de vingt-quatre heures ou assurant des garanties équivalentes.

- La mesure de l'activité des organes « in vivo »

La mesure de l'activité thyroïdienne est indiquée en cas de suspicion de contamination par un iode radioactif, par exemple, chez un manipulateur effectuant dans un service de médecine nucléaire des administrations thérapeutiques d'iode 131.

- La mesure de la radioactivité de l'air inhalé, de l'eau et des aliments ingérés

Ces mesures permettent l'évaluation des équivalents de dose reçus par référence aux LAI ou aux LDCA.

En pratique, l'interprétation des résultats des mesures d'exposition interne est fondée sur la comparaison des activités mesurées avec des niveaux d'investigation et d'enregistrement, respectivement égaux, pour la CIPR, à 1/10 et 1/30 des LAI. En fait, l'exposition interne est beaucoup moins importante que l'exposition externe et, sur le plan individuel, exceptionnellement significative.

ROLE DU MEDECIN DU TRAVAIL

Bases légales

Le médecin du travail est spécifiquement en charge de la surveillance des personnels exposés aux rayonnements ionisants. La surveillance médicale est basée sur l'arrêté du 28 août 1991 qui a abrogé l'arrêté du 23 avril 1968.

Le personnel catégorie A (ex. DATR) ne peut être affecté ou maintenu en zone contrôlée sans une attestation médicale d'aptitude préalable à l'affectation.

Surveillance médicale spéciale

Elle comporte :

- un examen avant l'affectation en zone contrôlée, qui doit être effectué même pour les travailleurs déjà employés dans l'établissement,
- des examens périodiques destinés à vérifier l'absence de contre-indication à l'affectation au travail exposant aux rayonnements et dont la périodicité ne peut excéder 6 mois (et 1 an pour la catégorie B),
- des examens occasionnels : en dehors des visites périodiques, l'employeur est tenu de faire examiner tout travailleur s'étant absenté pour cause d'accident du travail, de maladie professionnelle ou pour toute autre maladie si l'absence a duré plus de 21 jours ;
- l'examen hématologique n'est plus systématique lors de chaque examen, comme par le passé.

Les éléments médicaux concernant l'aptitude et les résultats d'examens complémentaires (dont la dosimétrie) doivent être consignés dans un dossier médical spécial (Catégorie A) annexé au dossier médical habituel, et dont la tenue est sous la responsabilité du médecin du travail (à garder au moins 30 ans après la fin de la période d'exposition). Pour faciliter sa tâche, le médecin dispose :

- de la fiche de nuisance mentionnant : la nature des travaux effectués, la nature des rayonnements, la durée des périodes de travail exposant aux rayonnements,
- de la fiche d'irradiation mentionnant : les dates et les résultats des mesures des équivalents de doses reçues par les travailleurs,
- de la carte individuelle de suivi médical : établie, selon un arrêté de 1991, par le médecin du travail et signée par son titulaire, un volet étant transmis à l'O.P.R.I. Elle est remplie tous les 6 mois par le médecin du travail à l'occasion des visites périodiques et est valable au maximum 3 ans. A expiration, elle est retournée à l'O.P.R.I. qui délivre alors une nouvelle carte.

Technique des examens.

Interrogatoire

L'interrogatoire devra rechercher des antécédents professionnels et médicaux pouvant faire courir un risque particulier au travailleur du fait de son affectation en zone contrôlée.

- Le législateur insiste notamment sur trois points : la recherche d'affections familiales héréditaires, les affections ayant un retentissement hématologique et toute affection susceptible d'être en relation avec une exposition aux

rayonnements ionisants ou pouvant être à l'origine d'une contre-indication médicale au poste exposant aux rayonnements ionisants (affections néoplasiques, perforation tympanique...), l'estimation des équivalents de dose antérieurement reçus pour des raisons médicales ou professionnelles : si le sujet a déjà été exposé, demander son dossier médical spécial à l'O.P.R.I. (voir plus loin) ; si pour une période donnée de la vie professionnelle on ignore l'équivalent de dose cumulée, il faut le considérer égal à l'équivalent de dose maximale admissible pour cette période.

Examen clinique

Il est dominé par deux préoccupations :

- Recherche de causes possibles de modifications de l'hémogramme : état infectieux, parasitose, traitements médicamenteux, tabagisme important...
- Recherche systématique des motifs d'inaptitude (voir ci-dessous).

Examen hématologique

Il comporte : une numération des hématies, une numération des leucocytes, une formule leucocytaire, la recherche de cellules anormales de la lignée blanche et de la lignée rouge, le dosage de l'hémoglobine et la détermination de la valeur globulaire. Ces valeurs sont à comparer aux valeurs de références données en appendice II de l'arrêté du 28/8/91.

Nombre de globules rouges inférieur à $3\,700\,000/\text{mm}^3$ ou supérieur à $6\,000\,000/\text{mm}^3$

VGM de 83 à $98\ \mu\text{m}^3$

Nombre de globules blancs inférieur à $3\,500/\text{mm}^3$ ou supérieur à $11\,000/\text{mm}^3$

Plaquettes de $150\,000$ à $400\,000/\text{mm}^3$.

Taux de polynucléaires neutrophiles inférieur à $1\,800$ et supérieur à $9\,000/\text{mm}^3$.

Il est complété, si besoin, par : la détermination de l'hématocrite, les tests hémostatiques et un bilan hépatique et rénal (à l'embauche).

Examen radiologique pulmonaire

Pour les travailleurs soumis à un risque de contamination interne, l'examen radiologique doit être effectué (avec une radiographie standard et non plus une radiophotographie qui était 2 à 3 fois plus irradiante). Il peut être utilement complété par des épreuves fonctionnelles respiratoires.

Examens O.R.L., ophtalmologique, dermatologique

La nécessité de ces examens est appréciée en fonction des risques et des critères d'inaptitude. Le dépistage de la cataracte et d'une perforation

tympanique est resté traditionnel avant première exposition au risque d'irradiation externe.

Interprétation des résultats

Principes généraux

- Il convient d'être plus strict pour l'admission en zone contrôlée d'un travailleur n'ayant jamais été exposé que pour celle d'un sujet ayant déjà effectué des travaux sous rayonnement. Pour ce dernier, l'examen d'admission peut être assimilé à un contrôle périodique.
- Il est essentiel de différencier le risque d'irradiation de celui de contamination qui implique des motifs d'inaptitude médicaux plus nombreux. Ce dernier risque n'existe en principe que lors de la manipulation de sources non scellées.

Motifs d'inaptitude :

- Sang

Sont considérés comme inaptés, les travailleurs chez lesquels sont constatés d'une façon répétée les résultats anormaux par rapport aux valeurs de références de l'arrêté du 28/8/91 et tout autre signe susceptible de traduire une anomalie hématologique congénitale ou acquise, en ayant recours si nécessaire, à l'exécution d'un myélogramme et aux divers tests hématologiques complémentaires. Dans chaque cas, le médecin du travail devra apprécier s'il ne s'agit pas d'une variation liée au sexe ou constitutionnelle, en tenant compte, en particulier pour les taux extrêmes de polynucléaires neutrophiles, du nombre absolu de ces éléments.

- Téguments

Les lésions des téguments peuvent constituer une contre-indication à l'exposition aux risques de contamination externe : il faut tenir compte du siège, de l'étendue et du caractère évolutif des lésions. En cas de manipulation de sources non scellées, toute solution de continuité est une porte d'entrée potentielle à une contamination interne. L'apparition de troubles cutanés imputables aux rayonnements est une cause d'inaptitude, au moins temporaire.

- Appareil respiratoire

Tous les sujets présentant une atteinte respiratoire ayant un retentissement fonctionnelle risquant d'augmenter leur vulnérabilité à la contamination radioactive ont une contre-indication médicale.

- Nez, gorge, oreilles

Eliminer tout porteur d'affection entraînant un danger d'accumulation de poussières radioactives dans une cavité close. A cet égard : otorrhées, sinusites chroniques, perforations tympaniques doivent entraîner une inaptitude médicale au moins temporaire.

- Yeux

Les plaies oculaires constituent un motif d'inaptitude médicale temporaire. L'existence d'une cataracte préalable à la première affectation, de même que les petites opacités cristalliniennes ne constituent plus des contre-indications médicales formelles. Pour certains travaux (télémanipulateur, microscope, travail en boîte à gants ...), d'autres troubles peuvent constituer une contre-indication : amblyopie, dyschromatopsie, absence de vision stéréoscopique.

- Système nerveux

Doivent être considérés comme cause d'inaptitude médicale relative, dont il appartient au médecin du travail d'apprécier l'importance en fonction du poste de travail : tout risque de perte de connaissance (épilepsie en particulier), toute affection psychique sérieuse risquant d'entraîner des troubles graves du comportement, les états anxieux caractérisés (notamment pour les travaux en caisson ou comportant l'emploi de masques, de gants ou de vêtements protecteurs).

- Appareil digestif

Seul le risque de contamination est à considérer et pose un problème dans toutes les affections entraînant une solution de continuité de la barrière toxicologique.

- Foie et reins

L'atteinte des fonctions de détoxification hépatique ou rénale constitue une contre-indication médicale au risque de contamination. Leur mise en évidence peut exiger le recours aux tests biologiques permettant de faire un bilan hépatique ou rénal.

- Appareil cardio-vasculaire

Les affections qui peuvent entraîner une insuffisance cardiaque ou un danger de syncope peuvent constituer un motif d'inaptitude médicale relative.

- Endocrinologie, nutrition

Le diabète grave, mal équilibré, est en principe une contre-indication médicale au travail en zone contrôlée. Certains goitres nodulaires peuvent également constituer des contre-indications, en raison du danger particulier de contamination par l'iode 131 (cancer traités par de l'iode radioactive).

- Grossesse

- Les femmes en âge de procréer doivent être informées de l'intérêt qu'il y a, en cas de grossesse, de la déclarer le plus tôt possible. Dès que la grossesse est reconnue, l'intéressée ne peut être maintenue en zone contrôlée exposant à une irradiation de l'abdomen par des rayons pénétrants que si cette irradiation est telle que l'équivalent de dose reçue entre la déclaration de la grossesse et l'accouchement est inférieur à 10 mSv (2/10^e de la dose maximale admissible).
- Les femmes allaitantes ne doivent pas être maintenues à un poste exposant à un risque d'incorporation de radionucléides.

- Antécédents d'irradiation

Il faut tenir compte des irradiations antérieures, professionnelles ou non, qui sont susceptibles d'accroître de façon notable le risque d'apparition d'une affection grave.

Motifs de "mise en observation"

- Sont mis en observation les sujets pour lesquels l'un quelconque des motifs d'inaptitude est à la limite de ce que le médecin peut raisonnablement admettre. Ces travailleurs sont particulièrement "suivis".
- En ce qui concerne l'examen hématologique, sauf s'il s'agit de variations d'origine constitutionnelle, la mise en observation est décidée dès qu'il y a une variation minimale des résultats par rapport aux valeurs de références de l'arrêté du 28/8/91.
- La fréquence des examens est augmentée si les altérations chimiques ou biologiques le requièrent.
- Si les signes s'accroissent, le médecin apprécie s'il y a lieu de placer l'intéressé en position de catégorie B, de l'exclure complètement de la zone contrôlée, voire de demander un arrêt de travail pur et simple (mesures de rattrapage). Le médecin décide de même de l'éventualité de la reprise du travail et de son moment.

Les dossiers médicaux

Ils doivent être conservés pendant 30 ans après le départ du salarié. En cas de dissolution de l'entreprise, les dossiers doivent être confiés au médecin inspecteur régional du travail et de la main d'œuvre.

Maladies professionnelles :

les affections provoquées par les rayonnements ionisants sont inscrites au tableau n°6 du régime général. La victime doit avoir été occupée de façon habituelle aux travaux énumérés dans le tableau concerné ; elle bénéficie de la présomption d'imputabilité, aucun degré d'intensité ou de dose dangereuse n'étant requis.

ROLE DE L'EMPLOYEUR

L'employeur est responsable de l'application du Code du Travail dans l'établissement, en particulier en matière d'hygiène et de sécurité, dont la radioprotection constitue l'un des aspects qui fait l'objet du décret du 2 octobre 1986 et de ses arrêtés d'application.

Bien qu'il ne soit pas nommément désigné dans la totalité des articles de ce décret, il assume la responsabilité civile et pénale de son application, sauf pour ce qui concerne la responsabilité propre du médecin du travail.

Cette responsabilité peut être assez largement déléguée à la « personne compétente », sans que l'employeur ne soit jamais délié de sa responsabilité personnelle relative à l'application des mesures réglementaires administratives, techniques et médicales.

Mesures administratives

- Mise en œuvre de la procédure relative aux sources de rayonnements ionisants.
 - Demande d'autorisation pour les sources soumises à ce régime :
 - . radioéléments artificiels, quel que soit le domaine.
 - . équipements matériels lourds dans le domaine médical.
 - . installations classées dans le domaine non médical.
 - Demande d'agrément pour les sources à usage médical donnant lieu à une cotation sur des feuilles de soins (l'agrément conditionne le remboursement).
 - Déclaration simple pour les autres sources.
 - Inventaire permanent des sources dans l'établissement.
- Classement des travailleurs exposés.
- Désignation d'une personne compétente.
- Elaboration du règlement intérieur applicable en zone contrôlée et d'une notice écrite d'information des travailleurs appelés à y pénétrer. Affichage de ces consignes.
- Relations avec les instances extérieures. Déclaration des cas de dépassement des limites d'exposition.

Mesures techniques

- Délimitation d'une (ou plusieurs) zone contrôlée autour des sources de rayonnement, lorsque cela est nécessaire.
- Signalisation des sources.
- Mise en œuvre des moyens techniques de protection contre l'exposition externe et / ou interne des travailleurs.
- Mise en œuvre de la surveillance de l'exposition individuelle des travailleurs.
- Contrôle des sources de rayonnement ionisant et de l'élimination des sources mises hors service.

Mesures d'ordre médical

Mise en place de la surveillance médicale du personnel exposé.
Financement des examens médicaux généraux et spécialisés.
Relations avec le médecin du travail .

ROLE DE LA PERSONNE COMPETENTE EN RADIOPROTECTION

Désignation

- Où et quand ? Dans tout établissement soumis au Code du travail quand il utilise des sources de rayonnements ionisants.
- Par qui ? Par l'employeur ou son représentant légal.

- Comment ? Désignation explicite et formelle : le nom de la personne compétente doit être porté à la connaissance des travailleurs intéressés et mentionné sur les formulaires administratifs qui le prévoient.
- Qui peut être désigné ? Toute personne travaillant dans l'établissement, salariées ou non, et pouvant exercer valablement la surveillance réglementaire requise. Outre la formation, cela implique un niveau hiérarchique et une capacité de jugement suffisants pour lui permettre de s'imposer sans créer des tensions qui ne pourraient qu'aller à l'encontre de l'objectif de sécurité poursuivi.

Formation

- Quand ? En principe préalable à la désignation ; à défaut doit la suivre sans tarder. Les personnes compétentes en fonction dans un établissement où elles ont été désignées avant le 1^{er} octobre 1987, sont présumées avoir, sous la responsabilité de l'employeur, suivi la formation nécessaire.
- Où ? Dans l'un des organismes agréé par arrêté interministériel pour dispenser cette formation, l'agrément pouvant être limité en ce qui concerne les domaines et options accordés.
- Comment ? Programme à structure modulaire (Arrêté du 25 novembre 1987) comportant :
 - Un tronc commun (TC), avec 2 jours pour les principes, la réglementation, l'organisation, et 3 jours pour les rappels physiques et biologiques.
 - Une option A consacrée au risque d'exposition externe lié à l'utilisation des sources radioactives scellées et générateurs électriques de rayonnement, respectivement dans le domaine médical (A1 : 2 jours) et dans le domaine industriel (A2 : 2 jours).
 - Une option B consacrée au risque d'exposition interne lié à l'utilisation des sources radioactives non scellées, respectivement dans le domaine médical (B1 : 2 jours) et dans le domaine industriel (B2 : 2 jours).
 Les personnes titulaires de certains diplômes peuvent être dispensées des aspects techniques de la formation, mais en aucun cas des deux jours consacrés aux dispositions normatives, réglementaires et d'organisation.

Rôle

- Effectuer l'analyse des postes de travail exposés sous l'angle des matériels, des procédés et de l'organisation, de telle sorte que les expositions professionnelles individuelles et collectives soient maintenues aussi bas qu'il est raisonnablement possible, en dessous des limites réglementaires.
Cet effort de réflexion doit donc être dicté par le bon sens, en visant à optimiser la sécurité des postes de travail dans une perspective globale.
La mise à jour doit être opérée avec une périodicité qui dépend du niveau d'exposition, ce qui n'exclut pas une vigilance soutenue.
- Veiller au respect des mesures de protection contre les rayonnements ionisants. A cette fin, la personne compétente doit connaître les prescriptions réglementaires applicables au domaine considéré et singulièrement les obligations imposées à l'employeur, a fortiori celles pour lesquelles la personne compétente est expressément citée :

- Certains contrôles des sources scellées
 - Contrôles des sources non scellées
 - Contrôles d'ambiance
 - Contrôles consécutifs au dépassement des limites réglementaires
 - Rédaction, en collaboration avec le médecin du travail, de la fiche relative aux conditions de travail
- Recenser les situations ou les modes de travail susceptibles de conduire à des expositions exceptionnelles ou accidentelles des travailleurs : élaborer un plan d'intervention en cas d'accident et être apte à le mettre en œuvre et à prendre les premières mesures d'urgence.
Il est évident que la portée de ce recensement est largement fonction du domaine d'activité considéré et que le rôle de la personne compétente à ce sujet est radicalement différent dans un établissement de soins et dans une entreprise industrielle.
 - Participer à la formation à la sécurité des travailleurs exposés.
L'organisation de cette formation, pratique et appropriée, est obligatoire (Article L 231-3-1 du code du travail). L'étendue de cette obligation varie selon la taille de l'établissement, la nature de son activité, le caractère des risques qui y sont constatés et le type des emplois occupés par les salariés concernés.

Le rôle de la personne compétente est donc à la fois administratif et technique. Elle agit sous la responsabilité de l'employeur et n'est donc en principe responsable que devant lui. Mais, en cas d'incident, la question du partage des responsabilités ne manquerait pas d'être posée.

Liaisons

- Internes.
 - Avec l'employeur auquel elle rend compte (pour mémoire)
 - Avec le CHSCT (ou, à défaut, avec les délégués du personnel) : la liaison est institutionnelle.
 - Avec le médecin du travail, la coopération est étroite pour toutes les questions de radioprotection collective ou individuelle et, en particulier, pour la rédaction de la fiche relative aux conditions de travail.
 - Avec la hiérarchie et, en particulier, avec le chef de service dans les hôpitaux. Les liaisons doivent être fructueuses lorsqu'elles sont empreintes de tact et de mesure, ce qui est précisément le cas pour les radiophysiciens, qui sont fréquemment désignés en qualité de personne compétente.
 - Avec le personnel exposé pour lequel la personne compétente est à la fois un formateur et un conseiller.
- Externes.
 - Formation du médecin (spécialité, décret...)
 - Formation de la personne radiocompétente
 - Examens de surveillance

CARACTERISTIQUES DE CERTAINES SOURCES NON SCELLEES

Soufre 35

Caractéristiques physiques :

Période radioactive : 87,5 jours
Activité massique : $1,6 \cdot 10^{15} \text{ Bq.g}^{-1}$

Principales émissions :

Type	Energie (keV)	Pourcentage d'émission
Bêta ⁻ (E max.)	168	100
Gamma	-	
X	-	

Groupe de radiotoxicité : 4 (radiotoxicité faible)

Evaluation du risque :

Exposition externe : sans objet

Exposition interne :

Le tableau présente les limites annuelles d'incorporation (LAI) pour l'exposition professionnelle par inhalation ou ingestion et les limites dérivées de concentrations dans l'air (LDCA) pour une exposition professionnelle de 2000 h par an (décret n° 88-521 du 18/04/88).

Voie d'incorporation	Forme chimique	LAI (Bq)	LDCA (Bq.m ⁻³)
Inhalation	Sulfures et sulfates autres que ci-dessous	$6 \cdot 10^8$	$3 \cdot 10^5$
	Soufre élémentaire et sulfures de Sr, Ba, Ge, Sn, Pb, As, Sb, Bi, Cu, Ag, Au, Zn, Cd, Hg, Mo, W, et sulfates de Ca, Sr, Ba, Ra, As, Sb, Bi	$8 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^4$
	Vapeurs de SO ₂ , COS, H ₂ S, CS ₂	$5 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^5$
Ingestion	Tous les composés inorganiques	$4 \cdot 10^8$	-
	Soufre élémentaire	$2 \cdot 10^8$	-

Les limites applicables aux molécules marquées sont plus restrictives surtout s'il s'agit de molécules ayant un tropisme pour les structures nobles, par exemple, les chromosomes. Un facteur d'abaissement des limites de 50 est recommandé dans ces cas les plus pénalisants.

Fer 59

Caractéristiques physiques :

Période radioactive : 44,5 jours

Activité massique : $1,18.10^{15}$ Bq.g⁻¹

Principales émissions :

Type	Energie (keV)	Pourcentage d'émission
Bêta ⁻ (E max.)	131	1
	273	46
	466	53
Gamma	192	3
	1099	56
	1292	44

Groupe de radiotoxicité : 3 (radiotoxicité modérée)

Evaluation du risque :

Exposition externe :

Le tableau donne le débit d'équivalent de dose en microSv/heure, délivré par une source de 1MBq sans protection, en fonction de la distance.

Distance	10 cm	100 cm
Débit de dose (Bêta)	930	0
Débit de dose (Gamma)	18	$1,8.10^{-1}$

Exposition interne :

Le tableau présente les limites annuelles d'incorporation (LAI) pour l'exposition professionnelle par inhalation ou ingestion et les limites dérivées de concentrations dans l'air (LDCA) pour une exposition professionnelle de 2000 h par an (décret n° 88-521 du 18/04/88).

Voie d'incorporation	Forme chimique	LAI (Bq)	LDCA (Bq.m ⁻³)
Inhalation	Tous les composés sauf ci-dessous	10^7	5.10^3
	Oxydes, hydroxydes, halogénures	2.10^7	8.10^3
Ingestion	Tous les composés	3.10^7	-

Les limites applicables aux molécules marquées sont plus restrictives surtout s'il s'agit de molécules ayant un tropisme pour les structures nobles, par exemple, les chromosomes. Un facteur d'abaissement des limites de 50 est recommandé dans ces cas les plus pénalisants.

Dose engagée à l'Organisme Entier : $4,0.10^{-9}$ Sv/Bq inhalé.

Dose engagée à la Rate : $8,4.10^{-9}$ Sv/Bq inhalé.

Contamination externe de la peau :

Une contamination superficielle de 1 kBq/cm² de peau délivre un débit d'équivalent de dose à l'épiderme de 1 mSv/heure, soit, pour une contamination homogène (37 kBq/cm²) : 3,6 cSv/heure et pour une goutte (37 kBq) : 1,1 cSv/heure.

Protections :

Emissions Bêta / Electron (Absorption totale)	Verre (mm)	0,6
	Plastique (mm)	1,1
Emissions Gamma / X (Atténuation d'un facteur 10)	Plomb (cm)	4,4
	Acier (cm)	9,1

Détection et Limites Pratiques de Contamination :

Sondes préconisées			
Alpha	Bêta mou	Gamma	X
	++	++	+

Contamination Labile : LPCL 50 Bq/cm²
Contamination Fixée : LPCF 70 Bq/cm²

Activités maximales manipulables (Bq) :

Forme physico-chimique	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE					
	f	Zone surveillée		Zone contrôlée		
		paillasse	sorbonne	paillasse	sorbonne	boîte à gants
Tous les composés	0,01	1.10 ⁶	1.10 ⁷	3.10 ⁶	3.10 ⁷	3.10 ⁹

f : facteur de pondération qui tient compte de la volatilité du produit.

Surveillance du personnel :

La surveillance individuelle réglementaire d'exposition à mettre en œuvre dans le cadre du dossier médical spécial des travailleurs de catégorie A est la suivante :

- exposition externe : dosimétrie photographique individuelle.
Pour l'étude de l'exposition des extrémités à certaines postes de travail, on peut mettre en œuvre des dosimètres bagues thermoluminescents.
- exposition interne : analyse radiotoxicologique urinaire ; examen anthropogammamétrique.

Sodium 22

Caractéristiques physiques :

Période radioactive : 2,6 ans
Activité massique : $2,3 \cdot 10^{14}$ Bq.g⁻¹

Principales émissions :

Type	Energie (keV)	Pourcentage d'émission
Bêta + (E max.)	546	90
Gamma	511	181
	1275	100

Groupe de radiotoxicité : 3 (radiotoxicité modérée)

Evaluation du risque :

Exposition externe :

Le tableau donne le débit d'équivalent de dose en micoSv/heure, délivré par une source de 1MBq sans protection, en fonction de la distance.

Distance	10 cm	100 cm
Débit de dose (Bêta)	1100	0
Débit de dose (Gamma)	34	0,34

Exposition interne :

Le tableau présente les limites annuelles d'incorporation (LAI) pour l'exposition professionnelle par inhalation ou ingestion et les limites dérivées de concentrations dans l'air (LDCA) pour une exposition professionnelle de 2000 h par an (décret n° 88-521 du 18/04/88).

Voie d'incorporation	Forme chimique	LAI (Bq)	LDCA (Bq.m ⁻³)
Inhalation	Tous les composés	$2 \cdot 10^7$	10^4
Ingestion	Tous les composés	$2 \cdot 10^7$	-

Les limites applicables aux molécules marquées sont plus restrictives surtout s'il s'agit de molécules ayant un tropisme pour les structures nobles, par exemple, les chromosomes. Un facteur d'abaissement des limites de 50 est recommandé dans ces cas les plus pénalisants.

Dose engagée à l'Organisme Entier : $2,3 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq inhalé.
Dose engagée à la Moelle Rouge : $4,1 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq inhalé.

Contamination externe de la peau :

Une contamination superficielle de 1 kBq/cm² de peau délivre un débit d'équivalent de dose à l'épiderme de 1,7 mSv/heure, soit, pour une contamination homogène (37 kBq/cm²) : 6,2 cSv/heure et pour une goutte (37 kBq) : 2,5 cSv/heure.

Protections :

Emissions Bêta / Electron (Absorption totale)	Verre (mm)	0,7
	Plastique (mm)	1,4
Emissions Gamma / X (Atténuation d'un facteur 10)	Plomb (cm)	3,6
	Acier (cm)	7,9

Détection et Limites Pratiques de Contamination :

Sondes préconisées			
Alpha	Bêta	Gamma	X
	++	++	+

Contamination Labile : LPCL 30 Bq/cm²

Contamination Fixée : LPCF 40 Bq/cm²

Activités maximales manipulables (Bq) :

Forme physico-chimique	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE					
	f	Zone surveillée		Zone contrôlée		
		paillasse	sorbonne	paillasse	sorbonne	boîte à gants
Tous les composés	0,01	6.10 ⁵	6.10 ⁶	2.10 ⁶	2.10 ⁷	2.10 ⁹

f : facteur de pondération qui tient compte de la volatilité du produit.

Surveillance du personnel :

La surveillance individuelle réglementaire d'exposition à mettre en œuvre dans le cadre du dossier médical spécial des travailleurs de catégorie A est la suivante :

- exposition externe : dosimétrie photographique individuelle.
Pour l'étude de l'exposition des extrémités à certaines postes de travail, on peut mettre en œuvre des dosimètres bagues thermoluminescents.
- exposition interne : analyse radiotoxicologique urinaire ; examen anthropogammamétrique.

Sodium 24

Caractéristiques physiques :

Période radioactive : 15 heures
Activité massique : $3,2 \cdot 10^{17} \text{ Bq.g}^{-1}$

Principales émissions :

Type	Energie (keV)	Pourcentage d'émission
Bêta ⁻ (E max.)	100	100
Gamma	1369	100
	2754	100

Groupe de radiotoxicité : 3 (radiotoxicité modérée)

Evaluation du risque :

Exposition externe :

Le tableau donne le débit d'équivalent de dose en micoSv/heure, délivré par une source de 1MBq sans protection, en fonction de la distance.

Distance	10 cm	100 cm
Débit de dose (Bêta)	830	8
Débit de dose (Gamma)	50	0,5

Exposition interne :

Le tableau présente les limites annuelles d'incorporation (LAI) pour l'exposition professionnelle par inhalation ou ingestion et les limites dérivées de concentrations dans l'air (LDCA) pour une exposition professionnelle de 2000 h par an (décret n° 88-521 du 18/04/88).

Voie d'incorporation	Forme chimique	LAI (Bq)	LDCA (Bq.m ⁻³)
Inhalation	Tous les composés	$2 \cdot 10^8$	$8 \cdot 10^4$
Ingestion	Tous les composés	10^8	-

Les limites applicables aux molécules marquées sont plus restrictives surtout s'il s'agit de molécules ayant un tropisme pour les structures nobles, par exemple, les chromosomes. Un facteur d'abaissement des limites de 50 est recommandé dans ces cas les plus pénalisants.

Dose engagée à l'Organisme Entier : $3,4 \cdot 10^{-10} \text{ Sv/Bq}$ inhalé.

Dose engagée aux Poumons : $1,2 \cdot 10^{-9} \text{ Sv/Bq}$ inhalé.

Contamination externe de la peau :

Une contamination superficielle de 1 kBq/cm^2 de peau délivre un débit d'équivalent de dose à l'épiderme de 2,2 mSv/heure, soit, pour une contamination homogène (37 kBq/cm^2) : 8,2 cSv/heure et pour une goutte (37 kBq) : 4,8 cSv/heure.

Protections :

Emissions Bêta / Electron (Absorption totale)	Verre (mm)	2,5
	Plastique (mm)	4,7
Emissions Gamma / X (Atténuation d'un facteur 10)	Plomb (cm)	5,6
	Acier (cm)	10,9

Détection et Limites Pratiques de Contamination :

Sondes préconisées			
Alpha	Bêta	Gamma	X
	++	++	+

Contamination Labile : LPCL $\overline{20}$ Bq/cm²

Contamination Fixée : LPCF $\overline{20}$ Bq/cm²

Activités maximales manipulables (Bq) :

Forme physico-chimique	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE					
	f	Zone surveillée		Zone contrôlée		
		paillasse	Sorbonne	paillasse	sorbonne	boîte à gants
Tous les composés	0,01	5.10 ⁵	5.10 ⁶	1.10 ⁶	1.10 ⁷	1.10 ⁹

f : facteur de pondération qui tient compte de la volatilité du produit.

Surveillance du personnel :

La surveillance individuelle réglementaire d'exposition à mettre en œuvre dans le cadre du dossier médical spécial des travailleurs de catégorie A est la suivante :

- exposition externe : dosimétrie photographique individuelle.
Pour l'étude de l'exposition des extrémités à certaines postes de travail, on peut mettre en œuvre des dosimètres bagues thermoluminescents.
- exposition interne : analyse radiotoxicologique urinaire ; examen anthropogammamétrique.

Iode 125

Caractéristiques physiques :

Période radioactive : 59,9 jours
Activité massique : $6,4 \cdot 10^{14}$ Bq.g⁻¹

Principales émissions :

Type	Energie (keV)	Pourcentage d'émission
Electron	26,3	37,4
X	28	139
Gamma	35,5	6,7

Groupe de radiotoxicité : 2 (radiotoxicité forte)

Evaluation du risque :

Exposition externe :

Le tableau donne le débit d'équivalent de dose en microSv/heure, délivré par une source de 1MBq sans protection, en fonction de la distance.

Distance	10 cm	100 cm
Débit de dose (Bêta)	2,9	0,03

Exposition interne :

Le tableau présente les limites annuelles d'incorporation (LAI) pour l'exposition professionnelle par inhalation ou ingestion et les limites dérivées de concentrations dans l'air (LDCA) pour une exposition professionnelle de 2000 h par an (décret n° 88-521 du 18/04/88).

Voie d'incorporation	Forme chimique	LAI (Bq)	LDCA (Bq.m ⁻³)
Inhalation	Tous les composés	$2 \cdot 10^6$	10^3
Ingestion	Tous les composés	10^6	-

Les limites applicables aux molécules marquées sont plus restrictives surtout s'il s'agit de molécules ayant un tropisme pour les structures nobles, par exemple, les chromosomes. Un facteur d'abaissement des limites de 50 est recommandé dans ces cas les plus pénalisants.

Dose engagée à l'Organisme Entier : $5,9 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq inhalé.

Dose engagée à la Thyroïde : $2,0 \cdot 10^{-7}$ Sv/Bq inhalé.

Contamination externe de la peau :

Une contamination superficielle de 1 kBq/cm² de peau délivre un débit d'équivalent de dose à l'épiderme de 21 microSv/heure, soit, pour une contamination homogène (37 kBq/cm²) : 0,078 cSv/heure et pour une goutte (37 kBq) : 0,023 cSv/heure.

Protections :

Emissions Bêta / Electron (Absorption totale)	Verre (mm)	< 0,1
	Plastique (mm)	< 0,1
Emissions Gamma / X (Atténuation d'un facteur 10)	Plomb (cm)	< 0,1
	Acier (cm)	< 0,1

Pour atténuer les photons d'un facteur 10^6 , il faut 1 mm de plomb. Pour les atténuer d'un facteur 100, il faut 5 mm de verre.

Détection et Limites Pratiques de Contamination :

Sondes préconisées			
Alpha	Bêta	Gamma	X
			++

Contamination Labile : LPCL 30 Bq/cm²
Contamination Fixée : LPCF $3 \cdot 10^3$ Bq/cm²

Activités maximales manipulables (Bq) :

Forme physico-chimique	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE					
	f	Zone surveillée		Zone contrôlée		
		paillasse	sorbonne	paillasse	sorbonne	boîte à gants
Tous les composés	0,01	$6 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^7$	$2 \cdot 10^9$
« Sous forme instable »	1	Interdit	$7 \cdot 10^4$	Interdit	$2 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^7$

f : facteur de pondération qui tient compte de la volatilité du produit.

Surveillance du personnel :

La surveillance individuelle réglementaire d'exposition à mettre en œuvre dans le cadre du dossier médical spécial des travailleurs de catégorie A est la suivante :

- exposition externe : dosimétrie photographique individuelle.
Pour l'étude de l'exposition des extrémités à certaines postes de travail, on peut mettre en œuvre des dosimètres bagues thermoluminescents.
- exposition interne : analyse radiotoxicologique urinaire ; examen anthropogammamétrique de la thyroïde.

Iode 131

Caractéristiques physiques :

Période radioactive : 8 jours
Activité massique : $4,6 \cdot 10^{15}$ Bq.g⁻¹

Principales émissions :

Type	Energie (keV)	Pourcentage d'émission
Electron (conversion)	45,6	3,5
Bêta ⁻ (E max.)	248	2,1
	329	1,5
	334	7,4
	606	89,5
	Gamma	80,2
	284,3	6,1
	364,5	81,3
	637	7,1
	722,9	1,8

Groupe de radiotoxicité : 2 (radiotoxicité forte)

Evaluation du risque :

Exposition externe :

Le tableau donne le débit d'équivalent de dose en microSv/heure, délivré par une source de 1MBq sans protection, en fonction de la distance.

Distance	10 cm	100 cm
Débit de dose (Bêta)	$1,2 \cdot 10^3$	$4,1 \cdot 10^{-1}$
Débit de dose (Gamma)	5,7	$5,4 \cdot 10^{-2}$

Exposition interne :

Le tableau présente les limites annuelles d'incorporation (LAI) pour l'exposition professionnelle par inhalation ou ingestion et les limites dérivées de concentrations dans l'air (LDCA) pour une exposition professionnelle de 2000 h par an (décret n° 88-521 du 18/04/88).

Voie d'incorporation	Forme chimique	LAI (Bq)	LDCA (Bq.m ⁻³)
Inhalation	Tous les composés	$2 \cdot 10^6$	$7 \cdot 10^2$
Ingestion	Tous les composés	$1 \cdot 10^6$	-

Les limites applicables aux molécules marquées sont plus restrictives surtout s'il s'agit de molécules ayant un tropisme pour les structures nobles, par exemple, les chromosomes. Un facteur d'abaissement des limites de 50 est recommandé dans ces cas les plus pénalisants.

Dose engagée à l'Organisme Entier : $8,1 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq inhalé.
 Dose engagée à la Thyroïde : $2,7 \cdot 10^{-7}$ Sv/Bq inhalé.

Contamination externe de la peau :

Une contamination superficielle de 1 kBq/cm² de peau délivre un débit d'équivalent de dose à l'épiderme de 1,6 mSv/heure, soit, pour une contamination homogène (37 kBq/cm²) : 6 cSv/heure et pour une goutte (37 kBq) : 2,1 cSv/heure.

Protections :

Emissions Bêta / Electron (Absorption totale)	Verre (mm)	0,8
	Plastique (mm)	1,6
Emissions Gamma / X (Atténuation d'un facteur 10)	Plomb (cm)	1,1
	Acier (cm)	5,8

Détection et Limites Pratiques de Contamination :

Sondes préconisées			
Alpha	Bêta	Gamma	X
	++	++	++

Contamination Labile : LPCL 20 Bq/cm²
 Contamination Fixée : LPCF 200 Bq/cm²

Activités maximales manipulables (Bq) :

Forme physico-chimique	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE					
	f	Zone surveillée		Zone contrôlée		
		paillasse	sorbonne	paillasse	sorbonne	boîte à gants
Tous les composés	0,01	$4 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^9$
« Sous forme instable »	1	Interdit	$7 \cdot 10^4$	Interdit	$2 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^7$

f : facteur de pondération qui tient compte de la volatilité du produit.

Surveillance du personnel :

La surveillance individuelle réglementaire d'exposition à mettre en œuvre dans le cadre du dossier médical spécial des travailleurs de catégorie A est la suivante :

- exposition externe : dosimétrie photographique individuelle.
 Pour l'étude de l'exposition des extrémités à certaines postes de travail, on peut mettre en œuvre des dosimètres bagues thermoluminescents.
- exposition interne : analyse radiotoxicologique urinaire ; examen anthropogammamétrique de la thyroïde.

Tritium

Caractéristiques physiques :

Période radioactive : 12,34 ans

Activité massique : $3,57 \cdot 10^{14}$ Bq.g⁻¹

Principales émissions :

Type	Energie (keV)	Pourcentage d'émission
Bêta ⁻ (E max.)	18,6	100

Groupe de radiotoxicité : 4 (radiotoxicité faible)

Evaluation du risque :

Exposition externe : Sans objet

Exposition interne :

Le tableau présente les limites annuelles d'incorporation (LAI) pour l'exposition professionnelle par inhalation ou ingestion et les limites dérivées de concentrations dans l'air (LDCA) pour une exposition professionnelle de 2000 h par an (décret n° 88-521 du 18/04/88).

Voie d'incorporation	Forme chimique	LAI (Bq)	LDCA (Bq.m ⁻³)
Inhalation	Eau tritiée	$3 \cdot 10^9$	$8 \cdot 10^5$
	Tritium élémentaire		$2 \cdot 10^{10}$
Ingestion	Eau tritiée	$3 \cdot 10^9$	-

Les limites applicables aux molécules marquées sont plus restrictives surtout s'il s'agit de molécules ayant un tropisme pour les structures nobles, par exemple, les chromosomes. Un facteur d'abaissement des limites de 50 est recommandé dans ces cas les plus pénalisants.

Dose engagée à l'Organisme Entier : $1,6 \cdot 10^{-11}$ Sv/Bq inhalé.

Contamination externe de la peau :

Uniquement risque de pénétration à travers la peau (voie cutanée), soit, pour une contamination homogène (37 kBq/cm^2) : 0 cSv/heure et pour une goutte (37 kBq) : 0 cSv/heure.

Protections :

Emissions Bêta / Electron (Absorption totale)

Verre (mm)

$< 0,1$

Plastique (mm)

$< 0,1$

Détection et Limites Pratiques de Contamination :

Sondes préconisées
Frottis + Scintillation liquide

Contamination Labile : LPCL 5.10^4 Bq/cm²

Activités maximales manipulables (Bq) :

Forme physico-chimique	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE					
	f	Zone surveillée		Zone contrôlée		
		paillasse	sorbonne	paillasse	sorbonne	boîte à gants
Tous les composés	0,01	1.10^7	1.10^8	3.10^7	3.10^8	3.10^{10}
« Sous forme instable »	1	Interdit	1.10^8	Interdit	3.10^8	3.10^{10}

f : facteur de pondération qui tient compte de la volatilité du produit.

Surveillance du personnel :

La surveillance individuelle réglementaire d'exposition à mettre en œuvre dans le cadre du dossier médical spécial des travailleurs de catégorie A est la suivante :

- exposition externe : sans objet.
- exposition interne : analyse radiotoxicologique urinaire.

Carbone 14

Caractéristiques physiques :

Période radioactive : 5730 ans

Activité massique : $1,65.10^{11}$ Bq.g⁻¹

Principales émissions :

Type	Energie (keV)	Pourcentage d'émission
Bêta ⁻ (E max.)	156	100

Groupe de radiotoxicité : 3 (radiotoxicité modérée)

Evaluation du risque :

Exposition externe : Sans objet

Exposition interne :

Le tableau présente les limites annuelles d'incorporation (LAI) pour l'exposition professionnelle par inhalation ou ingestion et les limites dérivées de concentrations dans l'air (LDCA) pour une exposition professionnelle de 2000 h par an (décret n° 88-521 du 18/04/88).

Voie d'incorporation	Forme chimique	LAI (Bq)	LDCA (Bq.m ⁻³)
Inhalation	Tous les composés sauf CO – CO ₂	9.10^7	4.10^4
	<u>CO</u>	6.10^{10}	3.10^7
	CO ₂	8.10^9	3.10^6
Ingestion	<u>TOUS LES COMPOSES</u> sauf CO – CO ₂	9.10^7	-

Les limites applicables aux molécules marquées sont plus restrictives surtout s'il s'agit de molécules ayant un tropisme pour les structures nobles, par exemple, les chromosomes. Un facteur d'abaissement des limites de 50 est recommandé dans ces cas les plus pénalisants.

Dose engagée à l'Organisme Entier : $5,7.10^{-10}$ Sv/Bq inhalé.

Contamination externe de la peau :

Une contamination superficielle de 1 kBq/cm² de peau délivre un débit d'équivalent de dose à l'épiderme de 320 microSv/heure, soit, pour une contamination homogène (37 kBq/cm²) : 1,2 cSv/heure et pour une goutte (37 kBq) : 0,010 cSv/heure.

Protections :

Emissions Bêta / Electron (Absorption totale)

Verre (mm)

0,2

Plastique (mm)

0,3

Détection et Limites Pratiques de Contamination :

Sondes préconisées			
Alpha	Bêta mou	Gamma	X
	++		

Contamination Labile : LPCL 600 Bq/cm^2
Contamination Fixée : LPCF 6.10^4 Bq/cm^2

Activités maximales manipulables (Bq) :

Forme physico-chimique	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE					
	f	Zone surveillée		Zone contrôlée		
		paillasse	sorbonne	paillasse	sorbonne	boîte à gants
Tous les composés	0,01	3.10^7	3.10^8	9.10^7	9.10^8	5.10^9
« Sous forme instable »	1	Interdit	3.10^8	Interdit	8.10^8	5.10^9

f : facteur de pondération qui tient compte de la volatilité du produit.

Surveillance du personnel :

La surveillance individuelle réglementaire d'exposition à mettre en œuvre dans le cadre du dossier médical spécial des travailleurs de catégorie A est la suivante :

- exposition externe : Sans objet.
- exposition interne : analyse radiotoxicologique urinaire.

Phosphore 32

Caractéristiques physiques :

Période radioactive : 14,3 jours
Activité massique : $1,05 \cdot 10^{16}$ Bq.g⁻¹

Principales émissions :

Type	Energie (keV)	Pourcentage d'émission
Bêta ⁻ (E max.)	170	100

Groupe de radiotoxicité : 3 (radiotoxicité modérée)

Evaluation du risque :

Exposition externe :

Le tableau donne le débit d'équivalent de dose en mSv/heure, délivré par une source de 1MBq sans protection, en fonction de la distance.

Distance	10 cm	100 cm
Débit de dose (bêta)	1070	9,5

Exposition interne :

Le tableau présente les limites annuelles d'incorporation (LAI) pour l'exposition professionnelle par inhalation ou ingestion et les limites dérivées de concentrations dans l'air (LDCA) pour une exposition professionnelle de 2000 h par an (décret n° 88-521 du 18/04/88).

Voie d'incorporation	Forme chimique	LAI (Bq)	LDCA (Bq.m ⁻³)
Inhalation	Phosphates	$1 \cdot 10^7$	$6 \cdot 10^3$
	Tous les autres composés	$3 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^4$
Ingestion	Tous les composés	$2 \cdot 10^7$	-

Les limites applicables aux molécules marquées sont plus restrictives surtout s'il s'agit de molécules ayant un tropisme pour les structures nobles, par exemple, les chromosomes. Un facteur d'abaissement des limites de 50 est recommandé dans ces cas les plus pénalisants.

Dose engagée à l'Organisme Entier : $4 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq inhalé.

Dose engagée aux Poumons : $2,6 \cdot 10^{-8}$ Sv/Bq inhalé.

Contamination externe de la peau :

Une contamination superficielle de 1 kBq/cm² de peau délivre un débit d'équivalent de dose à l'épiderme de 1,9 mSv/heure, soit, pour une contamination homogène (37 kBq/cm²) : 7 cSv/heure et pour une goutte (37 kBq) 4,9 cSv/heure.

Protections :

Emissions Bêta / Electron (Absorption totale)

Verre (mm)

3,3

Plastique (mm)

6,2

Détection et Limites Pratiques de Contamination :

Sondes préconisées			
Alpha	Bêta mou	Gamma	X
	++		++

Contamination Labile : LPCL 70 Bq/cm²

Contamination Fixée : LPCF 800 Bq/cm²

Activités maximales manipulables (Bq) :

Forme physico-chimique	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE					
	f	Zone surveillée		Zone contrôlée		
		paillasse	Sorbonne	paillasse	sorbonne	boîte à gants
Tous les composés	0,01	6.10 ⁵	6.10 ⁶	2.10 ⁶	2.10 ⁷	2.10 ⁹

f : facteur de pondération qui tient compte de la volatilité du produit.

Surveillance du personnel :

La surveillance individuelle réglementaire d'exposition à mettre en œuvre dans le cadre du dossier médical spécial des travailleurs de catégorie A est la suivante :

- exposition externe : dosimétrie photographique individuelle.
Pour l'étude de l'exposition des extrémités à certaines postes de travail, on peut mettre en œuvre des dosimètres bagues thermoluminescents.
- exposition interne : analyse radiotoxicologique urinaire.

Phosphore 33

Caractéristiques physiques :

Période radioactive : 25,6 jours
Activité massique : $5,7 \cdot 10^{15}$ Bq.g⁻¹

Principales émissions :

Type	Energie (keV)	Pourcentage d'émission
Bêta ⁻ (E max.)	249	100

Groupe de radiotoxicité : 3 (radiotoxicité modérée)

Evaluation du risque :

Exposition externe :

Le tableau donne le débit d'équivalent de dose en microSv/heure, délivré par une source de 1MBq sans protection, en fonction de la distance.

Distance	10 cm	100 cm
Débit de dose (bêta)	530	0

Exposition interne :

Le tableau présente les limites annuelles d'incorporation (LAI) pour l'exposition professionnelle par inhalation ou ingestion et les limites dérivées de concentrations dans l'air (LDCA) pour une exposition professionnelle de 2000 h par an (décret n° 88-521 du 18/04/88).

Voie d'incorporation	Forme chimique	LAI (Bq)	LDCA (Bq.m ⁻³)
Inhalation	Tous les composés sauf ceux de Bi ⁺⁺⁺ , de Zn ⁺⁺ , Sn ⁺⁺⁺ , Fe ⁺⁺⁺ , Mg ⁺⁺⁺ , et de lanthanides	$3 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^5$
	Phosphates de Bi ⁺⁺⁺ , de Zn ⁺⁺ , Sn ⁺⁺⁺ , Fe ⁺⁺⁺ , Mg ⁺⁺⁺ , et de lanthanides	$1 \cdot 10^8$	$4 \cdot 10^4$
Ingestion	Tous les composés	$2 \cdot 10^8$	-

Les limites applicables aux molécules marquées sont plus restrictives surtout s'il s'agit de molécules ayant un tropisme pour les structures nobles, par exemple, les chromosomes. Un facteur d'abaissement des limites de 50 est recommandé dans ces cas les plus pénalisants.

Dose engagée à l'Organisme Entier : $6,3 \cdot 10^{-10}$ Sv/Bq inhalé.

Dose engagée aux Poumons : $4,2 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq inhalé.

Contamination externe de la peau :

Une contamination superficielle de 1 kBq/cm² de peau délivre un débit d'équivalent de dose à l'épiderme de 860 microSv/heure, soit, pour une contamination homogène (37 kBq/cm²) : 3,2 cSv/heure et pour une goutte (37 kBq) : 0,51 cSv/heure.

Protections :

Emissions Bêta / Electron (Absorption totale)

Verre (mm)

0,3

Plastique (mm)

0,6

Détection et Limites Pratiques de Contamination :

Sondes préconisées			
Alpha	Bêta mou	Gamma	X
	++		

Contamination Labile : LPCL 300 Bq/cm²

Contamination Fixée : LPCF 3.10⁴ Bq/cm²

Activités maximales manipulables (Bq) :

Forme physico-chimique	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE					
	f	Zone surveillée		Zone contrôlée		
		paillasse	Sorbonne	paillasse	sorbonne	boîte à gants
Phosphates de Bi ⁺⁺⁺ , de Zn ⁺⁺ , Sn ⁺⁺⁺ , Fe ⁺⁺⁺ , Mg ⁺⁺⁺ , et de lanthanides	0,01	3.10 ⁷	3.10 ⁸	1.10 ⁸	1.10 ⁹	5.10 ⁹
Autres composés	0,01	1.10 ⁸	1.10 ⁹	3.10 ⁸	3.10 ⁹	5.10 ⁹

f : facteur de pondération qui tient compte de la volatilité du produit.

Surveillance du personnel :

La surveillance individuelle réglementaire d'exposition à mettre en œuvre dans le cadre du dossier médical spécial des travailleurs de catégorie A est la suivante :

- exposition externe : sans objet.
- exposition interne : analyse radiotoxicologique urinaire.

Chrome 51

Caractéristiques physiques :

Période radioactive : 27,7 jours
Activité massique : $3,4 \cdot 10^{15}$ Bq.g⁻¹

Principales émissions :

Type	Energie (keV)	Pourcentage d'émission
Electron	4,4	67
X	5,0	20
Gamma	320	10

Groupe de radiotoxicité : 4 (radiotoxicité faible)

Evaluation du risque :

Exposition externe :

Le tableau donne le débit d'équivalent de dose en microSv/heure, délivré par une source de 1MBq sans protection, en fonction de la distance.

Distance	10 cm	100 cm
Débit de dose (Gamma)	$5 \cdot 10^{-1}$	$5 \cdot 10^{-3}$

Exposition interne :

Le tableau présente les limites annuelles d'incorporation (LAI) pour l'exposition professionnelle par inhalation ou ingestion et les limites dérivées de concentrations dans l'air (LDCA) pour une exposition professionnelle de 2000 h par an (décret n° 88-521 du 18/04/88).

Voie d'incorporation	Forme chimique	LAI (Bq)	LDCA (Bq.m ⁻³)
Inhalation	Tous les composés sauf ci-dessous	$2 \cdot 10^9$	$7 \cdot 10^5$
	Halogénures et nitrates	$9 \cdot 10^8$	$4 \cdot 10^5$
	Oxydes et hydroxydes	$7 \cdot 10^8$	$3 \cdot 10^5$
Ingestion	Les composés du chrome III et VI	10^9	-

Les limites applicables aux molécules marquées sont plus restrictives surtout s'il s'agit de molécules ayant un tropisme pour les structures nobles, par exemple, les chromosomes. Un facteur d'abaissement des limites de 50 est recommandé dans ces cas les plus pénalisants.

Dose engagée à l'Organisme Entier : $7,1 \cdot 10^{-11}$ Sv/Bq inhalé.

Dose engagée aux Poumons : $3,8 \cdot 10^{-10}$ Sv/Bq inhalé.

Contamination externe de la peau :

Une contamination superficielle de 1 kBq/cm² de peau délivre un débit d'équivalent de dose à l'épiderme de 15 microSv/heure, soit, pour une contamination homogène (37 kBq/cm²) : 0,055 cSv/heure et pour une goutte (37 kBq) : 2,1.10⁻³ cSv/heure.

Protections :

Emissions Bêta / Electron (Absorption totale)	Verre (mm)	< 0,1
	Plastique (mm)	< 0,1
Emissions Gamma / X (Atténuation d'un facteur 10)	Plomb (cm)	0,7
	Acier (cm)	5,2

Détection et Limites Pratiques de Contamination :

Sondes préconisées			
Alpha	Bêta	Gamma	X
		++	++

Contamination Labile : LPCL $\frac{2.10^3}{2.10^3}$ Bq/cm²
Contamination Fixée : LPCF $\frac{2.10^3}{2.10^3}$ Bq/cm²

Activités maximales manipulables (Bq) :

Forme physico-chimique	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE					
	f	Zone surveillée		Zone contrôlée		
		paillasse	sorbonne	paillasse	sorbonne	boîte à gants
Tous les composés	0,01	9.10 ⁷	9.10 ⁸	3.10 ⁸	3.10 ⁹	5.10 ¹⁰

f : facteur de pondération qui tient compte de la volatilité du produit.

Surveillance du personnel :

La surveillance individuelle réglementaire d'exposition à mettre en œuvre dans le cadre du dossier médical spécial des travailleurs de catégorie A est la suivante :

- exposition externe : dosimétrie photographique individuelle.
Pour l'étude de l'exposition des extrémités à certaines postes de travail, on peut mettre en œuvre des dosimètres bagues thermoluminescents.
- exposition interne : analyse radiotoxicologique urinaire ; examen anthropogammamétrique.

Technétium 99m

Caractéristiques physiques :

Période radioactive : 6,0 heures
Activité massique : 2.10^{17} Bq.g⁻¹

Principales émissions :

Type	Energie (keV)	Pourcentage d'émission
Electron	120	9
	138	1
X	18	6
	21	1
Gamma	141	91

Groupe de radiotoxicité : 4 (radiotoxicité faible)

Evaluation du risque :

Exposition externe :

Le tableau donne le débit d'équivalent de dose en microSv/heure, délivré par une source de 1MBq sans protection, en fonction de la distance.

Distance	10 cm	100 cm
Débit de dose (Gamma)	2,4	$2,4.10^{-2}$

Exposition interne :

Le tableau présente les limites annuelles d'incorporation (LAI) pour l'exposition professionnelle par inhalation ou ingestion et les limites dérivées de concentrations dans l'air (LDCA) pour une exposition professionnelle de 2000 h par an (décret n° 88-521 du 18/04/88).

Voie d'incorporation	Forme chimique	LAI (Bq)	LDCA (Bq.m ⁻³)
Inhalation	Tous les composés sauf ci-dessous	6.10^9	2.10^5
	Oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates	9.10^9	4.10^6
Ingestion	Tous les composés	6.10^9	-

Les limites applicables aux molécules marquées sont plus restrictives surtout s'il s'agit de molécules ayant un tropisme pour les structures nobles, par exemple, les chromosomes. Un facteur d'abaissement des limites de 50 est recommandé dans ces cas les plus pénalisants.

Dose engagée à l'Organisme Entier : $8,8.10^{-12}$ Sv/Bq inhalé.

Dose engagée à la Thyroïde : $5,0.10^{-11}$ Sv/Bq inhalé.

Contamination externe de la peau :

Une contamination superficielle de 1 kBq/cm² de peau délivre un débit d'équivalent de dose à l'épiderme de 250 microSv/heure, soit, pour une contamination homogène (37 kBq/cm²) : 0,91 cSv/heure et pour une goutte (37 kBq) : 0,032 cSv/heure.

Protections :

Emissions Bêta / Electron (Absorption totale)	Verre (mm)	0,1
	Plastique (mm)	0,2
Emissions Gamma / X (Atténuation d'un facteur 10)	Plomb (cm)	0,1
	Acier (cm)	2,3

Détection et Limites Pratiques de Contamination :

Sondes préconisées			
Alpha	Bêta	Gamma	X
		+	++

Contamination Labile : LPCL

400

 Bq/cm²
Contamination Fixée : LPCF

500

 Bq/cm²

Activités maximales manipulables (Bq) :

Forme physico-chimique	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE					
	f	Zone surveillée		Zone contrôlée		
		paillasse	Sorbonne	paillasse	sorbonne	boîte à gants
Tous les composés	0,01	3.10 ⁷	3.10 ⁸	9.10 ⁷	9.10 ⁸	5.10 ¹⁰

f : facteur de pondération qui tient compte de la volatilité du produit.

Surveillance du personnel :

La surveillance individuelle réglementaire d'exposition à mettre en œuvre dans le cadre du dossier médical spécial des travailleurs de catégorie A est la suivante :

- exposition externe : dosimétrie photographique individuelle.
Pour l'étude de l'exposition des extrémités à certaines postes de travail, on peut mettre en œuvre des dosimètres bagues thermoluminescents.
- exposition interne : analyse radiotoxicologique urinaire ; examen anthropogammamétrie.

Thallium 201

Caractéristiques physiques :

Période radioactive : 3,04 jours
Activité massique : $7,9 \cdot 10^{15} \text{ Bq.g}^{-1}$

Principales émissions :

Type	Energie (keV)	Pourcentage d'émission
Electron	16	10
	84	16
	153	3
X	12	45
	69	27
	71	47
	80	16
	82	5
Gamma	135	3
	167	10

Groupe de radiotoxicité : 4 (radiotoxicité faible)

Evaluation du risque :

Exposition externe :

Le tableau donne le débit d'équivalent de dose en microSv/heure, délivré par une source de 1MBq sans protection, en fonction de la distance.

Distance	10 cm	100 cm
Débit de dose (Gamma)	1,8	$1,8 \cdot 10^{-2}$

Exposition interne :

Le tableau présente les limites annuelles d'incorporation (LAI) pour l'exposition professionnelle par inhalation ou ingestion et les limites dérivées de concentrations dans l'air (LDCA) pour une exposition professionnelle de 2000 h par an (décret n° 88-521 du 18/04/88).

Voie d'incorporation	Forme chimique	LAI (Bq)	LDCA (Bq.m^{-3})
Inhalation	Tous les composés	$8 \cdot 10^8$	$3 \cdot 10^5$
Ingestion	Tous les composés	$6 \cdot 10^8$	-

Les limites applicables aux molécules marquées sont plus restrictives surtout s'il s'agit de molécules ayant un tropisme pour les structures nobles, par exemple, les chromosomes. Un facteur d'abaissement des limites de 50 est recommandé dans ces cas les plus pénalisants.

Dose engagée à l'Organisme Entier : $6,3 \cdot 10^{-11}$ Sv/Bq inhalé.
 Dose engagée aux Poumons : $1,7 \cdot 10^{-10}$ Sv/Bq inhalé.

Contamination externe de la peau :

Une contamination superficielle de 1 kBq/cm² de peau délivre un débit d'équivalent de dose à l'épiderme de 270 microSv/heure, soit, pour une contamination homogène (37 kBq/cm²) : 1,0 cSv/heure et pour une goutte (37 kBq) : 0,031 cSv/heure.

Protections :

Emissions Bêta / Electron (Absorption totale)	Verre (mm)	<table border="1"><tr><td>< 0,1</td></tr></table>	< 0,1
< 0,1			
	Plastique (mm)	<table border="1"><tr><td>< 0,1</td></tr></table>	< 0,1
< 0,1			
Emissions Gamma / X (Atténuation d'un facteur 10)	Plomb (cm)	<table border="1"><tr><td>0,1</td></tr></table>	0,1
0,1			
	Acier (cm)	<table border="1"><tr><td>1,3</td></tr></table>	1,3
1,3			

Détection et Limites Pratiques de Contamination :

Sondes préconisées			
Alpha	Bêta mou	Gamma	X
	+	+	++

Contamination Labile : LPCL

400

 Bq/cm²
 Contamination Fixée : LPCF

800

 Bq/cm²

Activités maximales manipulables (Bq) :

Forme physico-chimique	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE					
	f	Zone surveillée		Zone contrôlée		
		paillasse	Sorbonne	paillasse	sorbonne	boîte à gants
Tous les composés	0,01	$4 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^{10}$

f : facteur de pondération qui tient compte de la volatilité du produit.

Surveillance du personnel :

La surveillance individuelle réglementaire d'exposition à mettre en œuvre dans le cadre du dossier médical spécial des travailleurs de catégorie A est la suivante :

- exposition externe : dosimétrie photographique individuelle.
 Pour l'étude de l'exposition des extrémités à certaines postes de travail, on peut mettre en œuvre des dosimètres bagues thermoluminescents.
- exposition interne : analyse radiotoxicologique urinaire ; examen anthropogammamétrique.

Calcium 45

Caractéristiques physiques :

Période radioactive : 163 jours
Activité massique : $6,6 \cdot 10^{14}$ Bq.g⁻¹

Principales émissions :

Type	Energie (keV)	Pourcentage d'émission
Bêta ⁻ (E max.)	257	100

Groupe de radiotoxicité : 3 (radiotoxicité modérée)

Evaluation du risque :

Exposition externe :

Le tableau donne le débit d'équivalent de dose en microSv/heure, délivré par une source de 1MBq sans protection, en fonction de la distance.

Distance	10 cm	100 cm
Débit de dose (Bêta)	530	0

Exposition interne :

Le tableau présente les limites annuelles d'incorporation (LAI) pour l'exposition professionnelle par inhalation ou ingestion et les limites dérivées de concentrations dans l'air (LDCA) pour une exposition professionnelle de 2000 h par an (décret n° 88-521 du 18/04/88).

Voie d'incorporation	Forme chimique	LAI (Bq)	LDCA (Bq.m ⁻³)
Inhalation	Tous les composés	$3 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^4$
Ingestion	Tous les composés	$6 \cdot 10^7$	-

Les limites applicables aux molécules marquées sont plus restrictives surtout s'il s'agit de molécules ayant un tropisme pour les structures nobles, par exemple, les chromosomes. Un facteur d'abaissement des limites de 50 est recommandé dans ces cas les plus pénalisants.

Dose engagée à l'Organisme Entier : $6,3 \cdot 10^{-11}$ Sv/Bq inhalé.

Dose engagée aux Poumons : $1,7 \cdot 10^{-10}$ Sv/Bq inhalé.

Contamination externe de la peau :

Une contamination superficielle de 1 kBq/cm² de peau délivre un débit d'équivalent de dose à l'épiderme de 840 microSv/heure, soit, pour une contamination homogène (37 kBq/cm²) : 3,1 cSv/heure et pour une goutte (37 kBq) : 0,38 cSv/heure.

Protections :

Emissions Bêta / Electron (Absorption totale)

Verre (mm)

0,3

Plastique (mm)

0,5

Détection et Limites Pratiques de Contamination :

Sondes préconisées			
Alpha	Bêta mou	Gamma	X
	++		

Contamination Labile : LPCL $\frac{200}{\text{Bq/cm}^2}$

Contamination Fixée : LPCF $\frac{2.10^4}{\text{Bq/cm}^2}$

Activités maximales manipulables (Bq) :

Forme physico-chimique	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE					
	f	Zone surveillée		Zone contrôlée		
		paillasse	Sorbonne	paillasse	sorbonne	boîte à gants
Tous les composés	0,01	1.10^7	1.10^8	3.10^7	3.10^8	5.10^9

f : facteur de pondération qui tient compte de la volatilité du produit.

Surveillance du personnel :

La surveillance individuelle réglementaire d'exposition à mettre en œuvre dans le cadre du dossier médical spécial des travailleurs de catégorie A est la suivante :

- exposition externe : sans objet.
- exposition interne : analyse radiotoxicologique urinaire.

Indium 111

Caractéristiques physiques :

Période radioactive : 2,80 jours

Activité massique : $1,55 \cdot 10^{16}$ Bq.g⁻¹

Principales émissions :

Type	Energie (keV)	Pourcentage d'émission
Electron	145	9
	219	5
X	23	69
	26	12
	27	2
Gamma	171	90
	245	94

Groupe de radiotoxicité : (radiotoxicité modérée)

Evaluation du risque :

Exposition externe :

Le tableau donne le débit d'équivalent de dose en microSv/heure, délivré par une source de 1MBq sans protection, en fonction de la distance.

Distance	10 cm	100 cm
Débit de dose (Bêta)	450	0
Débit de dose (Gamma)	7,80	0,08

Exposition interne :

Le tableau présente les limites annuelles d'incorporation (LAI) pour l'exposition professionnelle par inhalation ou ingestion et les limites dérivées de concentrations dans l'air (LDCA) pour une exposition professionnelle de 2000 h par an (décret n° 88-521 du 18/04/88).

Voie d'incorporation	Forme chimique	LAI (Bq)	LDCA (Bq.m ⁻³)
Inhalation	Tous les composés	$2 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^5$
Ingestion	Tous les composés	$2 \cdot 10^8$	-

Les limites applicables aux molécules marquées sont plus restrictives surtout s'il s'agit de molécules ayant un tropisme pour les structures nobles, par exemple, les chromosomes. Un facteur d'abaissement des limites de 50 est recommandé dans ces cas les plus pénalisants.

Dose engagée à l'Organisme Entier : $2,3 \cdot 10^{-10}$ Sv/Bq inhalé.

Dose engagée au Gros Intestin Inférieur : $7,1 \cdot 10^{-10}$ Sv/Bq inhalé.

Contamination externe de la peau :

Une contamination superficielle de 1 kBq/cm² de peau délivre un débit d'équivalent de dose à l'épiderme de 378 microSv/heure, soit, pour une contamination homogène (37 kBq/cm²) : 1,4 cSv/heure et pour une goutte (37 kBq) : 0,24 cSv/heure.

Protections :

Emissions Bêta / Electron (Absorption totale)	Verre (mm)	0,2
	Plastique (mm)	0,5
Emissions Gamma / X (Atténuation d'un facteur 10)	Plomb (cm)	0,3
	Acier (cm)	3,1

Détection et Limites Pratiques de Contamination :

Sondes préconisées			
Alpha	Bêta	Gamma	X
	+	++	++

Contamination Labile : LPCL $2 \cdot 10^3$ Bq/cm²
Contamination Fixée : LPCF $2 \cdot 10^3$ Bq/cm²

Activités maximales manipulables (Bq) :

Forme physico-chimique	Sous réserve de respecter les LIMITES D'EXPOSITION EXTERNE					
	f	Zone surveillée		Zone contrôlée		
		paillasse	sorbonne	paillasse	sorbonne	boîte à gants
Tous les composés	0,01	$8 \cdot 10^6$	$8 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^8$	$5 \cdot 10^9$

f : facteur de pondération qui tient compte de la volatilité du produit.

Surveillance du personnel :

La surveillance individuelle réglementaire d'exposition à mettre en œuvre dans le cadre du dossier médical spécial des travailleurs de catégorie A est la suivante :

- exposition externe : dosimétrie photographique individuelle.
Pour l'étude de l'exposition des extrémités à certaines postes de travail, on peut mettre en œuvre des dosimètres bagues thermoluminescents.
- exposition interne : analyse radiotoxicologique urinaire, examen anthropogammamétrique.

QUESTIONNAIRE RADIOPROTECTION
SOURCES NON SCELLEES

NE PAS REMPLIR
CETTE COLONNE

NOM :

PRENOM :

Date de Naissance : __ / __ / __

SEXE o Masculin o

Féminin

Employeur principal o INSERM o Hôpital o Université o Autre :
Préciser _____

Laboratoire (Nom et N° d'unité)

Votre fonction

Ancienneté dans ce service _____ an(s) (Si inférieur à 1 an, nombre de
mois : _____)

Q1 : Quels sont les radioéléments manipulés dans votre service ?

- | | | | | |
|---------------------------------------|---|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> Soufre 35 | <input type="checkbox"/> Fer 59 | <input type="checkbox"/> Sodium 22 | <input type="checkbox"/> Sodium 24 | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> Iode 125 | <input type="checkbox"/> Iode 131 | <input type="checkbox"/> Tritium | <input type="checkbox"/> Carbone 14 | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> Phosphore 32 | <input type="checkbox"/> Phosphore 33 | <input type="checkbox"/> Chrome 51 | <input type="checkbox"/> Tc 99 m | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> Thallium 201 | <input type="checkbox"/> Calcium 45 | <input type="checkbox"/> Calcium 47 | | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> Indium 111 | <input type="checkbox"/> Autres : Préciser lesquels : _____ | | | <input type="checkbox"/> |

Q2 : Avec quels radio éléments, êtes-vous amené à être en contact indirect? (Collègue de travail manipulant dans la même pièce que vous, stockage dans la pièce où vous travaillez, ...)

- | | | | | |
|---------------------------------------|---|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> Soufre 35 | <input type="checkbox"/> Fer 59 | <input type="checkbox"/> Sodium 22 | <input type="checkbox"/> Sodium 24 | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> Iode 125 | <input type="checkbox"/> Iode 131 | <input type="checkbox"/> Tritium | <input type="checkbox"/> Carbone 14 | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> Phosphore 32 | <input type="checkbox"/> Phosphore 33 | <input type="checkbox"/> Chrome 51 | <input type="checkbox"/> Tc 99 m | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> Thallium 201 | <input type="checkbox"/> Calcium 45 | <input type="checkbox"/> Calcium 47 | | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> Indium 111 | <input type="checkbox"/> Autres : Préciser lesquels : _____ | | | <input type="checkbox"/> |

Q3 : Déterminez, en moyenne, à quelle fréquence vous utilisez les radioéléments personnellement (lors de manipulation ou du nettoyage de matériel souillé par exemple).

- | | | |
|--|--|---|
| <input type="checkbox"/> Soufre 35
fois/mois | <input type="checkbox"/> Quotidien
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> Au moins 1 |
| | <input type="checkbox"/> Au moins 1 fois/semaine | <input type="checkbox"/> Quelques |
| | <input type="checkbox"/> Plusieurs fois/semaine | <input type="checkbox"/> Quelques fois/an |
| <input type="checkbox"/> Fer 59
fois/mois | <input type="checkbox"/> Quotidien
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> Au moins 1 |
| | <input type="checkbox"/> Au moins 1 fois/semaine | <input type="checkbox"/> Quelques |
| | <input type="checkbox"/> Plusieurs fois/semaine | <input type="checkbox"/> Quelques fois/an |
| <input type="checkbox"/> Sodium 22
fois/mois | <input type="checkbox"/> Quotidien
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> Au moins 1 |
| | <input type="checkbox"/> Au moins 1 fois/semaine | <input type="checkbox"/> Quelques |

	<input type="radio"/> Plusieurs fois/semaine	<input type="radio"/> Quelques fois/an
<input type="radio"/> Sodium 24 fois/mois	<input type="radio"/> Quotidien <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="radio"/> Au moins 1
	<input type="radio"/> Au moins 1 fois/semaine	<input type="radio"/> Quelques
fois/mois	<input type="radio"/> Plusieurs fois/semaine	<input type="radio"/> Quelques fois/an
<input type="radio"/> Iode 125 fois/mois	<input type="radio"/> Quotidien <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="radio"/> Au moins 1
	<input type="radio"/> Au moins 1 fois/semaine	<input type="radio"/> Quelques
fois/mois	<input type="radio"/> Plusieurs fois/semaine	<input type="radio"/> Quelques fois/an
<input type="radio"/> Iode 131 fois/mois	<input type="radio"/> Quotidien <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="radio"/> Au moins 1
	<input type="radio"/> Au moins 1 fois/semaine	<input type="radio"/> Quelques
fois/mois	<input type="radio"/> Plusieurs fois/semaine	<input type="radio"/> Quelques fois/an
<input type="radio"/> Tritium fois/mois	<input type="radio"/> Quotidien <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="radio"/> Au moins 1
	<input type="radio"/> Au moins 1 fois/semaine	<input type="radio"/> Quelques
fois/mois	<input type="radio"/> Plusieurs fois/semaine	<input type="radio"/> Quelques fois/an
<input type="radio"/> Carbone 14 fois/mois	<input type="radio"/> Quotidien <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="radio"/> Au moins 1
	<input type="radio"/> Au moins 1 fois/semaine	<input type="radio"/> Quelques
fois/mois	<input type="radio"/> Plusieurs fois/semaine	<input type="radio"/> Quelques fois/an
<input type="radio"/> Phosphore 32 fois/mois	<input type="radio"/> Quotidien <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="radio"/> Au moins 1
	<input type="radio"/> Au moins 1 fois/semaine	<input type="radio"/> Quelques
fois/mois	<input type="radio"/> Plusieurs fois/semaine	<input type="radio"/> Quelques fois/an
<input type="radio"/> Phosphore 33 fois/mois	<input type="radio"/> Quotidien <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="radio"/> Au moins 1
	<input type="radio"/> Au moins 1 fois/semaine	<input type="radio"/> Quelques
fois/mois	<input type="radio"/> Plusieurs fois/semaine	<input type="radio"/> Quelques fois/an
<input type="radio"/> Chrome 51 fois/mois	<input type="radio"/> Quotidien <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="radio"/> Au moins 1
	<input type="radio"/> Au moins 1 fois/semaine	<input type="radio"/> Quelques
fois/mois	<input type="radio"/> Plusieurs fois/semaine	<input type="radio"/> Quelques fois/an

o Tc 99 m fois/mois	o Quotidien <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		o Au moins 1	
	o Au moins 1 fois/semaine		o Quelques	
fois/mois	o Plusieurs fois/semaine		o Quelques fois/an	
	o Quotidien <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		o Au moins 1	
o Thallium 201 fois/mois	o Au moins 1 fois/semaine		o Quelques	
	o Plusieurs fois/semaine		o Quelques fois/an	
fois/mois	o Quotidien <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		o Au moins 1	
	o Au moins 1 fois/semaine		o Quelques	
o Calcium 45 fois/mois	o Plusieurs fois/semaine		o Quelques fois/an	
	o Quotidien <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		o Au moins 1	
fois/mois	o Au moins 1 fois/semaine		o Quelques	
	o Plusieurs fois/semaine		o Quelques fois/an	
o Calcium 47 fois/mois	o Quotidien <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		o Au moins 1	
	o Au moins 1 fois/semaine		o Quelques	
fois/mois	o Plusieurs fois/semaine		o Quelques fois/an	
	o Quotidien <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		o Au moins 1	
o Indium 111 fois/mois	o Au moins 1 fois/semaine		o Quelques	
	o Plusieurs fois/semaine		o Quelques fois/an	
fois/mois	o Quotidien <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		o Au moins 1	
	o Au moins 1 fois/semaine		o Quelques	
o Autres radioéléments : Préciser lesquels : _____ fois/mois	o Plusieurs fois/semaine		o Quelques fois/an	
	o Quotidien <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		o Au moins 1	
fois/mois	o Au moins 1 fois/semaine		o Quelques	
	o Plusieurs fois/semaine		o Quelques fois/an	

**Q4 : Estimez le temps moyen quotidien (les jours où vous êtes exposés)
durant lequel vous êtes en contact avec chacun des radioéléments (lors de manipulation ou du nettoyage de matériel souillé par exemple).**

o Soufre 35	o < 1h	o 1h à 2h	o 2h à 4h	o 4h à 6h	o > 6h	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	o < 1h	o 1h à 2h	o 2h à 4h	o 4h à 6h	o > 6h	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
o Fer 59	o < 1h	o 1h à 2h	o 2h à 4h	o 4h à 6h	o > 6h	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
o Sodium 22	o < 1h	o 1h à 2h	o 2h à 4h	o 4h à 6h	o > 6h	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

<input type="radio"/> Sodium 24	<input type="radio"/> < 1h	<input type="radio"/> 1h à 2h	<input type="radio"/> 2h à 4h	<input type="radio"/> 4h à 6h	<input type="radio"/> > 6h	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="radio"/> Iode 125	<input type="radio"/> < 1h	<input type="radio"/> 1h à 2h	<input type="radio"/> 2h à 4h	<input type="radio"/> 4h à 6h	<input type="radio"/> > 6h	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="radio"/> Iode 131	<input type="radio"/> < 1h	<input type="radio"/> 1h à 2h	<input type="radio"/> 2h à 4h	<input type="radio"/> 4h à 6h	<input type="radio"/> > 6h	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="radio"/> Tritium	<input type="radio"/> < 1h	<input type="radio"/> 1h à 2h	<input type="radio"/> 2h à 4h	<input type="radio"/> 4h à 6h	<input type="radio"/> > 6h	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="radio"/> Carbone 14	<input type="radio"/> < 1h	<input type="radio"/> 1h à 2h	<input type="radio"/> 2h à 4h	<input type="radio"/> 4h à 6h	<input type="radio"/> > 6h	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="radio"/> Phosphore 32	<input type="radio"/> < 1h	<input type="radio"/> 1h à 2h	<input type="radio"/> 2h à 4h	<input type="radio"/> 4h à 6h	<input type="radio"/> > 6h	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="radio"/> Phosphore 33	<input type="radio"/> < 1h	<input type="radio"/> 1h à 2h	<input type="radio"/> 2h à 4h	<input type="radio"/> 4h à 6h	<input type="radio"/> > 6h	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="radio"/> Chrome 51	<input type="radio"/> < 1h	<input type="radio"/> 1h à 2h	<input type="radio"/> 2h à 4h	<input type="radio"/> 4h à 6h	<input type="radio"/> > 6h	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="radio"/> Tc 99 m	<input type="radio"/> < 1h	<input type="radio"/> 1h à 2h	<input type="radio"/> 2h à 4h	<input type="radio"/> 4h à 6h	<input type="radio"/> > 6h	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="radio"/> Thallium 201	<input type="radio"/> < 1h	<input type="radio"/> 1h à 2h	<input type="radio"/> 2h à 4h	<input type="radio"/> 4h à 6h	<input type="radio"/> > 6h	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="radio"/> Calcium 45	<input type="radio"/> < 1h	<input type="radio"/> 1h à 2h	<input type="radio"/> 2h à 4h	<input type="radio"/> 4h à 6h	<input type="radio"/> > 6h	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="radio"/> Calcium 47	<input type="radio"/> < 1h	<input type="radio"/> 1h à 2h	<input type="radio"/> 2h à 4h	<input type="radio"/> 4h à 6h	<input type="radio"/> > 6h	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="radio"/> Indium 111	<input type="radio"/> < 1h	<input type="radio"/> 1h à 2h	<input type="radio"/> 2h à 4h	<input type="radio"/> 4h à 6h	<input type="radio"/> > 6h	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="radio"/> Autres radioéléments : Préciser lesquels : _____	<input type="radio"/> < 1h	<input type="radio"/> 1h à 2h	<input type="radio"/> 2h à 4h	<input type="radio"/> 4h à 6h	<input type="radio"/> > 6h	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Q5 : Quels sont les moyens de protection individuelle mis à votre disposition ? (Plusieurs réponses possibles)

- Gants
- Masques
- Vêtement de travail spécifique (blouse par exemple)
- Ecran adapté aux radioéléments
- Autres : Préciser lesquels : _____

Q6 : Quels sont les moyens de protection individuelle que vous utilisez lorsque vous manipulez des radioéléments ? (Cochez la proportion approximative de votre temps de travail pendant lequel la protection est utilisée, lorsque vous manipulez.)

<input type="radio"/> Soufre 35					<input type="checkbox"/>
<input type="radio"/> Gants					<input type="checkbox"/>
<input type="radio"/> Masques					<input type="checkbox"/>

o Vêtement de travail spécifique	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Ecran adapté aux radioéléments	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Autres : Préciser lesquels : _____	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Fer 59						
o Gants	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Masques	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Vêtement de travail spécifique	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Ecran adapté aux radioéléments	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Autres : Préciser lesquels : _____	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Sodium 22						
o Gants	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Masques	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Vêtement de travail spécifique	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Ecran adapté aux radioéléments	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Autres : Préciser lesquels : _____	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Sodium 24						
o Gants	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Masques	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Vêtement de travail spécifique	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Ecran adapté aux radioéléments	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Autres : Préciser lesquels : _____	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Iode 125						
o Gants	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Masques	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Vêtement de travail spécifique	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Ecran adapté aux radioéléments	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Autres : Préciser lesquels : _____	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Iode 131						
o Gants	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- Masques
- Vêtement de travail spécifique
- Ecran adapté aux radioéléments
- Autres : Préciser lesquels : _____

100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%

o Tritium

- Gants
- Masques
- Vêtement de travail spécifique
- Ecran adapté aux radioéléments
- Autres : Préciser lesquels : _____

100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%

o Carbone 14

- Gants
- Masques
- Vêtement de travail spécifique
- Ecran adapté aux radioéléments
- Autres : Préciser lesquels : _____

100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%

o Phosphore 32

- Gants
- Masques
- Vêtement de travail spécifique
- Ecran adapté aux radioéléments
- Autres : Préciser lesquels : _____

100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%

o Phosphore 33

- Gants
- Masques
- Vêtement de travail spécifique
- Ecran adapté aux radioéléments
- Autres : Préciser lesquels : _____

100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%

o Chrome 51

- Gants
- Masques
- Vêtement de travail spécifique
- Ecran adapté aux radioéléments
- Autres : Préciser lesquels : _____

100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%

o Tc 99 m

- Gants
- Masques
- Vêtement de travail spécifique
- Ecran adapté aux radioéléments
- Autres : Préciser lesquels : _____

100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%

o Thallium 201

- Gants
- Masques
- Vêtement de travail spécifique
- Ecran adapté aux radioéléments
- Autres : Préciser lesquels : _____

100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%

o Calcium 45

- Gants
- Masques
- Vêtement de travail spécifique
- Ecran adapté aux radioéléments
- Autres : Préciser lesquels : _____

100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%

o Calcium 47

- Gants
- Masques
- Vêtement de travail spécifique
- Ecran adapté aux radioéléments

100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%

o Autres : Préciser lesquels : _____

100%	75%	50%	25%
------	-----	-----	-----

o Indium 111

o Gants

100%	75%	50%	25%
------	-----	-----	-----

o Masques

100%	75%	50%	25%
------	-----	-----	-----

o Vêtement de travail spécifique

100%	75%	50%	25%
------	-----	-----	-----

o Ecran adapté aux radioéléments

100%	75%	50%	25%
------	-----	-----	-----

o Autres : Préciser lesquels : _____

100%	75%	50%	25%
------	-----	-----	-----

o Autres radioéléments : Préciser lesquels : _____

o Gants

100%	75%	50%	25%
------	-----	-----	-----

o Masques

100%	75%	50%	25%
------	-----	-----	-----

o Vêtement de travail spécifique

100%	75%	50%	25%
------	-----	-----	-----

o Ecran adapté aux radioéléments

100%	75%	50%	25%
------	-----	-----	-----

o Autres : Préciser lesquels : _____

100%	75%	50%	25%
------	-----	-----	-----

Si vous n'utilisez aucun moyen de protection, indiquez pourquoi ?

Q7 : Quels sont les moyens de protection du poste de manipulation mis à votre disposition ? (Plusieurs réponses possibles)

o Soufre 35
(coat)

o Boite à gant

o Papier absorbant étanche (Bench coat)

o Protège-seringue
lesquels : _____

o Hotte

o Autres : Préciser

o Fer 59
(coat)

o Boite à gant

o Papier absorbant étanche (Bench coat)

o Protège-seringue
lesquels : _____

o Hotte

o Autres : Préciser

o Sodium 22
(coat)

o Boite à gant

o Papier absorbant étanche (Bench coat)

o Protège-seringue
lesquels : _____

o Hotte

o Autres : Préciser

Sodium 24 Boite à gant Papier absorbant étanche (Bench coat)

Protège-seringue Hotte Autres : Préciser
lesquels : _____

Iode 125 Boite à gant Papier absorbant étanche (Bench coat)

Protège-seringue Hotte Autres : Préciser
lesquels : _____

Iode 131 Boite à gant Papier absorbant étanche (Bench coat)

Protège-seringue Hotte Autres : Préciser
lesquels : _____

Tritium Boite à gant Papier absorbant étanche (Bench coat)

Protège-seringue Hotte Autres : Préciser
lesquels : _____

Carbone 14 Boite à gant Papier absorbant étanche (Bench coat)

Protège-seringue Hotte Autres : Préciser
lesquels : _____

Phosphore 32 Boite à gant Papier absorbant étanche (Bench coat)

Protège-seringue Hotte Autres : Préciser
lesquels : _____

Phosphore 33 Boite à gant Papier absorbant étanche (Bench coat)

Protège-seringue Hotte Autres : Préciser
lesquels : _____

Chrome 51 Boite à gant Papier absorbant étanche (Bench coat)

Protège-seringue Hotte Autres : Préciser
lesquels : _____

Tc 99 m Boite à gant Papier absorbant étanche (Bench coat)

Protège-seringue Hotte Autres : Préciser
lesquels : _____

Thallium 201 Boite à gant Papier absorbant étanche (Bench coat)

Protège-seringue Hotte Autres : Préciser
lesquels : _____

o Calcium 45 Boite à gant Papier absorbant étanche (Bench coat)

Protège-seringue Hotte Autres : Préciser
 lesquels : _____

o Calcium 47 Boite à gant Papier absorbant étanche (Bench coat)

Protège-seringue Hotte Autres : Préciser
 lesquels : _____

o Indium 111 Boite à gant Papier absorbant étanche (Bench coat)

Protège-seringue Hotte Autres : Préciser
 lesquels : _____

o Autres radioéléments : Préciser lesquels : _____

Boite à gant Papier absorbant étanche (Bench coat)

Protège-seringue Hotte Autres : Préciser
 lesquels : _____

Q8 : Quels sont les moyens de protection du poste de manipulation que vous utilisez ? (Cochez la fréquence approximative en temps sur l'échelle de valeur analogique)

o Soufre 35

<input type="checkbox"/> Boite à gant	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Papier absorbant étanche (Bench coat)	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Protège-seringue	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Hotte	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Autres : Préciser lesquels : _____	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>

o Fer 59

<input type="checkbox"/> Boite à gant	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Papier absorbant étanche (Bench coat)	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Protège-seringue	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Hotte	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Autres : Préciser lesquels : _____	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>

o Sodium 22

- Boite à gant
- Papier absorbant étanche (Bench coat)
- Protège-seringue
- Hotte
- Autres : Préciser lesquels : _____

100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%

o Sodium 24

- Boite à gant
- Papier absorbant étanche (Bench coat)
- Protège-seringue
- Hotte
- Autres : Préciser lesquels : _____

100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%

o Iode 125

- Boite à gant
- Papier absorbant étanche (Bench coat)
- Protège-seringue
- Hotte
- Autres : Préciser lesquels : _____

100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%

o Iode 131

- Boite à gant
- Papier absorbant étanche (Bench coat)
- Protège-seringue
- Hotte
- Autres : Préciser lesquels : _____

100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%

o Tritium

- Boite à gant
- Papier absorbant étanche (Bench coat)
- Protège-seringue
- Hotte

100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%
100%	75%	50%	25%

o Autres : Préciser lesquels : _____

100%	75%	50%	25%
------	-----	-----	-----

o Carbone 14

o Boite à gant

100%	75%	50%	25%
------	-----	-----	-----

o Papier absorbant étanche (Bench coat)

o Protège-seringue

100%	75%	50%	25%
------	-----	-----	-----

o Hotte

100%	75%	50%	25%
------	-----	-----	-----

o Autres : Préciser lesquels : _____

100%	75%	50%	25%
------	-----	-----	-----

100%	75%	50%	25%
------	-----	-----	-----

o Phosphore 32

o Boite à gant

100%	75%	50%	25%
------	-----	-----	-----

o Papier absorbant étanche (Bench coat)

o Protège-seringue

100%	75%	50%	25%
------	-----	-----	-----

o Hotte

100%	75%	50%	25%
------	-----	-----	-----

o Autres : Préciser lesquels : _____

100%	75%	50%	25%
------	-----	-----	-----

100%	75%	50%	25%
------	-----	-----	-----

o Phosphore 33

o Boite à gant

100%	75%	50%	25%
------	-----	-----	-----

o Papier absorbant étanche (Bench coat)

o Protège-seringue

100%	75%	50%	25%
------	-----	-----	-----

o Hotte

100%	75%	50%	25%
------	-----	-----	-----

o Autres : Préciser lesquels : _____

100%	75%	50%	25%
------	-----	-----	-----

100%	75%	50%	25%
------	-----	-----	-----

o Chrome 51

o Boite à gant

100%	75%	50%	25%
------	-----	-----	-----

o Papier absorbant étanche (Bench coat)

o Protège-seringue

100%	75%	50%	25%
------	-----	-----	-----

o Hotte

100%	75%	50%	25%
------	-----	-----	-----

o Autres : Préciser lesquels : _____

100%	75%	50%	25%
------	-----	-----	-----

100%	75%	50%	25%
------	-----	-----	-----

o Tc 99 m

o Boite à gant

100%	75%	50%	25%
------	-----	-----	-----

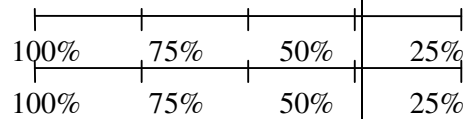
o Papier absorbant étanche (Bench coat)

100%	75%	50%	25%
------	-----	-----	-----

o Protège-seringue					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Hotte	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Autres : Préciser lesquels : _____	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	100%	75%	50%	25%		
o Thallium 201					<input type="checkbox"/>	
o Boite à gant					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Papier absorbant étanche (Bench coat)	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Protège-seringue	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Hotte	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Autres : Préciser lesquels : _____	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	100%	75%	50%	25%		
o Calcium 45					<input type="checkbox"/>	
o Boite à gant					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Papier absorbant étanche (Bench coat)	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Protège-seringue	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Hotte	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Autres : Préciser lesquels : _____	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	100%	75%	50%	25%		
o Calcium 47					<input type="checkbox"/>	
o Boite à gant					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Papier absorbant étanche (Bench coat)	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Protège-seringue	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Hotte	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Autres : Préciser lesquels : _____	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	100%	75%	50%	25%		
o Indium 111					<input type="checkbox"/>	
o Boite à gant					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Papier absorbant étanche (Bench coat)	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Protège-seringue	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Hotte	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Autres : Préciser lesquels : _____	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	100%	75%	50%	25%		
o Autres radioéléments : Préciser _____					<input type="checkbox"/>	
o Boite à gant					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Papier absorbant étanche (Bench coat)	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o Protège-seringue	100%	75%	50%	25%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	100%	75%	50%	25%		

Hotte

Autres : Préciser lesquels : _____



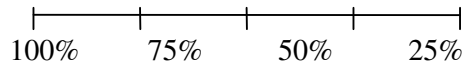
Si vous n'utilisez aucun moyen de protection, indiquez pourquoi ?

Q9 : Portez-vous régulièrement un dosimètre individuel ?

Oui

Non

Si oui, proportion du temps de manipulation des radioéléments pendant lequel vous le portez.



Si non, pourquoi ?

Q10 : Si vous portez un dosimètre individuel, avez-vous connaissance des résultats ?

Oui

Non

Si non, pourquoi ?

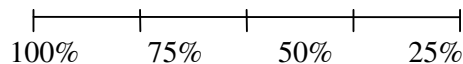
Q10 bis : En outre, portez-vous un autre détecteur de dose ?

Oui

Non

Si oui, Préciser lequel : _____

Si oui, proportion du temps de manipulation des radioéléments pendant lequel vous le portez.



Si non, pourquoi ?

Q11 : Avez-vous régulièrement des examens radiotoxicologiques des urines ?

Oui

Non

Si oui, avec quelle fréquence :

o 1 fois par an o 2 fois par an Autres :
Préciser: _____

Si non, pourquoi ?

Q11 bis : Si oui, avez-vous régulièrement connaissance des résultats de vos examens radiotoxicologiques des urines ?

o Oui o Non

Si non, pourquoi ?

Q12 : Avez-vous déjà eu des examens radiotoxicologiques des urines positifs ?

o Oui o Non

Q12 bis : Si oui, précisez à quels radioéléments ?

Q12 ter : Si oui, cela correspond-il à un accident d'exposition repéré avant cette analyse ?

o Oui o Non

Q13 : Utilisez-vous des procédures de décontamination personnelle en routine ? (nettoyage systématique des mains en fin de manipulation par exemple)

o Oui o Non

Si oui, lesquels ?

Si non, pourquoi ?

Q14 : Utilisez-vous des procédures de décontamination de votre poste de travail en routine ? (nettoyage systématique de la paillasse en fin de manipulation, ...)

o Oui o Non

Si oui, lesquels ?

Si non, pourquoi ?

Q15: Connaissez-vous les procédures de décontamination adaptées à chaque radioélément que vous utilisez en cas d'incident ou d'accident ?

Oui Non

Si non, pourquoi ?

Q16 : Quelles sont les conditions de stockage des radioéléments, dans votre laboratoire ?

Soufre 35

Pièce spécifique
confinement
 Réfrigérateur ou congélateur
lesquels : _____

Enceinte de

 Autres : Préciser

Fer 59

Pièce spécifique
confinement
 Réfrigérateur ou congélateur
lesquels : _____

Enceinte de

 Autres : Préciser

Sodium 22

Pièce spécifique
confinement
 Réfrigérateur ou congélateur
lesquels : _____

Enceinte de

 Autres : Préciser

Sodium 24

Pièce spécifique
confinement
 Réfrigérateur ou congélateur
lesquels : _____

Enceinte de

 Autres : Préciser

o Iode 125

o Pièce spécifique
confinement
o Réfrigérateur ou congélateur
lesquels : _____

o Enceinte de

o Autres : Préciser

o Iode 131

o Pièce spécifique
confinement
o Réfrigérateur ou congélateur
lesquels : _____

o Enceinte de

o Autres : Préciser

o Tritium

o Pièce spécifique
confinement
o Réfrigérateur ou congélateur
lesquels : _____

o Enceinte de

o Autres : Préciser

o Carbone 14

o Pièce spécifique
confinement
o Réfrigérateur ou congélateur
lesquels : _____

o Enceinte de

o Autres : Préciser

o Phosphore 32

o Pièce spécifique
confinement
o Réfrigérateur ou congélateur
lesquels : _____

o Enceinte de

o Autres : Préciser

o Phosphore 33

o Pièce spécifique
confinement
o Réfrigérateur ou congélateur
lesquels : _____

o Enceinte de

o Autres : Préciser

o Chrome 51

o Pièce spécifique
confinement
o Réfrigérateur ou congélateur
lesquels : _____

o Enceinte de

o Autres : Préciser

o Tc 99 m

o Pièce spécifique
confinement
o Réfrigérateur ou congélateur
lesquels : _____

o Enceinte de

o Autres : Préciser

o Thallium 201

Pièce spécifique
confinement
 Réfrigérateur ou congélateur
lesquels : _____

Enceinte de

 Autres : Préciser

o Calcium 45

Pièce spécifique
confinement
 Réfrigérateur ou congélateur
lesquels : _____

Enceinte de

 Autres : Préciser

o Calcium 47

Pièce spécifique
confinement
 Réfrigérateur ou congélateur
lesquels : _____

Enceinte de

 Autres : Préciser

o Indium 111

Pièce spécifique
confinement
 Réfrigérateur ou congélateur
lesquels : _____

Enceinte de

 Autres : Préciser

o Autres radioéléments : Préciser lesquels : _____

Pièce spécifique
confinement
 Réfrigérateur ou congélateur
lesquels : _____

Enceinte de

 Autres : Préciser

Q17: Connaissez-vous les contrôles de locaux ou de paillasse effectués pendant le stockage des radioéléments dans votre laboratoire ?

Oui Non

Si oui :

o Soufre 35

Détecteur d'ambiance dans la pièce de stockage
 Mesures effectuées par la personne radio-compétente
 Aucun
 Autres : Préciser lesquels : _____

o Fer 59

Détecteur d'ambiance dans la pièce de stockage
 Mesures effectuées par la personne radio-compétente
 Aucun
 Autres : Préciser lesquels : _____

o Sodium 22

Détecteur d'ambiance dans la pièce de stockage
 Mesures effectuées par la personne radio-compétente

- o Aucun

o Autres : Préciser lesquels : _____

o Sodium 24

o Détecteur d'ambiance dans la pièce de stockage

o Mesures effectuées par la personne radio-compétente

o Aucun

o Autres : Préciser lesquels : _____
- o Iode 125**

o Détecteur d'ambiance dans la pièce de stockage

o Mesures effectuées par la personne radio-compétente

o Aucun

o Autres : Préciser lesquels : _____
- o Iode 131**

o Détecteur d'ambiance dans la pièce de stockage

o Mesures effectuées par la personne radio-compétente

o Aucun

o Autres : Préciser lesquels : _____
- o Tritium**

o Détecteur d'ambiance dans la pièce de stockage

o Mesures effectuées par la personne radio-compétente

o Aucun

o Autres : Préciser lesquels : _____
- o Carbone 14**

o Détecteur d'ambiance dans la pièce de stockage

o Mesures effectuées par la personne radio-compétente

o Aucun

o Autres : Préciser lesquels : _____
- o Phosphore 32**

o Détecteur d'ambiance dans la pièce de stockage

o Mesures effectuées par la personne radio-compétente

o Aucun

o Autres : Préciser lesquels : _____
- o Phosphore 33**

o Détecteur d'ambiance dans la pièce de stockage

o Mesures effectuées par la personne radio-compétente

o Aucun

o Autres : Préciser lesquels : _____
- o Chrome 51**

o Détecteur d'ambiance dans la pièce de stockage

o Mesures effectuées par la personne radio-compétente

o Aucun

o Autres : Préciser lesquels : _____
- o Tc 99 m**

o Détecteur d'ambiance dans la pièce de stockage

o Mesures effectuées par la personne radio-compétente

o Aucun

o Thallium 201	o Autres : Préciser lesquels : _____	
	o Détecteur d'ambiance dans la pièce de stockage	<input type="checkbox"/>
	o Mesures effectuées par la personne radio-compétente	<input type="checkbox"/>
	o Aucun	
	o Autres : Préciser lesquels : _____	
o Calcium 45	o Détecteur d'ambiance dans la pièce de stockage	<input type="checkbox"/>
	o Mesures effectuées par la personne radio-compétente	<input type="checkbox"/>
	o Aucun	
	o Autres : Préciser lesquels : _____	
o Calcium 47	o Détecteur d'ambiance dans la pièce de stockage	<input type="checkbox"/>
	o Mesures effectuées par la personne radio-compétente	<input type="checkbox"/>
	o Aucun	
	o Autres : Préciser lesquels : _____	
o Indium 111	o Détecteur d'ambiance dans la pièce de stockage	<input type="checkbox"/>
	o Mesures effectuées par la personne radio-compétente	<input type="checkbox"/>
	o Aucun	
	o Autres : Préciser lesquels : _____	
o Autres radioéléments : Préciser lesquels : _____		<input type="checkbox"/>
	o Détecteur d'ambiance dans la pièce de stockage	<input type="checkbox"/>
	o Mesures effectuées par la personne radio-compétente	<input type="checkbox"/>
	o Aucun	
	o Autres : Préciser lesquels : _____	
Q18 : Connaissez-vous les conditions de stockage des <u>déchets</u> dans votre laboratoire ?		
	o Oui	o Non
<u>Si oui :</u>		
o Soufre 35	o Enceinte de confinement dans le laboratoire	<input type="checkbox"/>
	o Fûts ou bonbonnes dans le laboratoire	<input type="checkbox"/>
	o Poubelle, adaptée aux déchets radioactifs, dans le	
laboratoire		
	o Directement dans un local commun	
	o Autres : Préciser lesquels : _____	
o Fer 59	o Enceinte de confinement dans le laboratoire	<input type="checkbox"/>
	o Fûts ou bonbonnes dans le laboratoire	<input type="checkbox"/>
	o Poubelle, adaptée aux déchets radioactifs, dans le	
laboratoire		
	o Directement dans un local commun	
	o Autres : Préciser lesquels : _____	

o Sodium 22

o Enceinte de confinement dans le laboratoire
o Fûts ou bonbonnes dans le laboratoire
o Poubelle, adaptée aux déchets radioactifs, dans le
laboratoire

o Directement dans un local commun
o Autres : Préciser lesquels : _____

o Sodium 24

o Enceinte de confinement dans le laboratoire
o Fûts ou bonbonnes dans le laboratoire
o Poubelle, adaptée aux déchets radioactifs, dans le
laboratoire

o Directement dans un local commun
o Autres : Préciser lesquels : _____

o Iode 125

o Enceinte de confinement dans le laboratoire
o Fûts ou bonbonnes dans le laboratoire
o Poubelle, adaptée aux déchets radioactifs, dans le
laboratoire

o Directement dans un local commun
o Autres : Préciser lesquels : _____

o Iode 131

o Enceinte de confinement dans le laboratoire
o Fûts ou bonbonnes dans le laboratoire
o Poubelle, adaptée aux déchets radioactifs, dans le
laboratoire

o Directement dans un local commun
o Autres : Préciser lesquels : _____

o Tritium

o Enceinte de confinement dans le laboratoire
o Fûts ou bonbonnes dans le laboratoire
o Poubelle, adaptée aux déchets radioactifs, dans le
laboratoire

o Directement dans un local commun
o Autres : Préciser lesquels : _____

o Carbone 14

o Enceinte de confinement dans le laboratoire
o Fûts ou bonbonnes dans le laboratoire
o Poubelle, adaptée aux déchets radioactifs, dans le
laboratoire

o Directement dans un local commun
o Autres : Préciser lesquels : _____

o Phosphore 32

o Enceinte de confinement dans le laboratoire
o Fûts ou bonbonnes dans le laboratoire

laboratoire

Poubelle, adaptée aux déchets radioactifs, dans le

- Directement dans un local commun
 Autres : Préciser lesquels : _____

o Phosphore 33

- Enceinte de confinement dans le laboratoire
 Fûts ou bonbonnes dans le laboratoire
 Poubelle, adaptée aux déchets radioactifs, dans le

laboratoire

- Directement dans un local commun
 Autres : Préciser lesquels : _____

o Chrome 51

- Enceinte de confinement dans le laboratoire
 Fûts ou bonbonnes dans le laboratoire
 Poubelle, adaptée aux déchets radioactifs, dans le

laboratoire

- Directement dans un local commun
 Autres : Préciser lesquels : _____

o Tc 99 m

- Enceinte de confinement dans le laboratoire
 Fûts ou bonbonnes dans le laboratoire
 Poubelle, adaptée aux déchets radioactifs, dans le

laboratoire

- Directement dans un local commun
 Autres : Préciser lesquels : _____

o Thallium 201

- Enceinte de confinement dans le laboratoire
 Fûts ou bonbonnes dans le laboratoire
 Poubelle, adaptée aux déchets radioactifs, dans le

laboratoire

- Directement dans un local commun
 Autres : Préciser lesquels : _____

o Calcium 45

- Enceinte de confinement dans le laboratoire
 Fûts ou bonbonnes dans le laboratoire
 Poubelle, adaptée aux déchets radioactifs, dans le

laboratoire

- Directement dans un local commun
 Autres : Préciser lesquels : _____

o Calcium 47

- Enceinte de confinement dans le laboratoire
 Fûts ou bonbonnes dans le laboratoire
 Poubelle, adaptée aux déchets radioactifs, dans le

laboratoire

- Directement dans un local commun
 Autres : Préciser lesquels : _____

o Indium 111

o Enceinte de confinement dans le laboratoire
o Fûts ou bonbonnes dans le laboratoire
o Poubelle, adaptée aux déchets radioactifs, dans le laboratoire

o Directement dans un local commun
o Autres : Préciser lesquels : _____

o Autres radioéléments : Préciser lesquels : _____

o Enceinte de confinement dans le laboratoire
o Fûts ou bonbonnes dans le laboratoire
o Poubelle, adaptée aux déchets radioactifs, dans le laboratoire

o Directement dans un local commun
o Autres : Préciser lesquels : _____

Q19 : Connaissez-vous le temps de stockage moyen des déchets dans l'enceinte du laboratoire ?

o Oui o Non

Si oui :

o Soufre 35

o \leq 1 semaine
o $>$ 1 semaine et \leq 1 mois
o $>$ 1 mois et \leq 1 an
o $>$ 1 an

o Fer 59

o \leq 1 semaine
o $>$ 1 semaine et \leq 1 mois
o $>$ 1 mois et \leq 1 an
o $>$ 1 an

o Sodium 22

o \leq 1 semaine
o $>$ 1 semaine et \leq 1 mois
o $>$ 1 mois et \leq 1 an
o $>$ 1 an

o Sodium 24

o \leq 1 semaine
o $>$ 1 semaine et \leq 1 mois
o $>$ 1 mois et \leq 1 an
o $>$ 1 an

o Iode 125

o \leq 1 semaine
o $>$ 1 semaine et \leq 1 mois
o $>$ 1 mois et \leq 1 an
o $>$ 1 an

- | | | |
|-----------------------|---|--------------------------|
| o Iode 131 | $0 \leq 1$ semaine
$0 > 1$ semaine et ≤ 1 mois
$0 > 1$ mois et ≤ 1 an
$0 > 1$ an | <input type="checkbox"/> |
| o Tritium | $0 \leq 1$ semaine
$0 > 1$ semaine et ≤ 1 mois
$0 > 1$ mois et ≤ 1 an
$0 > 1$ an | <input type="checkbox"/> |
| o Carbone 14 | $0 \leq 1$ semaine
$0 > 1$ semaine et ≤ 1 mois
$0 > 1$ mois et ≤ 1 an
$0 > 1$ an | <input type="checkbox"/> |
| o Phosphore 32 | $0 \leq 1$ semaine
$0 > 1$ semaine et ≤ 1 mois
$0 > 1$ mois et ≤ 1 an
$0 > 1$ an | <input type="checkbox"/> |
| o Phosphore 33 | $0 \leq 1$ semaine
$0 > 1$ semaine et ≤ 1 mois
$0 > 1$ mois et ≤ 1 an
$0 > 1$ an | <input type="checkbox"/> |
| o Chrome 51 | $0 \leq 1$ semaine
$0 > 1$ semaine et ≤ 1 mois
$0 > 1$ mois et ≤ 1 an
$0 > 1$ an | <input type="checkbox"/> |
| o Tc 99 m | $0 \leq 1$ semaine
$0 > 1$ semaine et ≤ 1 mois
$0 > 1$ mois et ≤ 1 an
$0 > 1$ an | <input type="checkbox"/> |
| o Thallium 201 | $0 \leq 1$ semaine
$0 > 1$ semaine et ≤ 1 mois
$0 > 1$ mois et ≤ 1 an
$0 > 1$ an | <input type="checkbox"/> |
| o Calcium 45 | $0 \leq 1$ semaine
$0 > 1$ semaine et ≤ 1 mois
$0 > 1$ mois et ≤ 1 an
$0 > 1$ an | <input type="checkbox"/> |
| o Calcium 47 | $0 \leq 1$ semaine
$0 > 1$ semaine et ≤ 1 mois
$0 > 1$ mois et ≤ 1 an
$0 > 1$ an | <input type="checkbox"/> |

- ≤ 1 semaine
- > 1 semaine et ≤ 1 mois
- > 1 mois et ≤ 1 an
- > 1 an

o Indium 111

- ≤ 1 semaine
- > 1 semaine et ≤ 1 mois
- > 1 mois et ≤ 1 an
- > 1 an

o Autres radioéléments : Préciser lesquels : _____

- ≤ 1 semaine
- > 1 semaine et ≤ 1 mois
- > 1 mois et ≤ 1 an
- > 1 an

Q20 : Connaissez-vous le mode d'élimination des déchets à partir de votre laboratoire ?

- Oui
- Non

Si oui :

o Soufre 35

- Elimination par entreprise spécialisée avec enlèvement directement dans le laboratoire.
- Elimination par entreprise spécialisée, avec enlèvement après stockage dans un local commun à plusieurs laboratoires.
- Elimination par le circuit des déchets ordinaires après période de décroissance suffisante, dans le laboratoire.
- Elimination par le circuit des déchets ordinaires après période de décroissance suffisante, dans le local commun.
- Autres : Préciser lesquels : _____

o Fer 59

- Elimination par entreprise spécialisée avec enlèvement directement dans le laboratoire.
- Elimination par entreprise spécialisée, avec enlèvement après stockage dans un local commun à plusieurs laboratoires.
- Elimination par le circuit des déchets ordinaires après période de décroissance suffisante, dans le laboratoire.
- Elimination par le circuit des déchets ordinaires après période de décroissance suffisante, dans le local commun.
- Autres : Préciser lesquels : _____

o Sodium 22

- Elimination par entreprise spécialisée avec enlèvement directement dans le laboratoire.
- Elimination par entreprise spécialisée, avec enlèvement après stockage dans un local commun à plusieurs laboratoires.

o Elimination par le circuit des déchets ordinaires après période de décroissance suffisante, dans le laboratoire.

o Elimination par le circuit des déchets ordinaires après période de décroissance suffisante, dans le local commun.

o Autres : Préciser lesquels : _____

o Sodium 24

o Elimination par entreprise spécialisée avec enlèvement directement dans le laboratoire.

o Elimination par entreprise spécialisée, avec enlèvement après stockage dans un local commun à plusieurs laboratoires.

o Elimination par le circuit des déchets ordinaires après période de décroissance suffisante, dans le laboratoire.

o Elimination par le circuit des déchets ordinaires après période de décroissance suffisante, dans le local commun.

o Autres : Préciser lesquels : _____

o Iode 125

o Elimination par entreprise spécialisée avec enlèvement directement dans le laboratoire.

o Elimination par entreprise spécialisée, avec enlèvement après stockage dans un local commun à plusieurs laboratoires.

o Elimination par le circuit des déchets ordinaires après période de décroissance suffisante, dans le laboratoire.

o Elimination par le circuit des déchets ordinaires après période de décroissance suffisante, dans le local commun.

o Autres : Préciser lesquels : _____

o Iode 131

o Elimination par entreprise spécialisée avec enlèvement directement dans le laboratoire.

o Elimination par entreprise spécialisée, avec enlèvement après stockage dans un local commun à plusieurs laboratoires.

o Elimination par le circuit des déchets ordinaires après période de décroissance suffisante, dans le laboratoire.

o Elimination par le circuit des déchets ordinaires après période de décroissance suffisante, dans le local commun.

o Autres : Préciser lesquels : _____

o Tritium

o Elimination par entreprise spécialisée avec enlèvement directement dans le laboratoire.

o Elimination par entreprise spécialisée, avec enlèvement après stockage dans un local commun à plusieurs laboratoires.

o Elimination par le circuit des déchets ordinaires après période de décroissance suffisante, dans le laboratoire.

o Elimination par le circuit des déchets ordinaires après période de décroissance suffisante, dans le local commun.

o Autres : Préciser lesquels : _____

o Carbone 14

o Elimination par entreprise spécialisée avec enlèvement

directement dans le laboratoire.

o Elimination par entreprise spécialisée, avec enlèvement après stockage dans un local commun à plusieurs laboratoires.

o Elimination par le circuit des déchets ordinaires après période de décroissance suffisante, dans le laboratoire.

o Elimination par le circuit des déchets ordinaires après période de décroissance suffisante, dans le local commun.

o Autres : Préciser lesquels : _____

o Phosphore 32

o Elimination par entreprise spécialisée avec enlèvement directement dans le laboratoire.

o Elimination par entreprise spécialisée, avec enlèvement après stockage dans un local commun à plusieurs laboratoires.

o Elimination par le circuit des déchets ordinaires après période de décroissance suffisante, dans le laboratoire.

o Elimination par le circuit des déchets ordinaires après période de décroissance suffisante, dans le local commun.

o Autres : Préciser lesquels : _____

o Phosphore 33

o Elimination par entreprise spécialisée avec enlèvement directement dans le laboratoire.

o Elimination par entreprise spécialisée, avec enlèvement après stockage dans un local commun à plusieurs laboratoires.

o Elimination par le circuit des déchets ordinaires après période de décroissance suffisante, dans le laboratoire.

o Elimination par le circuit des déchets ordinaires après période de décroissance suffisante, dans le local commun.

o Autres : Préciser lesquels : _____

o Chrome 51

o Elimination par entreprise spécialisée avec enlèvement directement dans le laboratoire.

o Elimination par entreprise spécialisée, avec enlèvement après stockage dans un local commun à plusieurs laboratoires.

o Elimination par le circuit des déchets ordinaires après période de décroissance suffisante, dans le laboratoire.

o Elimination par le circuit des déchets ordinaires après période de décroissance suffisante, dans le local commun.

o Autres : Préciser lesquels : _____

o Tc 99 m

o Elimination par entreprise spécialisée avec enlèvement directement dans le laboratoire.

o Elimination par entreprise spécialisée, avec enlèvement après stockage dans un local commun à plusieurs laboratoires.

o Elimination par le circuit des déchets ordinaires après période de décroissance suffisante, dans le laboratoire.

o Elimination par le circuit des déchets ordinaires après

période de décroissance suffisante, dans le local commun.

o Autres : Préciser lesquels : _____

o Thallium 201

o Elimination par entreprise spécialisée avec enlèvement directement dans le laboratoire.

o Elimination par entreprise spécialisée, avec enlèvement après stockage dans un local commun à plusieurs laboratoires.

o Elimination par le circuit des déchets ordinaires après période de décroissance suffisante, dans le laboratoire.

o Elimination par le circuit des déchets ordinaires après période de décroissance suffisante, dans le local commun.

o Autres : Préciser lesquels : _____

o Calcium 45

o Elimination par entreprise spécialisée avec enlèvement directement dans le laboratoire.

o Elimination par entreprise spécialisée, avec enlèvement après stockage dans un local commun à plusieurs laboratoires.

o Elimination par le circuit des déchets ordinaires après période de décroissance suffisante, dans le laboratoire.

o Elimination par le circuit des déchets ordinaires après période de décroissance suffisante, dans le local commun.

o Autres : Préciser lesquels : _____

o Calcium 47

o Elimination par entreprise spécialisée avec enlèvement directement dans le laboratoire.

o Elimination par entreprise spécialisée, avec enlèvement après stockage dans un local commun à plusieurs laboratoires.

o Elimination par le circuit des déchets ordinaires après période de décroissance suffisante, dans le laboratoire.

o Elimination par le circuit des déchets ordinaires après période de décroissance suffisante, dans le local commun.

o Autres : Préciser lesquels : _____

o Indium 111

o Elimination par entreprise spécialisée avec enlèvement directement dans le laboratoire.

o Elimination par entreprise spécialisée, avec enlèvement après stockage dans un local commun à plusieurs laboratoires.

o Elimination par le circuit des déchets ordinaires après période de décroissance suffisante, dans le laboratoire.

o Elimination par le circuit des déchets ordinaires après période de décroissance suffisante, dans le local commun.

o Autres : Préciser lesquels : _____

o Autres radioéléments : Préciser lesquels : _____

o Elimination par entreprise spécialisée avec enlèvement directement dans le laboratoire.

o Elimination par entreprise spécialisée, avec enlèvement après stockage dans un local commun à plusieurs laboratoires.



Elimination par le circuit des déchets ordinaires après période de décroissance suffisante, dans le laboratoire.

Elimination par le circuit des déchets ordinaires après période de décroissance suffisante, dans le local commun.

Autres : Préciser lesquels : _____

Q21 : En cas d'incident ou d'accident au cours de la manipulation de radioéléments, quels sont par ordre de priorité les personnes que vous contacteriez (plusieurs réponses possibles, à hiérarchiser en les numérotant de 1 à 7) ?

Chef de service

Personne compétente en radioprotection

Médecin du travail

Ingénieur sécurité

Direction de l'établissement

Comité d'Hygiène et Sécurité (ou C.H.S.C.T.)

Autre : Préciser _____

Q22: Avez-vous déjà eu une formation sur les risques liés à la manipulation des radioéléments ?

Oui

Non

Si non, pourquoi ?

Si oui, était-elle suffisante : Oui Non

Année de la formation : _____

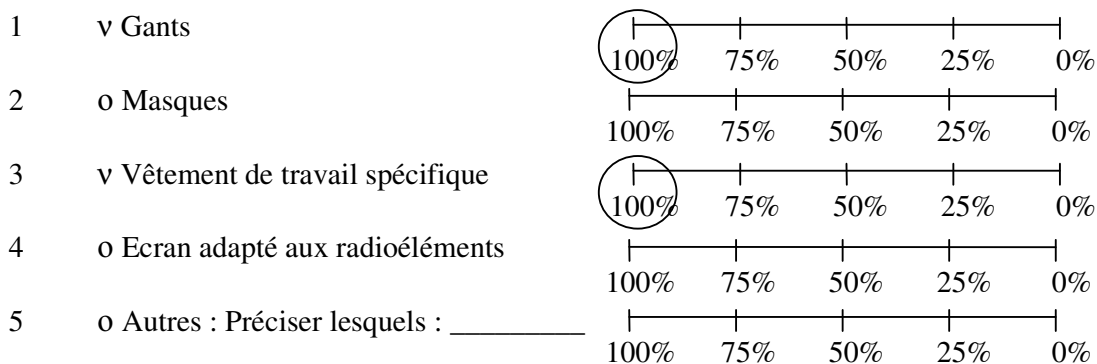
Lieu de formation :

Commentaires sur ce questionnaire (en clair) :

« GOLD STANDARD » DES REPONSES AU QUESTIONNAIRE.

Soufre 35

Q6 : Quels sont les moyens de protection individuelle que vous utilisez lorsque vous manipulez des radioéléments ?



CODAGE DE REFERENCE : 1 3

Si réponse 1 3 Score : 4

Si réponse 1 et 3 et 2 et/ou 4 et/ou 5 Score : 3

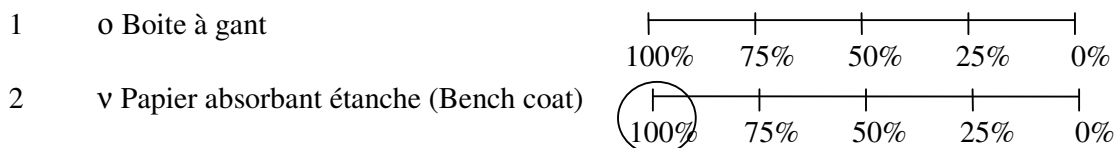
Si réponse 1 ou 3 Score : 2

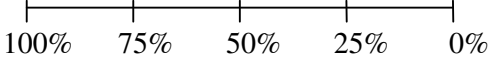
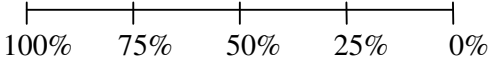
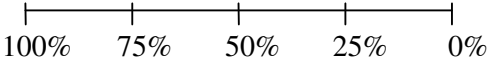
Si réponse 1 ou 3 et 2 et/ou 4 et/ou 5 Score : 1

Si réponse 2 et/ou 4 et/ou 5 Score : 0

Si la fréquence approximative en temps est différente de 100%, le score est divisé par 2.

Q8 : Quels sont les moyens de protection du poste de manipulation que vous utilisez ? (Cochez la fréquence approximative en temps sur l'échelle de valeur analogique)



- 3 o Protéger Seringue 
- 4 o Hotte 
- 5 o Autres : Préciser lesquels : _____ 

CODAGE DE REFERENCE : 2

Si réponse 2 Score : 4

Si réponse 2 et 1 et/ou 3 et/ou 4 et/ou 5 Score : 3

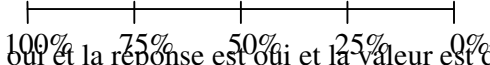
Si réponse 1 et/ou 3 et/ou 4 et/ou 5 Score : 0

Si la fréquence approximative en temps est différente de 100%, le score est divisé par 2.

Q9 : PORTEZ-VOUS REGULIEREMENT UN DOSIMETRE INDIVIDUEL ?

_____ o OUI v NON

Si oui, proportion du temps de manipulation des radioéléments pendant lequel vous le portez.

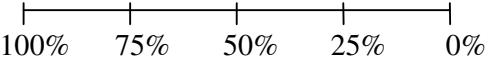
- 
- Si réponse de référence est oui et la réponse est oui et la valeur est de 100% : Score : 4
- Si réponse de référence est oui et la réponse est oui mais la valeur est inférieure à 100% : Score : 2
- Si réponse de référence est oui et la réponse est non : Score : 0
- Si la réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2. Sauf si le dosifilm est justifiée dans le cadre d'autres manipulations. Si cela est le cas : Score : 4

Q10 BIS : EN OUTRE, PORTEZ-VOUS UN AUTRE DETECTEUR DE DOSE ?

o Oui v Non

Si oui, : Préciser lequel : _____

Si oui, proportion du temps de manipulation des radioéléments pendant lequel vous le portez.

- 
- Si réponse de référence : Score : 4
- Si la réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2. Sauf si l'autre détecteur de dose est justifiée dans le cadre d'autres manipulations. Si cela est le cas : Score : 4

Q11 : AVEZ-VOUS REGULIEREMENT DES EXAMENS RADIOTOXICOLOGIQUES DES URINES ?

v Oui o Non

Si oui, avec quelle fréquence :

o 1 fois par an v 2 fois par an Autres : Préciser: _____

Si réponse de référence : Score : 4

Si réponse de référence est oui et si la réponse est oui mais la valeur de la fréquence est différente : Score : 2

Si réponse de référence est oui et la réponse est non : Score : 0

Si réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2

Q13 : Utilisez-vous des procédures de décontamination personnelle en routine ?
(nettoyage systématique des mains en fin de manipulation par exemple)

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q14 : Utilisez-vous des procédures de décontamination de votre poste de travail en routine ? (nettoyage systématique de la paillasse en fin de manipulation, ...)

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q15: Connaissez-vous les procédures de décontamination adaptées à chaque radioélément que vous utilisez en cas d'incident ou d'accident ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q18 : CONNAISSEZ-VOUS LES CONDITIONS DE STOCKAGE DES DECHETS DANS VOTRE LABORATOIRE ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q20 : CONNAISSEZ-VOUS LE MODE D'ELIMINATION DES DECHETS A PARTIR DE VOTRE LABORATOIRE ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q22: AVEZ-VOUS DEJA EU UNE FORMATION SUR LES RISQUES LIES A LA MANIPULATION DES RADIOELEMENTS ?

Oui Non

Si oui, était-elle suffisante ?

Oui Non

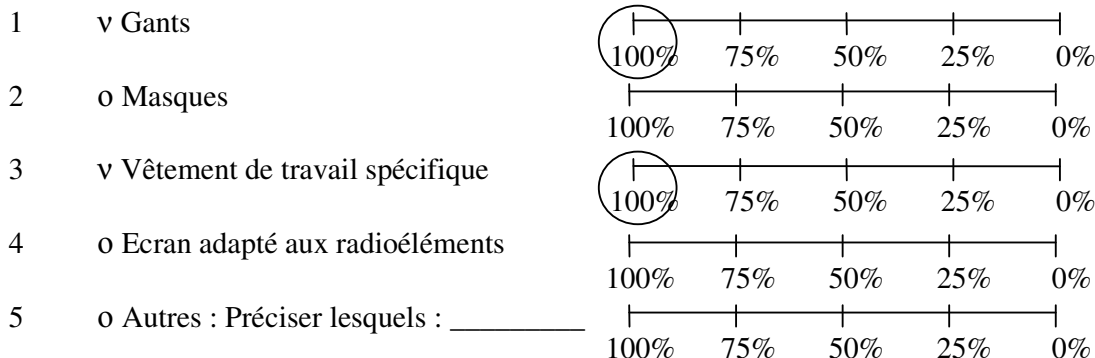
Si réponse est Oui et Oui : Score : 4

Si réponse est Oui et Non : Score : 2

Si réponse est Non ou s'il n'y a pas de réponse : Score : 0

Iode 125

Q6 : Quels sont les moyens de protection individuelle que vous utilisez lorsque vous manipulez des radioéléments ?



CODAGE DE REFERENCE : 1 3

Si réponse 1 3 Score : 4

Si réponse 1 et 3 et 2 et/ou 4 et/ou 5 Score : 3

Si réponse 1 ou 3 Score : 2

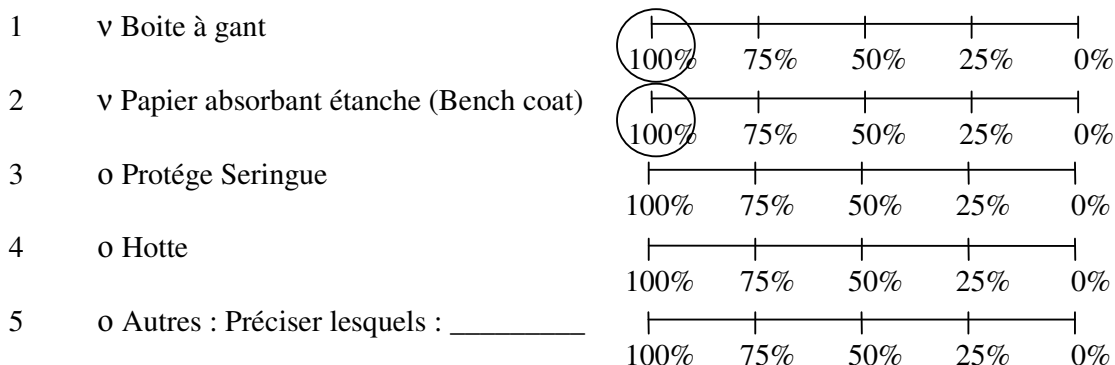
Si réponse 1 ou 3 et 2 et/ou 4 et/ou 5 Score : 1

Si réponse 2 et/ou 4 et/ou 5 Score : 0.

Si la fréquence approximative en temps est différente de 100%, le score est divisé par 2.

Si la manipulation se fait sans boîte à gant, il faut manipuler avec un masque (réponse 2).

Q8 : Quels sont les moyens de protection du poste de manipulation que vous utilisez ? (Cochez la fréquence approximative en temps sur l'échelle de valeur analogique)



CODAGE DE REFERENCE : 1 2

Si réponse 1 2 Score : 4

Si réponse 1 et 2 et 3 et/ou 4 et/ou 5 Score : 3

Si réponse 1 ou 2 Score : 2

Si réponse 1 ou 2 et 3 et/ou 4 et/ou 5 Score : 1

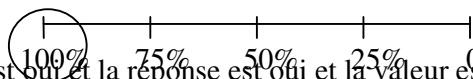
Si réponse 3 et/ou 4 et/ou 5 Score : 0.

Si la fréquence approximative en temps est différente de 100%, le score est divisé par 2.

Q9 : PORTEZ-VOUS REGULIEREMENT UN DOSIMETRE INDIVIDUEL ?

OUI NON

Si oui, proportion du temps de manipulation des radioéléments pendant lequel vous le portez.



Si réponse de référence est oui et la réponse est oui et la valeur est de 100% : Score : 4

Si réponse de référence est oui et la réponse est oui mais la valeur est inférieure à 100% : Score : 2

Si réponse de référence est oui et la réponse est non : Score : 0

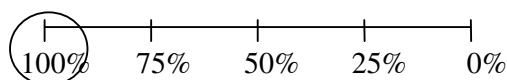
Si la réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2. Sauf si le dosifilm est justifiée dans le cadre d'autres manipulations. Si cela est le cas : Score : 4

Q10 BIS : EN OUTRE, PORTEZ-VOUS UN AUTRE DETECTEUR DE DOSE ?

OUI NON

Si oui, : Préciser lequel : _____

Si oui, proportion du temps de manipulation des radioéléments pendant lequel vous le portez.



Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2. Sauf si l'autre détecteur de dose est justifiée dans le cadre d'autres manipulations. Si cela est le cas : Score : 4

Q11 : AVEZ-VOUS REGULIEREMENT DES EXAMENS RADIOTOXICOLOGIQUES DES URINES ?

OUI NON

Si oui, avec quelle fréquence :

1 fois par an 2 fois par an Autres : Préciser: _____

Si réponse de référence : Score : 4

Si réponse de référence est oui et si la réponse est oui mais la valeur de la fréquence est différente : Score : 2

Si réponse de référence est oui et la réponse est non : Score : 0

Si réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2

Q13 : Utilisez-vous des procédures de décontamination personnelle en routine ? (nettoyage systématique des mains en fin de manipulation par exemple)

OUI NON

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q14 : Utilisez-vous des procédures de décontamination de votre poste de travail en routine ? (nettoyage systématique de la paillasse en fin de manipulation, ...)

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q15: Connaissez-vous les procédures de décontamination adaptées à chaque radioélément que vous utilisez en cas d'incident ou d'accident ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q18 : CONNAISSEZ-VOUS LES CONDITIONS DE STOCKAGE DES DECHETS DANS VOTRE LABORATOIRE ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q20 : CONNAISSEZ-VOUS LE MODE D'ELIMINATION DES DECHETS A PARTIR DE VOTRE LABORATOIRE ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q22: AVEZ-VOUS DEJA EU UNE FORMATION SUR LES RISQUES LIES A LA MANIPULATION DES RADIOELEMENTS ?

Oui Non

Si oui, était-elle suffisante ?

Oui Non

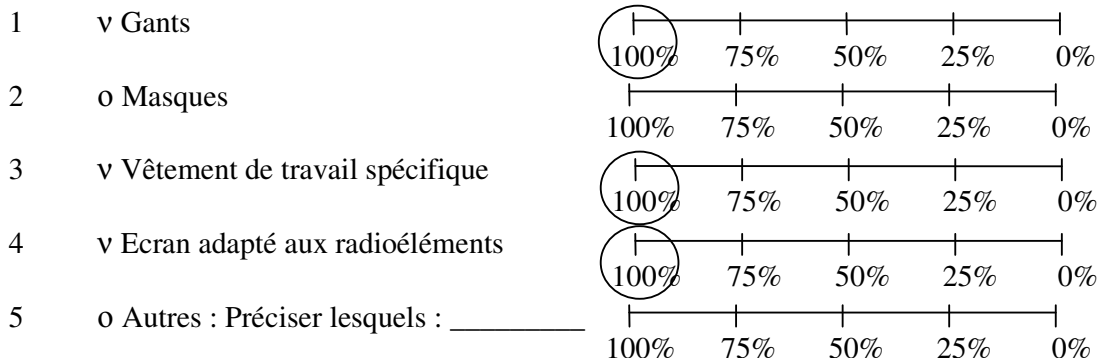
Si réponse est Oui et Oui : Score : 4

Si réponse est Oui et Non : Score : 2

Si réponse est Non ou s'il n'y a pas de réponse : Score : 0

Iode 131

Q6 : Quels sont les moyens de protection individuelle que vous utilisez lorsque vous manipulez des radioéléments ?



CODAGE DE REFERENCE : 1 3 4

Si réponse 1 3 4 Score : 4

Si réponse 1 et 3 et 4 et/ou 2 et/ou 5 Score : 3

Si réponse 1 et 3 ou 1 et 4 ou 3 et 4 Score : 2

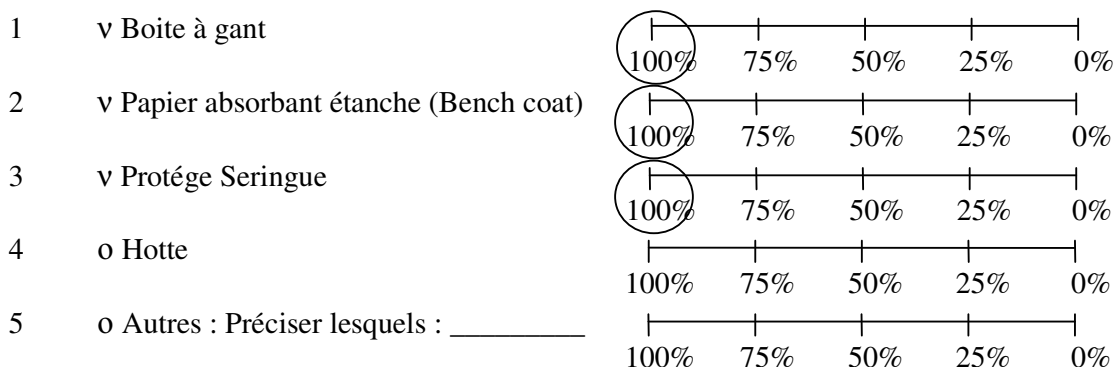
Si réponse 1 ou 3 ou 4 et 2 et/ou 5 Score : 1

Si réponse 2 et/ou 5 Score : 0.

Si la manipulation se fait sans boîte à gant, il faut manipuler avec un masque (réponse 2).

Si la fréquence approximative en temps est différente de 100%, le score est divisé par 2.

Q8 : Quels sont les moyens de protection du poste de manipulation que vous utilisez ? (Cochez la fréquence approximative en temps sur l'échelle de valeur analogique)



CODAGE DE REFERENCE : 1 2 3

Si réponse 1 2 3 Score : 4

Si réponse 1 et 2 et 3 et/ou 4 et/ou 5 Score : 3

Si réponse 1 et 2 ou 1 et 3 ou 2 et 3 Score : 2

Si réponse 1 ou 2 ou 3 et 4 et/ou 5 Score : 1

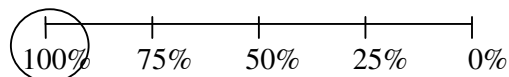
Si réponse 4 et/ou 5 Score : 0.

Si la fréquence approximative en temps est différente de 100%, le score est divisé par 2.

Q9 : PORTEZ-VOUS REGULIEREMENT UN DOSIMETRE INDIVIDUEL ?

OUI NON

Si oui, proportion du temps de manipulation des radioéléments pendant lequel vous le portez.



Si réponse de référence est oui et la réponse est oui et la valeur est de 100% : Score : 4

Si réponse de référence est oui et la réponse est oui mais la valeur est inférieure à 100% : Score : 2

Si réponse de référence est oui et la réponse est non : Score : 0

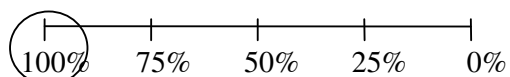
Si la réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2. Sauf si le dosifilm est justifiée dans le cadre d'autres manipulations. Si cela est le cas : Score : 4

Q10 BIS : EN OUTRE, PORTEZ-VOUS UN AUTRE DETECTEUR DE DOSE ?

Oui Non

Si oui, : Préciser lequel : _____

Si oui, proportion du temps de manipulation des radioéléments pendant lequel vous le portez.



Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2. Sauf si l'autre détecteur de dose est justifiée dans le cadre d'autres manipulations. Si cela est le cas : Score : 4

Q11 : AVEZ-VOUS REGULIEREMENT DES EXAMENS RADIOTOXICOLOGIQUES DES URINES ?

Oui Non

Si oui, avec quelle fréquence :

1 fois par an 2 fois par an Autres : Préciser: _____

Si réponse de référence : Score : 4

Si réponse de référence est oui et si la réponse est oui mais la valeur de la fréquence est différente : Score : 2

Si réponse de référence est oui et la réponse est non : Score : 0

Si réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2

Q13 : Utilisez-vous des procédures de décontamination personnelle en routine ? (nettoyage systématique des mains en fin de manipulation par exemple)

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q14 : Utilisez-vous des procédures de décontamination de votre poste de travail en routine ? (nettoyage systématique de la paillasse en fin de manipulation, ...)

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q15: Connaissez-vous les procédures de décontamination adaptées à chaque radioélément que vous utilisez en cas d'incident ou d'accident ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q18 : CONNAISSEZ-VOUS LES CONDITIONS DE STOCKAGE DES DECHETS DANS VOTRE LABORATOIRE ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q20 : CONNAISSEZ-VOUS LE MODE D'ELIMINATION DES DECHETS A PARTIR DE VOTRE LABORATOIRE ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q22: AVEZ-VOUS DEJA EU UNE FORMATION SUR LES RISQUES LIES A LA MANIPULATION DES RADIOELEMENTS ?

Oui Non

Si oui, était-elle suffisante ?

Oui Non

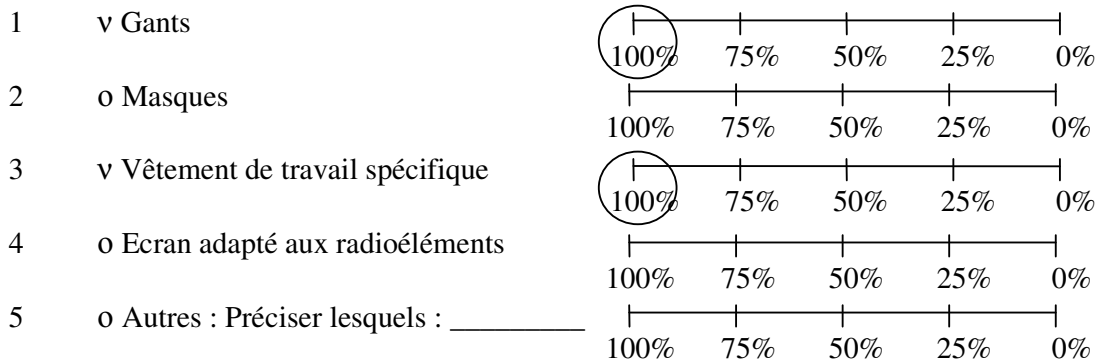
Si réponse est Oui et Oui : Score : 4

Si réponse est Oui et Non : Score : 2

Si réponse est Non ou s'il n'y a pas de réponse : Score : 0

Tritium

Q6 : Quels sont les moyens de protection individuelle que vous utilisez lorsque vous manipulez des radioéléments ?



CODAGE DE REFERENCE : 1 3

Si réponse 1 3 Score : 4

Si réponse 1 et 3 et 2 et/ou 4 et/ou 5 Score : 3

Si réponse 1 ou 3 Score : 2

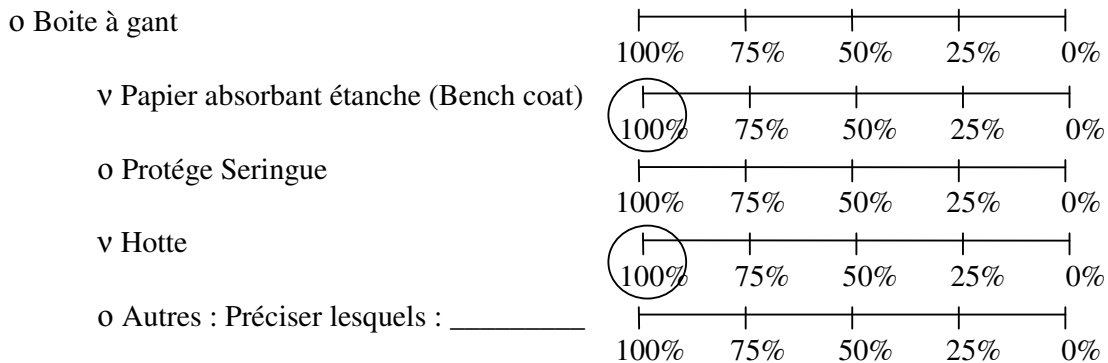
Si réponse 1 ou 3 et 2 et/ou 4 et/ou 5 Score : 1

Si réponse 2 et/ou 4 et/ou 5 Score : 0.

Si utilisation pour marquage, il faut manipuler avec un masque (réponse 2).

Si la fréquence approximative en temps est différente de 100%, le score est divisé par 2.

Q8 : Quels sont les moyens de protection du poste de manipulation que vous utilisez ? (Cochez la fréquence approximative en temps sur l'échelle de valeur analogique)



CODAGE DE REFERENCE : 2 4

Si réponse 2 4 Score : 4

Si réponse 2 et 4 et 1 et/ou 3 et/ou 5 Score : 3

Si réponse 2 ou 4 Score : 2

Si réponse 2 ou 4 et 1 et/ou 3 et/ou 5 Score : 1

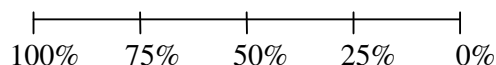
Si réponse 1 et/ou 3 et/ou 5 Score : 0.

Si la fréquence approximative en temps est différente de 100%, le score est divisé par 2.

Q9 : PORTEZ-VOUS REGULIEREMENT UN DOSIMETRE INDIVIDUEL ?

OUI NON

Si oui, proportion du temps de manipulation des radioéléments pendant lequel vous le portez.



Si réponse de référence est oui et la réponse est oui et la valeur est de 100% : Score : 4

Si réponse de référence est oui et la réponse est oui mais la valeur est inférieure à 100% : Score : 2

Si réponse de référence est oui et la réponse est non : Score : 0

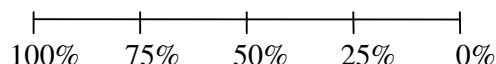
Si la réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2. Sauf si le dosifilm est justifiée dans le cadre d'autres manipulations. Si cela est le cas : Score : 4

Q10 BIS : EN OUTRE, PORTEZ-VOUS UN AUTRE DETECTEUR DE DOSE ?

OUI NON

Si oui, : Préciser lequel : _____

Si oui, proportion du temps de manipulation des radioéléments pendant lequel vous le portez.



Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2. Sauf si l'autre détecteur de dose est justifiée dans le cadre d'autres manipulations. Si cela est le cas : Score : 4

Q11 : AVEZ-VOUS REGULIEREMENT DES EXAMENS RADIOTOXICOLOGIQUES DES URINES ?

OUI NON

Si oui, avec quelle fréquence :

1 fois par an 2 fois par an Autres : Préciser: _____

Si réponse de référence : Score : 4

Si réponse de référence est oui et si la réponse est oui mais la valeur de la fréquence est différente : Score : 2

Si réponse de référence est oui et la réponse est non : Score : 0

Si réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2

Q13 : Utilisez-vous des procédures de décontamination personnelle en routine ? (nettoyage systématique des mains en fin de manipulation par exemple)

OUI NON

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q14 : Utilisez-vous des procédures de décontamination de votre poste de travail en routine ? (nettoyage systématique de la paillasse en fin de manipulation, ...)

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q15: Connaissez-vous les procédures de décontamination adaptées à chaque radioélément que vous utilisez en cas d'incident ou d'accident ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q18 : CONNAISSEZ-VOUS LES CONDITIONS DE STOCKAGE DES DECHETS DANS VOTRE LABORATOIRE ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q20 : CONNAISSEZ-VOUS LE MODE D'ELIMINATION DES DECHETS A PARTIR DE VOTRE LABORATOIRE ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q22: AVEZ-VOUS DEJA EU UNE FORMATION SUR LES RISQUES LIES A LA MANIPULATION DES RADIOELEMENTS ?

Oui Non

Si oui, était-elle suffisante ?

Oui Non

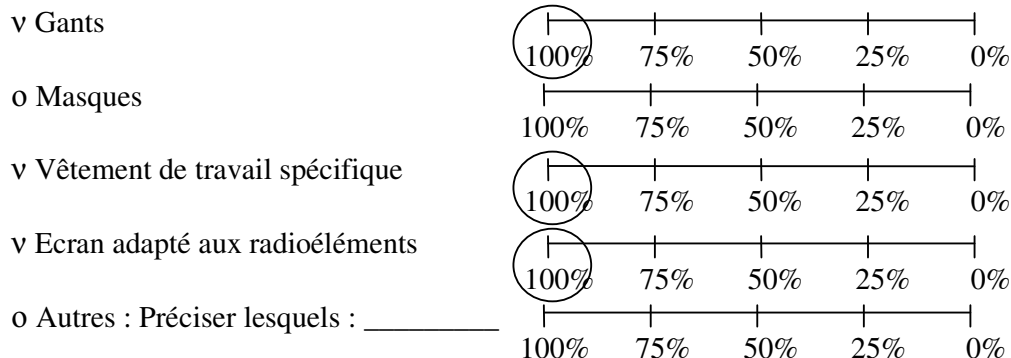
Si réponse est Oui et Oui : Score : 4

Si réponse est Oui et Non : Score : 2

Si réponse est Non ou s'il n'y a pas de réponse : Score : 0

Carbone 14

Q6 : Quels sont les moyens de protection individuelle que vous utilisez lorsque vous manipulez des radioéléments ?



CODAGE DE REFERENCE : 1 3 4

Si réponse 1 3 4 Score : 4

Si réponse 1 et 3 et 4 et 2 et/ou 5 Score : 3

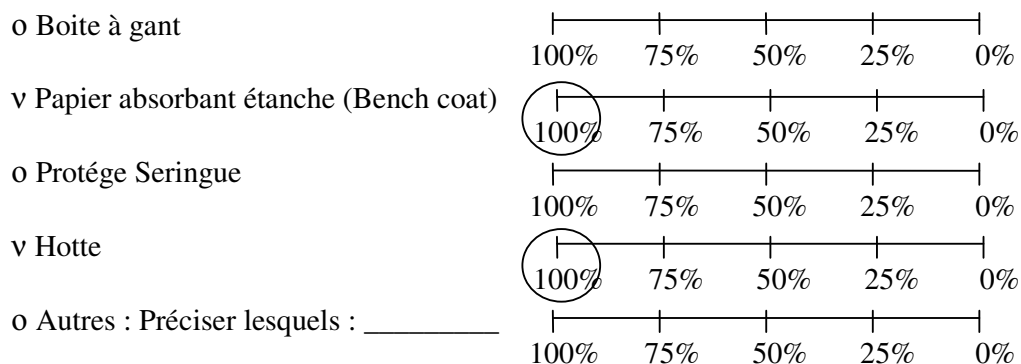
Si réponse 1 ou 3 ou 4 Score : 2

Si réponse 1 ou 3 ou 4 et 2 et/ou 5 Score : 1

Si réponse 2 et/ou 5 Score : 0.

Si la fréquence approximative en temps est différente de 100%, le score est divisé par 2.

Q8 : Quels sont les moyens de protection du poste de manipulation que vous utilisez ? (Cochez la fréquence approximative en temps sur l'échelle de valeur analogique)



CODAGE DE REFERENCE : 2 4

Si réponse 2 4 Score : 4

Si réponse 2 et 4 et 1 et/ou 3 et/ou 5 Score : 3

Si réponse 2 ou 4 Score : 2

Si réponse 2 ou 4 et 1 et/ou 3 et/ou 5 Score : 1

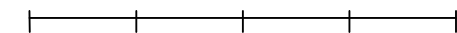
Si réponse 1 et/ou 3 et/ou 5 Score : 0.

Si la fréquence approximative en temps est différente de 100%, le score est divisé par 2.

Q9 : PORTEZ-VOUS REGULIEREMENT UN DOSIMETRE INDIVIDUEL ?

OUI NON

Si oui, proportion du temps de manipulation des radioéléments pendant lequel vous le portez.



Si réponse de référence est oui et la réponse est oui et la valeur est de 100% : Score : 4

Si réponse de référence est oui et la réponse est oui mais la valeur est inférieure à 100% : Score : 2

Si réponse de référence est oui et la réponse est non : Score : 0

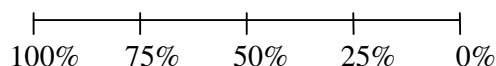
Si la réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2. Sauf si le dosifilm est justifiée dans le cadre d'autres manipulations. Si cela est le cas : Score : 4

Q10 BIS : EN OUTRE, PORTEZ-VOUS UN AUTRE DETECTEUR DE DOSE ?

OUI NON

Si oui, : Préciser lequel : _____

Si oui, proportion du temps de manipulation des radioéléments pendant lequel vous le portez.



Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2. Sauf si l'autre détecteur de dose est justifiée dans le cadre d'autres manipulations. Si cela est le cas : Score : 4

Q11 : AVEZ-VOUS REGULIEREMENT DES EXAMENS RADIOTOXICOLOGIQUES DES URINES ?

OUI NON

Si oui, avec quelle fréquence :

1 fois par an 2 fois par an Autres : Préciser: _____

Si réponse de référence : Score : 4

Si réponse de référence est oui et si la réponse est oui mais la valeur de la fréquence est différente : Score : 2

Si réponse de référence est oui et la réponse est non : Score : 0

Si réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2

Q13 : Utilisez-vous des procédures de décontamination personnelle en routine ? (nettoyage systématique des mains en fin de manipulation par exemple)

OUI NON

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q14 : Utilisez-vous des procédures de décontamination de votre poste de travail en routine ? (nettoyage systématique de la paillasse en fin de manipulation, ...)

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q15: Connaissez-vous les procédures de décontamination adaptées à chaque radioélément que vous utilisez en cas d'incident ou d'accident ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q18 : CONNAISSEZ-VOUS LES CONDITIONS DE STOCKAGE DES DECHETS DANS VOTRE LABORATOIRE ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q20 : CONNAISSEZ-VOUS LE MODE D'ELIMINATION DES DECHETS A PARTIR DE VOTRE LABORATOIRE ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q22: AVEZ-VOUS DEJA EU UNE FORMATION SUR LES RISQUES LIES A LA MANIPULATION DES RADIOELEMENTS ?

Oui Non

Si oui, était-elle suffisante ?

Oui Non

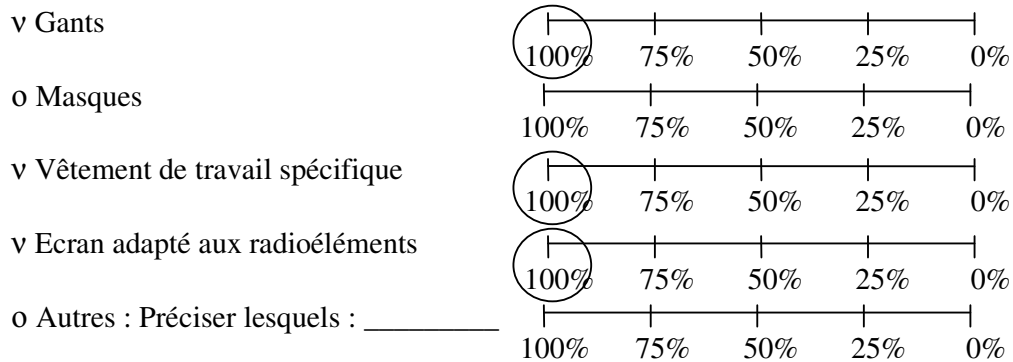
Si réponse est Oui et Oui : Score : 4

Si réponse est Oui et Non : Score : 2

Si réponse est Non ou s'il n'y a pas de réponse : Score : 0

Phosphore 32

Q6 : Quels sont les moyens de protection individuelle que vous utilisez lorsque vous manipulez des radioéléments ?



CODAGE DE REFERENCE : 1 3 4

Si réponse 1 3 4 Score : 4

Si réponse 1 et 3 et 4 et 2 et/ou 5 Score : 3

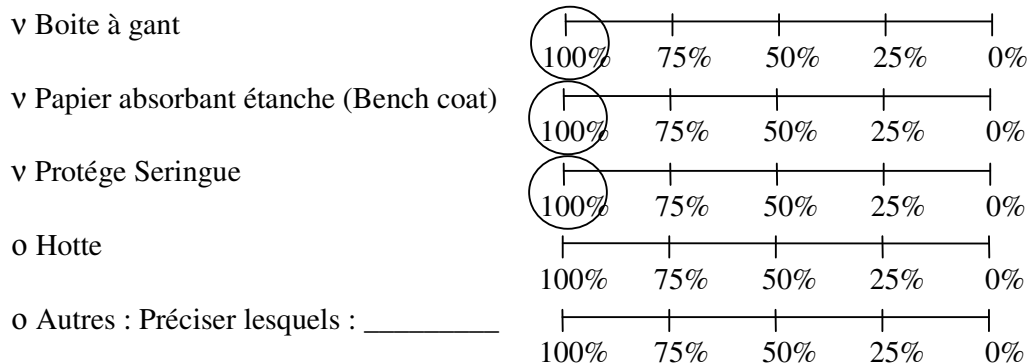
Si réponse 1 ou 3 ou 4 Score : 2

Si réponse 1 ou 3 ou 4 et 2 et/ou 5 Score : 1

Si réponse 2 et/ou 5 Score : 0.

Si la fréquence approximative en temps est différente de 100%, le score est divisé par 2.

Q8 : Quels sont les moyens de protection du poste de manipulation que vous utilisez ? (Cochez la fréquence approximative en temps sur l'échelle de valeur analogique)



CODAGE DE REFERENCE : 1 2 3

Si réponse 1 2 3 Score : 4

Si réponse 1 et 2 et 3 et/ou 4 et/ou 5 Score : 3

Si réponse 1 et 2 ou 1 et 3 ou 2 et 3 Score : 2

Si réponse 1 ou 2 ou 3 et 4 et/ou 5 Score : 1

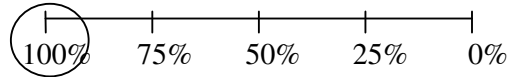
Si réponse 4 et/ou 5 Score : 0.

Si la fréquence approximative en temps est différente de 100%, le score est divisé par 2.

Q9 : PORTEZ-VOUS REGULIEREMENT UN DOSIMETRE INDIVIDUEL ?

OUI NON

Si oui, proportion du temps de manipulation des radioéléments pendant lequel vous le portez.



Si réponse de référence est oui et la réponse est oui et la valeur est de 100% : Score : 4

Si réponse de référence est oui et la réponse est oui mais la valeur est inférieure à 100% : Score : 2

Si réponse de référence est oui et la réponse est non : Score : 0

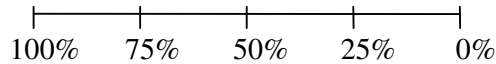
Si la réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2. Sauf si le dosifilm est justifiée dans le cadre d'autres manipulations. Si cela est le cas : Score : 4

Q10 BIS : EN OUTRE, PORTEZ-VOUS UN AUTRE DETECTEUR DE DOSE ?

Oui Non

Si oui, : Préciser lequel : _____

Si oui, proportion du temps de manipulation des radioéléments pendant lequel vous le portez.



Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2. Sauf si l'autre détecteur de dose est justifiée dans le cadre d'autres manipulations. Si cela est le cas : Score : 4

Q11 : AVEZ-VOUS REGULIEREMENT DES EXAMENS RADIOTOXICOLOGIQUES DES URINES ?

Oui Non

Si oui, avec quelle fréquence :

1 fois par an 2 fois par an Autres : Préciser: _____

Si réponse de référence : Score : 4

Si réponse de référence est oui et si la réponse est oui mais la valeur de la fréquence est différente : Score : 2

Si réponse de référence est oui et la réponse est non : Score : 0

Si réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2

Q13 : Utilisez-vous des procédures de décontamination personnelle en routine ? (nettoyage systématique des mains en fin de manipulation par exemple)

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q14 : Utilisez-vous des procédures de décontamination de votre poste de travail en routine ? (nettoyage systématique de la paillasse en fin de manipulation, ...)

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q15: Connaissez-vous les procédures de décontamination adaptées à chaque radioélément que vous utilisez en cas d'incident ou d'accident ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q18 : CONNAISSEZ-VOUS LES CONDITIONS DE STOCKAGE DES DECHETS DANS VOTRE LABORATOIRE ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q20 : CONNAISSEZ-VOUS LE MODE D'ELIMINATION DES DECHETS A PARTIR DE VOTRE LABORATOIRE ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q22: AVEZ-VOUS DEJA EU UNE FORMATION SUR LES RISQUES LIES A LA MANIPULATION DES RADIOELEMENTS ?

Oui Non

Si oui, était-elle suffisante ?

Oui Non

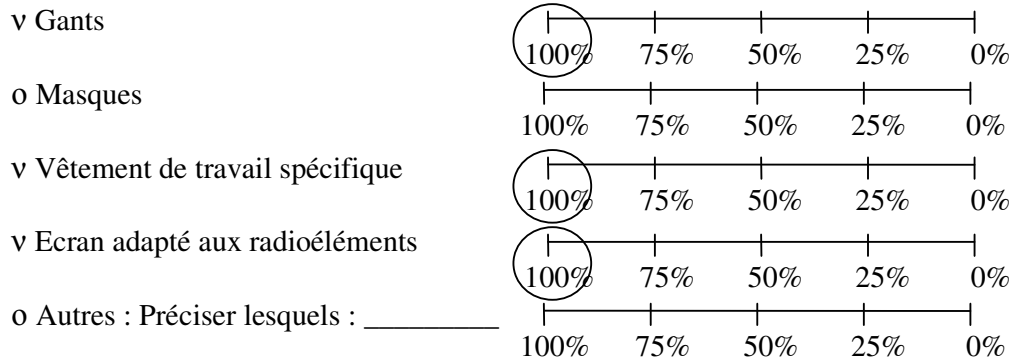
Si réponse est Oui et Oui : Score : 4

Si réponse est Oui et Non : Score : 2

Si réponse est Non ou s'il n'y a pas de réponse : Score : 0

Phosphore 33

Q6 : Quels sont les moyens de protection individuelle que vous utilisez lorsque vous manipulez des radioéléments ?



CODAGE DE REFERENCE : 1 3 4

Si réponse 1 3 4 Score : 4

Si réponse 1 et 3 et 4 et 2 et/ou 5 Score : 3

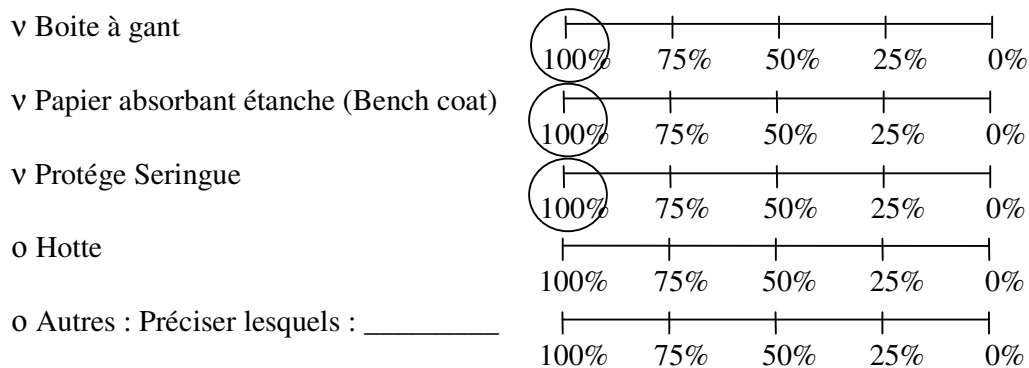
Si réponse 1 ou 3 ou 4 Score : 2

Si réponse 1 ou 3 ou 4 et 2 et/ou 5 Score : 1

Si réponse 2 et/ou 5 Score : 0.

Si la fréquence approximative en temps est différente de 100%, le score est divisé par 2.

Q8 : Quels sont les moyens de protection du poste de manipulation que vous utilisez ? (Cochez la fréquence approximative en temps sur l'échelle de valeur analogique)



CODAGE DE REFERENCE : 1 2 3

Si réponse 1 2 3 Score : 4

Si réponse 1 et 2 et 3 et/ou 4 et/ou 5 Score : 3

Si réponse 1 et 2 ou 1 et 3 ou 2 et 3 Score : 2

Si réponse 1 ou 2 ou 3 et 4 et/ou 5 Score : 1

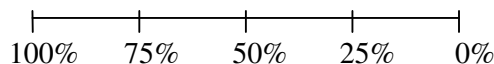
Si réponse 4 et/ou 5 Score : 0.

Si la fréquence approximative en temps est différente de 100%, le score est divisé par 2.

Q9 : PORTEZ-VOUS REGULIEREMENT UN DOSIMETRE INDIVIDUEL ?

OUI NON

Si oui, proportion du temps de manipulation des radioéléments pendant lequel vous le portez.



Si réponse de référence est oui et la réponse est oui et la valeur est de 100% : Score : 4

Si réponse de référence est oui et la réponse est oui mais la valeur est inférieure à 100% : Score : 2

Si réponse de référence est oui et la réponse est non : Score : 0

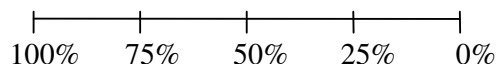
Si la réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2. Sauf si le dosifilm est justifiée dans le cadre d'autres manipulations. Si cela est le cas : Score : 4

Q10 BIS : EN OUTRE, PORTEZ-VOUS UN AUTRE DETECTEUR DE DOSE ?

Oui Non

Si oui, : Préciser lequel : _____

Si oui, proportion du temps de manipulation des radioéléments pendant lequel vous le portez.



Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2. Sauf si l'autre détecteur de dose est justifiée dans le cadre d'autres manipulations. Si cela est le cas : Score : 4

Q11 : AVEZ-VOUS REGULIEREMENT DES EXAMENS RADIOTOXICOLOGIQUES DES URINES ?

Oui Non

Si oui, avec quelle fréquence :

1 fois par an 2 fois par an Autres : Préciser: _____

Si réponse de référence : Score : 4

Si réponse de référence est oui et si la réponse est oui mais la valeur de la fréquence est différente : Score : 2

Si réponse de référence est oui et la réponse est non : Score : 0

Si réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2

Q13 : Utilisez-vous des procédures de décontamination personnelle en routine ? (nettoyage systématique des mains en fin de manipulation par exemple)

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q14 : Utilisez-vous des procédures de décontamination de votre poste de travail en routine ? (nettoyage systématique de la paillasse en fin de manipulation, ...)

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q15: Connaissez-vous les procédures de décontamination adaptées à chaque radioélément que vous utilisez en cas d'incident ou d'accident ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q18 : CONNAISSEZ-VOUS LES CONDITIONS DE STOCKAGE DES DECHETS DANS VOTRE LABORATOIRE ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q20 : CONNAISSEZ-VOUS LE MODE D'ELIMINATION DES DECHETS A PARTIR DE VOTRE LABORATOIRE ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q22: AVEZ-VOUS DEJA EU UNE FORMATION SUR LES RISQUES LIES A LA MANIPULATION DES RADIOELEMENTS ?

Oui Non

Si oui, était-elle suffisante ?

Oui Non

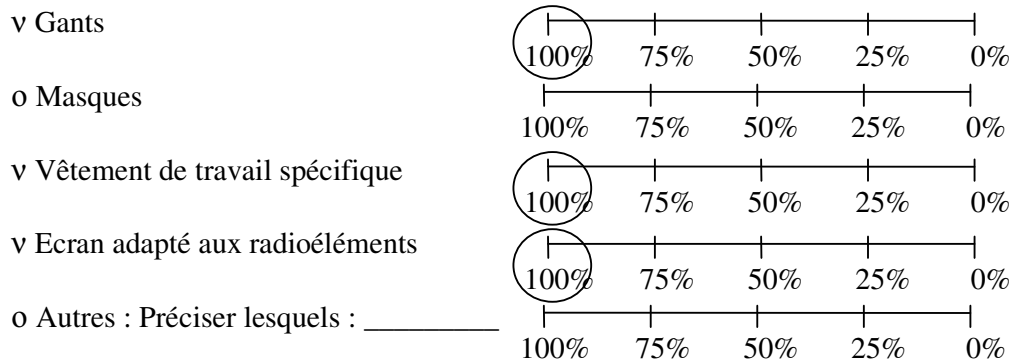
Si réponse est Oui et Oui : Score : 4

Si réponse est Oui et Non : Score : 2

Si réponse est Non ou s'il n'y a pas de réponse : Score : 0

Chrome 51

Q6 : Quels sont les moyens de protection individuelle que vous utilisez lorsque vous manipulez des radioéléments ?



CODAGE DE REFERENCE : 1 3 4

Si réponse 1 3 4 Score : 4

Si réponse 1 et 3 et 4 et 2 et/ou 5 Score : 3

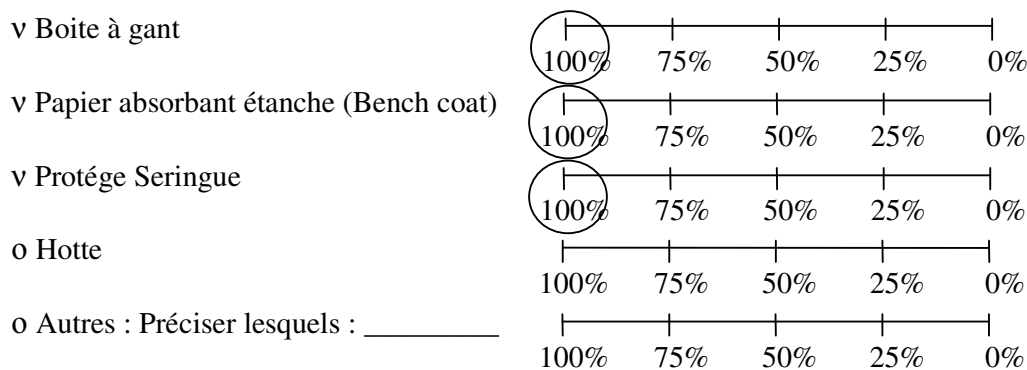
Si réponse 1 ou 3 ou 4 Score : 2

Si réponse 1 ou 3 ou 4 et 2 et/ou 5 Score : 1

Si réponse 2 et/ou 5 Score : 0.

Si la fréquence approximative en temps est différente de 100%, le score est divisé par 2.

Q8 : Quels sont les moyens de protection du poste de manipulation que vous utilisez ? (Cochez la fréquence approximative en temps sur l'échelle de valeur analogique)



CODAGE DE REFERENCE : 1 2 3

Si réponse 1 2 3 Score : 4

Si réponse 1 et 2 et 3 et/ou 4 et/ou 5 Score : 3

Si réponse 1 et 2 ou 1 et 3 ou 2 et 3 Score : 2

Si réponse 1 ou 2 ou 3 et 4 et/ou 5 Score : 1

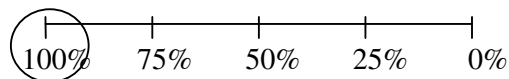
Si réponse 4 et/ou 5 Score : 0.

Si la fréquence approximative en temps est différente de 100%, le score est divisé par 2.

Q9 : PORTEZ-VOUS REGULIEREMENT UN DOSIMETRE INDIVIDUEL ?

OUI NON

Si oui, proportion du temps de manipulation des radioéléments pendant lequel vous le portez.



Si réponse de référence est oui et la réponse est oui et la valeur est de 100% : Score : 4

Si réponse de référence est oui et la réponse est oui mais la valeur est inférieure à 100% : Score : 2

Si réponse de référence est oui et la réponse est non : Score : 0

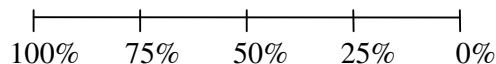
Si la réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2. Sauf si le dosifilm est justifiée dans le cadre d'autres manipulations. Si cela est le cas : Score : 4

Q10 BIS : EN OUTRE, PORTEZ-VOUS UN AUTRE DETECTEUR DE DOSE ?

OUI NON

Si oui, : Préciser lequel : _____

Si oui, proportion du temps de manipulation des radioéléments pendant lequel vous le portez.



Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2. Sauf si l'autre détecteur de dose est justifiée dans le cadre d'autres manipulations. Si cela est le cas : Score : 4

Q11 : AVEZ-VOUS REGULIEREMENT DES EXAMENS RADIOTOXICOLOGIQUES DES URINES ?

OUI NON

Si oui, avec quelle fréquence :

1 fois par an 2 fois par an Autres : Préciser: _____

Si réponse de référence : Score : 4

Si réponse de référence est oui et si la réponse est oui mais la valeur de la fréquence est différente : Score : 2

Si réponse de référence est oui et la réponse est non : Score : 0

Si réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2

Q13 : Utilisez-vous des procédures de décontamination personnelle en routine ? (nettoyage systématique des mains en fin de manipulation par exemple)

OUI NON

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q14 : Utilisez-vous des procédures de décontamination de votre poste de travail en routine ? (nettoyage systématique de la paillasse en fin de manipulation, ...)

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q15: Connaissez-vous les procédures de décontamination adaptées à chaque radioélément que vous utilisez en cas d'incident ou d'accident ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q18 : CONNAISSEZ-VOUS LES CONDITIONS DE STOCKAGE DES DECHETS DANS VOTRE LABORATOIRE ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q20 : CONNAISSEZ-VOUS LE MODE D'ELIMINATION DES DECHETS A PARTIR DE VOTRE LABORATOIRE ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q22: AVEZ-VOUS DEJA EU UNE FORMATION SUR LES RISQUES LIES A LA MANIPULATION DES RADIOELEMENTS ?

Oui Non

Si oui, était-elle suffisante ?

Oui Non

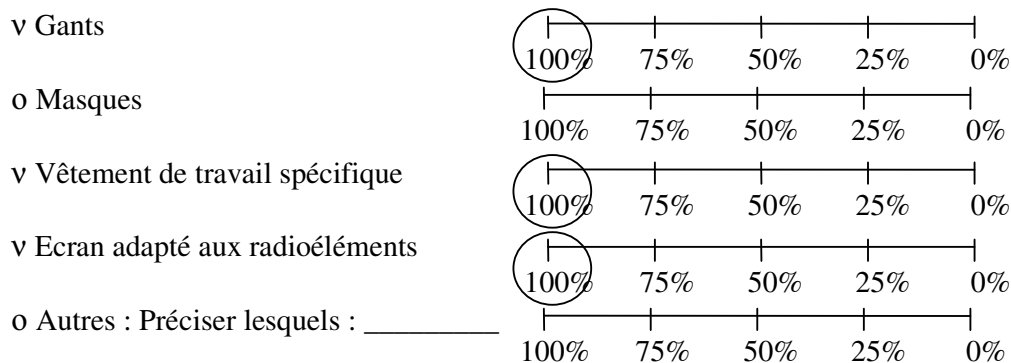
Si réponse est Oui et Oui : Score : 4

Si réponse est Oui et Non : Score : 2

Si réponse est Non ou s'il n'y a pas de réponse : Score : 0

Tc 99 m

Q6 : Quels sont les moyens de protection individuelle que vous utilisez lorsque vous manipulez des radioéléments ?



CODAGE DE REFERENCE : 1 3 4

Si réponse 1 3 4 Score : 4

Si réponse 1 et 3 et 4 et 2 et/ou 5 Score : 3

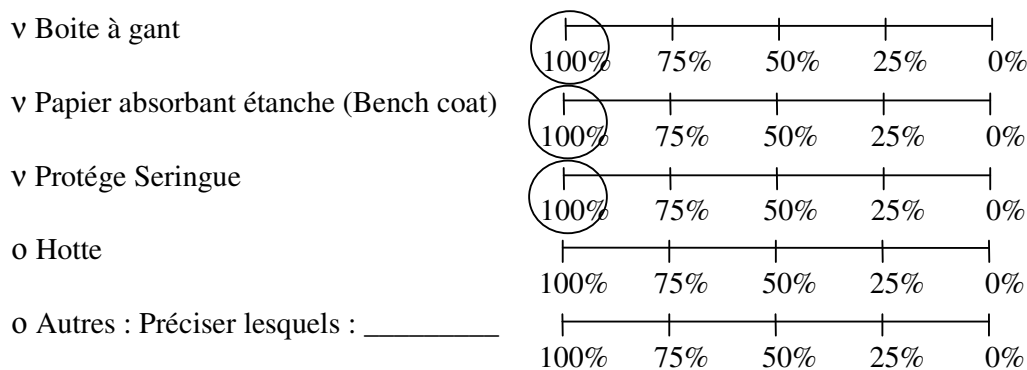
Si réponse 1 ou 3 ou 4 Score : 2

Si réponse 1 ou 3 ou 4 et 2 et/ou 5 Score : 1

Si réponse 2 et/ou 5 Score : 0.

Si la fréquence approximative en temps est différente de 100%, le score est divisé par 2.

Q8 : Quels sont les moyens de protection du poste de manipulation que vous utilisez ? (Cochez la fréquence approximative en temps sur l'échelle de valeur analogique)



CODAGE DE REFERENCE : 1 2 3

Si réponse 1 2 3 Score : 4

Si réponse 1 et 2 et 3 et/ou 4 et/ou 5 Score : 3

Si réponse 1 et 2 ou 1 et 3 ou 2 et 3 Score : 2

Si réponse 1 ou 2 ou 3 et 4 et/ou 5 Score : 1

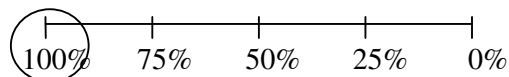
Si réponse 4 et/ou 5 Score : 0.

Si la fréquence approximative en temps est différente de 100%, le score est divisé par 2.

Q9 : PORTEZ-VOUS REGULIEREMENT UN DOSIMETRE INDIVIDUEL ?

OUI NON

Si oui, proportion du temps de manipulation des radioéléments pendant lequel vous le portez.



Si réponse de référence est oui et la réponse est oui et la valeur est de 100% : Score : 4

Si réponse de référence est oui et la réponse est oui mais la valeur est inférieure à 100% : Score : 2

Si réponse de référence est oui et la réponse est non : Score : 0

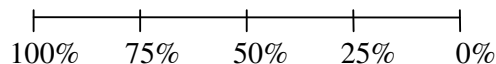
Si la réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2. Sauf si le dosifilm est justifiée dans le cadre d'autres manipulations. Si cela est le cas : Score : 4

Q10 BIS : EN OUTRE, PORTEZ-VOUS UN AUTRE DETECTEUR DE DOSE ?

OUI NON

Si oui, : Préciser lequel : _____

Si oui, proportion du temps de manipulation des radioéléments pendant lequel vous le portez.



Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2. Sauf si l'autre détecteur de dose est justifiée dans le cadre d'autres manipulations. Si cela est le cas : Score : 4

Q11 : AVEZ-VOUS REGULIEREMENT DES EXAMENS RADIOTOXICOLOGIQUES DES URINES ?

OUI NON

Si oui, avec quelle fréquence :

1 fois par an 2 fois par an Autres : Préciser: _____

Si réponse de référence : Score : 4

Si réponse de référence est oui et si la réponse est oui mais la valeur de la fréquence est différente : Score : 2

Si réponse de référence est oui et la réponse est non : Score : 0

Si réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2

Q13 : Utilisez-vous des procédures de décontamination personnelle en routine ? (nettoyage systématique des mains en fin de manipulation par exemple)

OUI NON

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q14 : Utilisez-vous des procédures de décontamination de votre poste de travail en routine ? (nettoyage systématique de la paillasse en fin de manipulation, ...)

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q15: Connaissez-vous les procédures de décontamination adaptées à chaque radioélément que vous utilisez en cas d'incident ou d'accident ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q18 : CONNAISSEZ-VOUS LES CONDITIONS DE STOCKAGE DES DECHETS DANS VOTRE LABORATOIRE ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q20 : CONNAISSEZ-VOUS LE MODE D'ELIMINATION DES DECHETS A PARTIR DE VOTRE LABORATOIRE ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q22: AVEZ-VOUS DEJA EU UNE FORMATION SUR LES RISQUES LIES A LA MANIPULATION DES RADIOELEMENTS ?

Oui Non

Si oui, était-elle suffisante ?

Oui Non

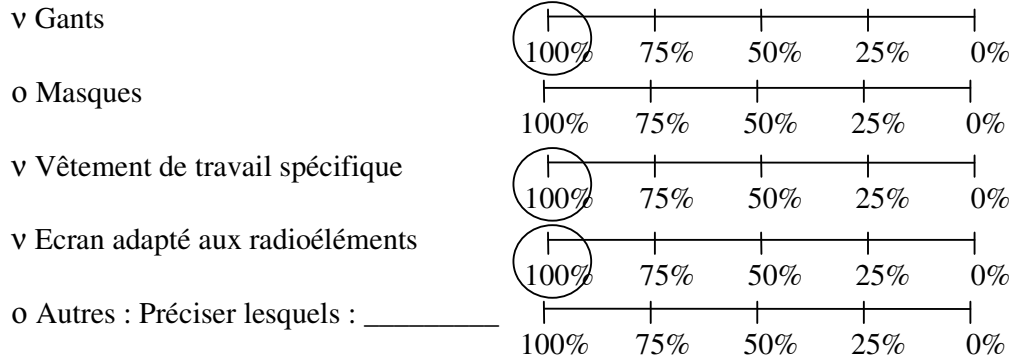
Si réponse est Oui et Oui : Score : 4

Si réponse est Oui et Non : Score : 2

Si réponse est Non ou s'il n'y a pas de réponse : Score : 0

Thallium 201

Q6 : Quels sont les moyens de protection individuelle que vous utilisez lorsque vous manipulez des radioéléments ?



CODAGE DE REFERENCE : 1 3 4

Si réponse 1 3 4 Score : 4

Si réponse 1 et 3 et 4 et 2 et/ou 5 Score : 3

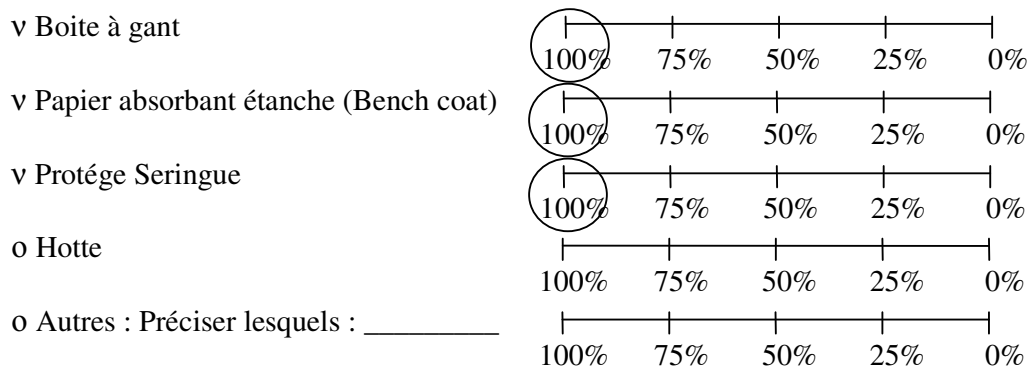
Si réponse 1 ou 3 ou 4 Score : 2

Si réponse 1 ou 3 ou 4 et 2 et/ou 5 Score : 1

Si réponse 2 et/ou 5 Score : 0.

Si la fréquence approximative en temps est différente de 100%, le score est divisé par 2.

Q8 : Quels sont les moyens de protection du poste de manipulation que vous utilisez ? (Cochez la fréquence approximative en temps sur l'échelle de valeur analogique)



CODAGE DE REFERENCE : 1 2 3

Si réponse 1 2 3 Score : 4

Si réponse 1 et 2 et 3 et/ou 4 et/ou 5 Score : 3

Si réponse 1 et 2 ou 1 et 3 ou 2 et 3 Score : 2

Si réponse 1 ou 2 ou 3 et 4 et/ou 5 Score : 1

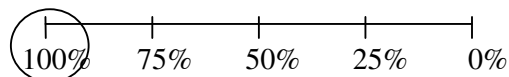
Si réponse 4 et/ou 5 Score : 0.

Si la fréquence approximative en temps est différente de 100%, le score est divisé par 2.

Q9 : PORTEZ-VOUS REGULIEREMENT UN DOSIMETRE INDIVIDUEL ?

OUI NON

Si oui, proportion du temps de manipulation des radioéléments pendant lequel vous le portez.



Si réponse de référence est oui et la réponse est oui et la valeur est de 100% : Score : 4

Si réponse de référence est oui et la réponse est oui mais la valeur est inférieure à 100% : Score : 2

Si réponse de référence est oui et la réponse est non : Score : 0

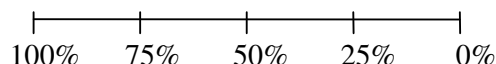
Si la réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2. Sauf si le dosifilm est justifiée dans le cadre d'autres manipulations. Si cela est le cas : Score : 4

Q10 BIS : EN OUTRE, PORTEZ-VOUS UN AUTRE DETECTEUR DE DOSE ?

OUI NON

Si oui, : Préciser lequel : _____

Si oui, proportion du temps de manipulation des radioéléments pendant lequel vous le portez.



Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2. Sauf si l'autre détecteur de dose est justifiée dans le cadre d'autres manipulations. Si cela est le cas : Score : 4

Q11 : AVEZ-VOUS REGULIEREMENT DES EXAMENS RADIOTOXICOLOGIQUES DES URINES ?

OUI NON

Si oui, avec quelle fréquence :

1 fois par an 2 fois par an Autres : Préciser: _____

Si réponse de référence : Score : 4

Si réponse de référence est oui et si la réponse est oui mais la valeur de la fréquence est différente : Score : 2

Si réponse de référence est oui et la réponse est non : Score : 0

Si réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2

Q13 : Utilisez-vous des procédures de décontamination personnelle en routine ? (nettoyage systématique des mains en fin de manipulation par exemple)

OUI NON

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q14 : Utilisez-vous des procédures de décontamination de votre poste de travail en routine ? (nettoyage systématique de la paillasse en fin de manipulation, ...)

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q15: Connaissez-vous les procédures de décontamination adaptées à chaque radioélément que vous utilisez en cas d'incident ou d'accident ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q18 : CONNAISSEZ-VOUS LES CONDITIONS DE STOCKAGE DES DECHETS DANS VOTRE LABORATOIRE ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q20 : CONNAISSEZ-VOUS LE MODE D'ELIMINATION DES DECHETS A PARTIR DE VOTRE LABORATOIRE ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q22: AVEZ-VOUS DEJA EU UNE FORMATION SUR LES RISQUES LIES A LA MANIPULATION DES RADIOELEMENTS ?

Oui Non

Si oui, était-elle suffisante ?

Oui Non

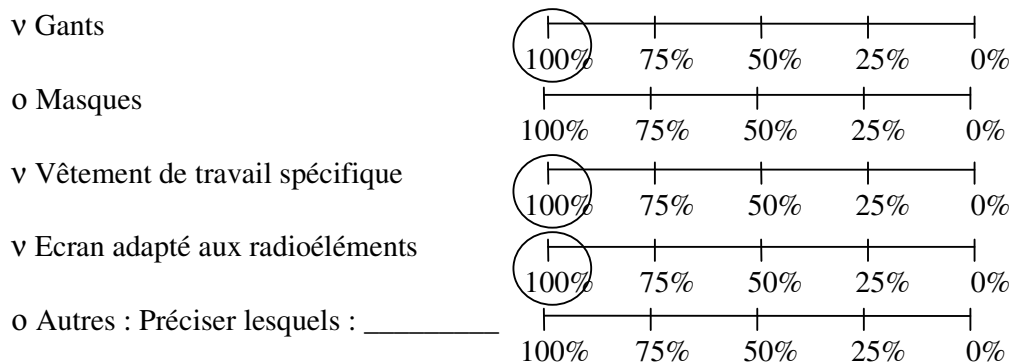
Si réponse est Oui et Oui : Score : 4

Si réponse est Oui et Non : Score : 2

Si réponse est Non ou s'il n'y a pas de réponse : Score : 0

Calcium 45

Q6 : Quels sont les moyens de protection individuelle que vous utilisez lorsque vous manipulez des radioéléments ?



CODAGE DE REFERENCE : 1 3 4

Si réponse 1 3 4 Score : 4

Si réponse 1 et 3 et 4 et 2 et/ou 5 Score : 3

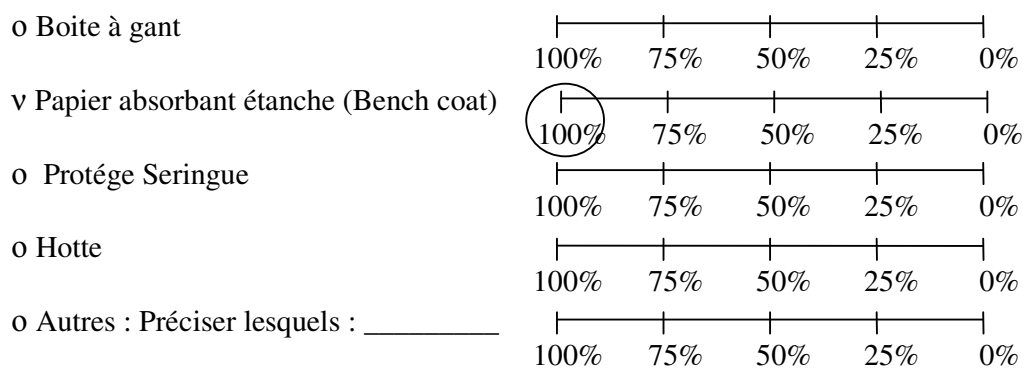
Si réponse 1 ou 3 ou 4 Score : 2

Si réponse 1 ou 3 ou 4 et 2 et/ou 5 Score : 1

Si réponse 2 et/ou 5 Score : 0.

Si la fréquence approximative en temps est différente de 100%, le score est divisé par 2.

Q8 : Quels sont les moyens de protection du poste de manipulation que vous utilisez ? (Cochez la fréquence approximative en temps sur l'échelle de valeur analogique)



CODAGE DE REFERENCE : 2

Si réponse 2 Score : 4

Si réponse 2 et/ou 1 et/ou 3 et/ou 4 et/ou 5 Score : 3

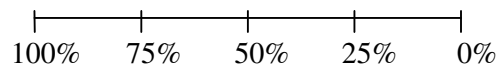
Si réponse 4 et/ou 5 Score : 0.

Si la fréquence approximative en temps est différente de 100%, le score est divisé par 2.

Q9 : PORTEZ-VOUS REGULIEREMENT UN DOSIMETRE INDIVIDUEL ?

OUI NON

Si oui, proportion du temps de manipulation des radioéléments pendant lequel vous le portez.



Si réponse de référence est oui et la réponse est oui et la valeur est de 100% : Score : 4

Si réponse de référence est oui et la réponse est oui mais la valeur est inférieure à 100% : Score : 2

Si réponse de référence est oui et la réponse est non : Score : 0

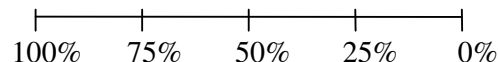
Si la réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2. Sauf si le dosifilm est justifiée dans le cadre d'autres manipulations. Si cela est le cas : Score : 4

Q10 BIS : EN OUTRE, PORTEZ-VOUS UN AUTRE DETECTEUR DE DOSE ?

Oui Non

Si oui, : Préciser lequel : _____

Si oui, proportion du temps de manipulation des radioéléments pendant lequel vous le portez.



Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2. Sauf si l'autre détecteur de dose est justifiée dans le cadre d'autres manipulations. Si cela est le cas : Score : 4

Q11 : AVEZ-VOUS REGULIEREMENT DES EXAMENS RADIOTOXICOLOGIQUES DES URINES ?

Oui Non

Si oui, avec quelle fréquence :

1 fois par an 2 fois par an Autres : Préciser: _____

Si réponse de référence : Score : 4

Si réponse de référence est oui et si la réponse est oui mais la valeur de la fréquence est différente : Score : 2

Si réponse de référence est oui et la réponse est non : Score : 0

Si réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2

Q13 : Utilisez-vous des procédures de décontamination personnelle en routine ? (nettoyage systématique des mains en fin de manipulation par exemple)

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q14 : Utilisez-vous des procédures de décontamination de votre poste de travail en routine ? (nettoyage systématique de la paillasse en fin de manipulation, ...)

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q15: Connaissez-vous les procédures de décontamination adaptées à chaque radioélément que vous utilisez en cas d'incident ou d'accident ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q18 : CONNAISSEZ-VOUS LES CONDITIONS DE STOCKAGE DES DECHETS DANS VOTRE LABORATOIRE ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q20 : CONNAISSEZ-VOUS LE MODE D'ELIMINATION DES DECHETS A PARTIR DE VOTRE LABORATOIRE ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q22: AVEZ-VOUS DEJA EU UNE FORMATION SUR LES RISQUES LIES A LA MANIPULATION DES RADIOELEMENTS ?

Oui Non

Si oui, était-elle suffisante ?

Oui Non

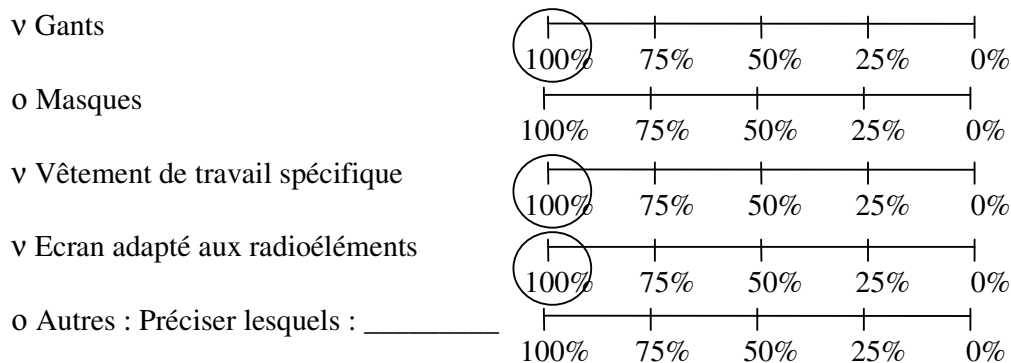
Si réponse est Oui et Oui : Score : 4

Si réponse est Oui et Non : Score : 2

Si réponse est Non ou s'il n'y a pas de réponse : Score : 0

Indium 111

Q6 : Quels sont les moyens de protection individuelle que vous utilisez lorsque vous manipulez des radioéléments ?



CODAGE DE REFERENCE : 1 3 4

Si réponse 1 3 4 Score : 4

Si réponse 1 et 3 et 4 et 2 et/ou 5 Score : 3

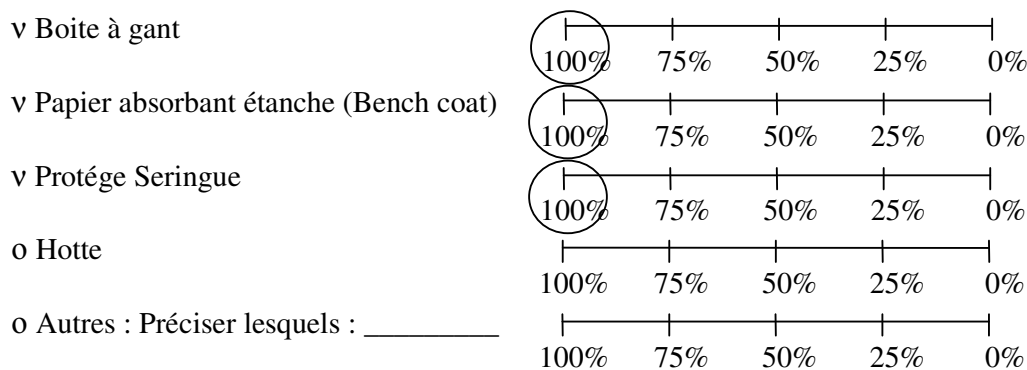
Si réponse 1 ou 3 ou 4 Score : 2

Si réponse 1 ou 3 ou 4 et 2 et/ou 5 Score : 1

Si réponse 2 et/ou 5 Score : 0.

Si la fréquence approximative en temps est différente de 100%, le score est divisé par 2.

Q8 : Quels sont les moyens de protection du poste de manipulation que vous utilisez ? (Cochez la fréquence approximative en temps sur l'échelle de valeur analogique)



CODAGE DE REFERENCE : 1 2 3

Si réponse 1 2 3 Score : 4

Si réponse 1 et 2 et 3 et/ou 4 et/ou 5 Score : 3

Si réponse 1 et 2 ou 1 et 3 ou 2 et 3 Score : 2

Si réponse 1 ou 2 ou 3 et 4 et/ou 5 Score : 1

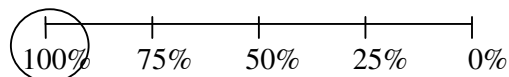
Si réponse 4 et/ou 5 Score : 0.

Si la fréquence approximative en temps est différente de 100%, le score est divisé par 2.

Q9 : PORTEZ-VOUS REGULIEREMENT UN DOSIMETRE INDIVIDUEL ?

OUI NON

Si oui, proportion du temps de manipulation des radioéléments pendant lequel vous le portez.



Si réponse de référence est oui et la réponse est oui et la valeur est de 100% : Score : 4

Si réponse de référence est oui et la réponse est oui mais la valeur est inférieure à 100% : Score : 2

Si réponse de référence est oui et la réponse est non : Score : 0

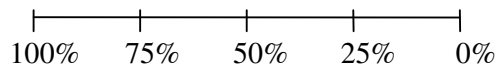
Si la réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2. Sauf si le dosifilm est justifiée dans le cadre d'autres manipulations. Si cela est le cas : Score : 4

Q10 BIS : EN OUTRE, PORTEZ-VOUS UN AUTRE DETECTEUR DE DOSE ?

OUI NON

Si oui, : Préciser lequel : _____

Si oui, proportion du temps de manipulation des radioéléments pendant lequel vous le portez.



Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2. Sauf si l'autre détecteur de dose est justifiée dans le cadre d'autres manipulations. Si cela est le cas : Score : 4

Q11 : AVEZ-VOUS REGULIEREMENT DES EXAMENS RADIOTOXICOLOGIQUES DES URINES ?

OUI NON

Si oui, avec quelle fréquence :

1 fois par an 2 fois par an Autres : Préciser: _____

Si réponse de référence : Score : 4

Si réponse de référence est oui et si la réponse est oui mais la valeur de la fréquence est différente : Score : 2

Si réponse de référence est oui et la réponse est non : Score : 0

Si réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2

Q13 : Utilisez-vous des procédures de décontamination personnelle en routine ? (nettoyage systématique des mains en fin de manipulation par exemple)

OUI NON

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q14 : Utilisez-vous des procédures de décontamination de votre poste de travail en routine ? (nettoyage systématique de la paillasse en fin de manipulation, ...)

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q15: Connaissez-vous les procédures de décontamination adaptées à chaque radioélément que vous utilisez en cas d'incident ou d'accident ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q18 : CONNAISSEZ-VOUS LES CONDITIONS DE STOCKAGE DES DECHETS DANS VOTRE LABORATOIRE ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q20 : CONNAISSEZ-VOUS LE MODE D'ELIMINATION DES DECHETS A PARTIR DE VOTRE LABORATOIRE ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q22: AVEZ-VOUS DEJA EU UNE FORMATION SUR LES RISQUES LIES A LA MANIPULATION DES RADIOELEMENTS ?

Oui Non

Si oui, était-elle suffisante ?

Oui Non

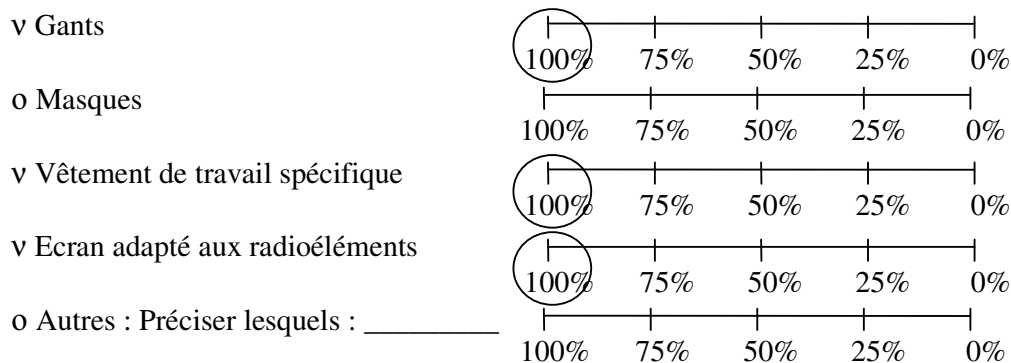
Si réponse est Oui et Oui : Score : 4

Si réponse est Oui et Non : Score : 2

Si réponse est Non ou s'il n'y a pas de réponse : Score : 0

Cobalt 57

Q6 : Quels sont les moyens de protection individuelle que vous utilisez lorsque vous manipulez des radioéléments ?



CODAGE DE REFERENCE : 1 3 4

Si réponse 1 3 4 Score : 4

Si réponse 1 et 3 et 4 et 2 et/ou 5 Score : 3

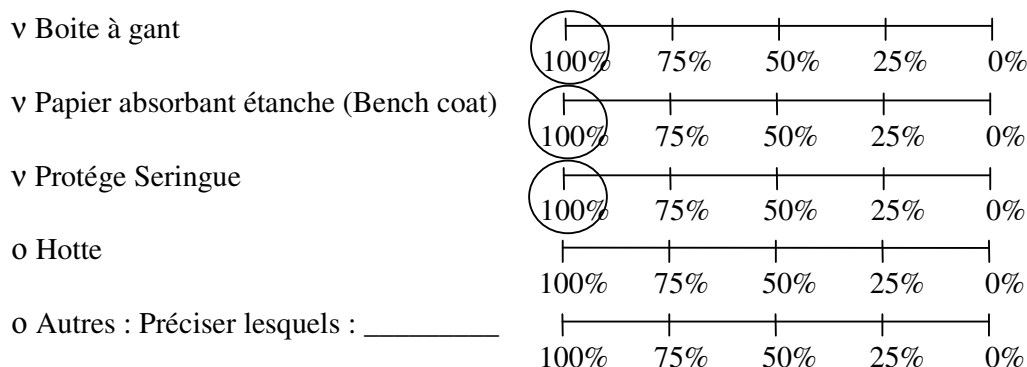
Si réponse 1 ou 3 ou 4 Score : 2

Si réponse 1 ou 3 ou 4 et 2 et/ou 5 Score : 1

Si réponse 2 et/ou 5 Score : 0.

Si la fréquence approximative en temps est différente de 100%, le score est divisé par 2.

Q8 : Quels sont les moyens de protection du poste de manipulation que vous utilisez ? (Cochez la fréquence approximative en temps sur l'échelle de valeur analogique)



CODAGE DE REFERENCE : 1 2 3

Si réponse 1 2 3 Score : 4

Si réponse 1 et 2 et 3 et/ou 4 et/ou 5 Score : 3

Si réponse 1 et 2 ou 1 et 3 ou 2 et 3 Score : 2

Si réponse 1 ou 2 ou 3 et 4 et/ou 5 Score : 1

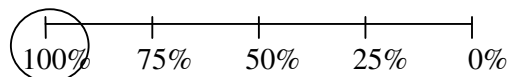
Si réponse 4 et/ou 5 Score : 0.

Si la fréquence approximative en temps est différente de 100%, le score est divisé par 2.

Q9 : PORTEZ-VOUS REGULIEREMENT UN DOSIMETRE INDIVIDUEL ?

OUI NON

Si oui, proportion du temps de manipulation des radioéléments pendant lequel vous le portez.



Si réponse de référence est oui et la réponse est oui et la valeur est de 100% : Score : 4

Si réponse de référence est oui et la réponse est oui mais la valeur est inférieure à 100% : Score : 2

Si réponse de référence est oui et la réponse est non : Score : 0

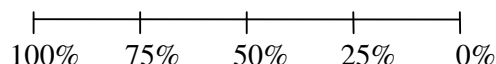
Si la réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2. Sauf si le dosifilm est justifiée dans le cadre d'autres manipulations. Si cela est le cas : Score : 4

Q10 BIS : EN OUTRE, PORTEZ-VOUS UN AUTRE DETECTEUR DE DOSE ?

OUI NON

Si oui, : Préciser lequel : _____

Si oui, proportion du temps de manipulation des radioéléments pendant lequel vous le portez.



Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2. Sauf si l'autre détecteur de dose est justifiée dans le cadre d'autres manipulations. Si cela est le cas : Score : 4

Q11 : AVEZ-VOUS REGULIEREMENT DES EXAMENS RADIOTOXICOLOGIQUES DES URINES ?

OUI NON

Si oui, avec quelle fréquence :

1 fois par an 2 fois par an Autres : Préciser: _____

Si réponse de référence : Score : 4

Si réponse de référence est oui et si la réponse est oui mais la valeur de la fréquence est différente : Score : 2

Si réponse de référence est oui et la réponse est non : Score : 0

Si réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2

Q13 : Utilisez-vous des procédures de décontamination personnelle en routine ? (nettoyage systématique des mains en fin de manipulation par exemple)

OUI NON

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q14 : Utilisez-vous des procédures de décontamination de votre poste de travail en routine ? (nettoyage systématique de la paillasse en fin de manipulation, ...)

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q15: Connaissez-vous les procédures de décontamination adaptées à chaque radioélément que vous utilisez en cas d'incident ou d'accident ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q18 : CONNAISSEZ-VOUS LES CONDITIONS DE STOCKAGE DES DECHETS DANS VOTRE LABORATOIRE ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q20 : CONNAISSEZ-VOUS LE MODE D'ELIMINATION DES DECHETS A PARTIR DE VOTRE LABORATOIRE ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q22: AVEZ-VOUS DEJA EU UNE FORMATION SUR LES RISQUES LIES A LA MANIPULATION DES RADIOELEMENTS ?

Oui Non

Si oui, était-elle suffisante ?

Oui Non

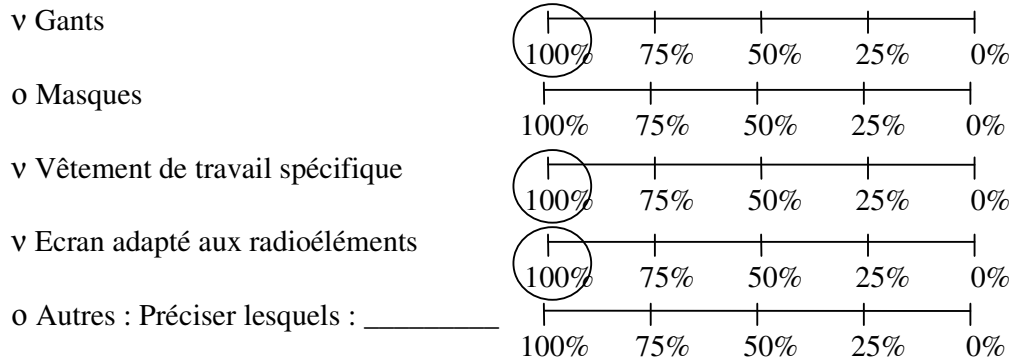
Si réponse est Oui et Oui : Score : 4

Si réponse est Oui et Non : Score : 2

Si réponse est Non ou s'il n'y a pas de réponse : Score : 0

Iode 123

Q6 : Quels sont les moyens de protection individuelle que vous utilisez lorsque vous manipulez des radioéléments ?



CODAGE DE REFERENCE : 1 3 4

Si réponse 1 3 4 Score : 4

Si réponse 1 et 3 et 4 et 2 et/ou 5 Score : 3

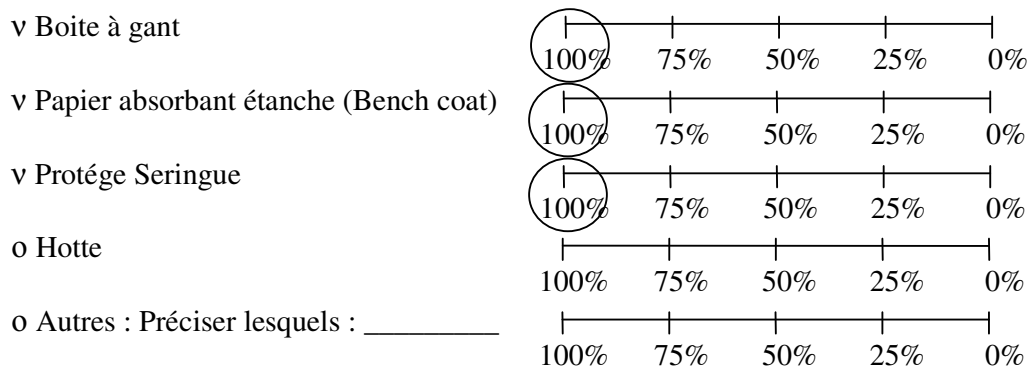
Si réponse 1 ou 3 ou 4 Score : 2

Si réponse 1 ou 3 ou 4 et 2 et/ou 5 Score : 1

Si réponse 2 et/ou 5 Score : 0.

Si la fréquence approximative en temps est différente de 100%, le score est divisé par 2.

Q8 : Quels sont les moyens de protection du poste de manipulation que vous utilisez ? (Cochez la fréquence approximative en temps sur l'échelle de valeur analogique)



CODAGE DE REFERENCE : 1 2 3

Si réponse 1 2 3 Score : 4

Si réponse 1 et 2 et 3 et/ou 4 et/ou 5 Score : 3

Si réponse 1 et 2 ou 1 et 3 ou 2 et 3 Score : 2

Si réponse 1 ou 2 ou 3 et 4 et/ou 5 Score : 1

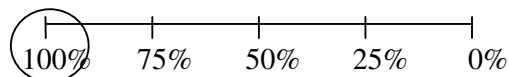
Si réponse 4 et/ou 5 Score : 0.

Si la fréquence approximative en temps est différente de 100%, le score est divisé par 2.

Q9 : PORTEZ-VOUS REGULIEREMENT UN DOSIMETRE INDIVIDUEL ?

OUI NON

Si oui, proportion du temps de manipulation des radioéléments pendant lequel vous le portez.



Si réponse de référence est oui et la réponse est oui et la valeur est de 100% : Score : 4

Si réponse de référence est oui et la réponse est oui mais la valeur est inférieure à 100% : Score : 2

Si réponse de référence est oui et la réponse est non : Score : 0

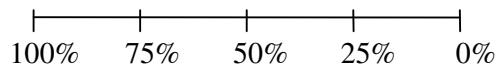
Si la réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2. Sauf si le dosifilm est justifiée dans le cadre d'autres manipulations. Si cela est le cas : Score : 4

Q10 BIS : EN OUTRE, PORTEZ-VOUS UN AUTRE DETECTEUR DE DOSE ?

OUI NON

Si oui, : Préciser lequel : _____

Si oui, proportion du temps de manipulation des radioéléments pendant lequel vous le portez.



Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2. Sauf si l'autre détecteur de dose est justifiée dans le cadre d'autres manipulations. Si cela est le cas : Score : 4

Q11 : AVEZ-VOUS REGULIEREMENT DES EXAMENS RADIOTOXICOLOGIQUES DES URINES ?

OUI NON

Si oui, avec quelle fréquence :

1 fois par an 2 fois par an Autres : Préciser: _____

Si réponse de référence : Score : 4

Si réponse de référence est oui et si la réponse est oui mais la valeur de la fréquence est différente : Score : 2

Si réponse de référence est oui et la réponse est non : Score : 0

Si réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2

Q13 : Utilisez-vous des procédures de décontamination personnelle en routine ? (nettoyage systématique des mains en fin de manipulation par exemple)

OUI NON

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q14 : Utilisez-vous des procédures de décontamination de votre poste de travail en routine ? (nettoyage systématique de la paillasse en fin de manipulation, ...)

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q15: Connaissez-vous les procédures de décontamination adaptées à chaque radioélément que vous utilisez en cas d'incident ou d'accident ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q18 : CONNAISSEZ-VOUS LES CONDITIONS DE STOCKAGE DES DECHETS DANS VOTRE LABORATOIRE ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q20 : CONNAISSEZ-VOUS LE MODE D'ELIMINATION DES DECHETS A PARTIR DE VOTRE LABORATOIRE ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q22: AVEZ-VOUS DEJA EU UNE FORMATION SUR LES RISQUES LIES A LA MANIPULATION DES RADIOELEMENTS ?

Oui Non

Si oui, était-elle suffisante ?

Oui Non

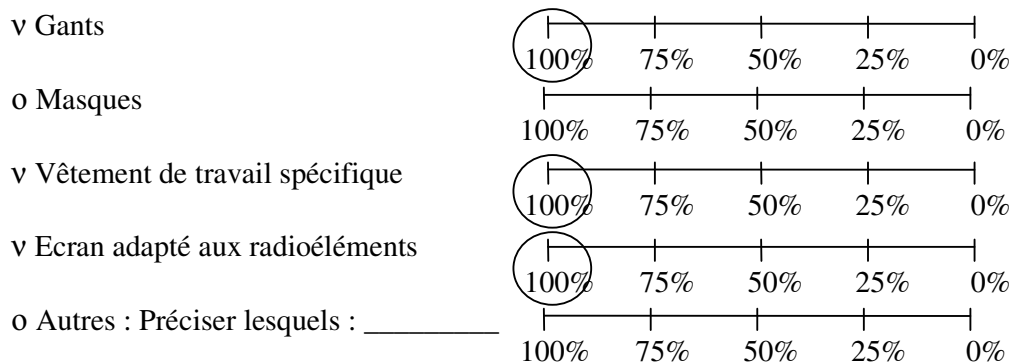
Si réponse est Oui et Oui : Score : 4

Si réponse est Oui et Non : Score : 2

Si réponse est Non ou s'il n'y a pas de réponse : Score : 0

Gallium 67

Q6 : Quels sont les moyens de protection individuelle que vous utilisez lorsque vous manipulez des radioéléments ?



CODAGE DE REFERENCE : 1 3 4

Si réponse 1 3 4 Score : 4

Si réponse 1 et 3 et 4 et 2 et/ou 5 Score : 3

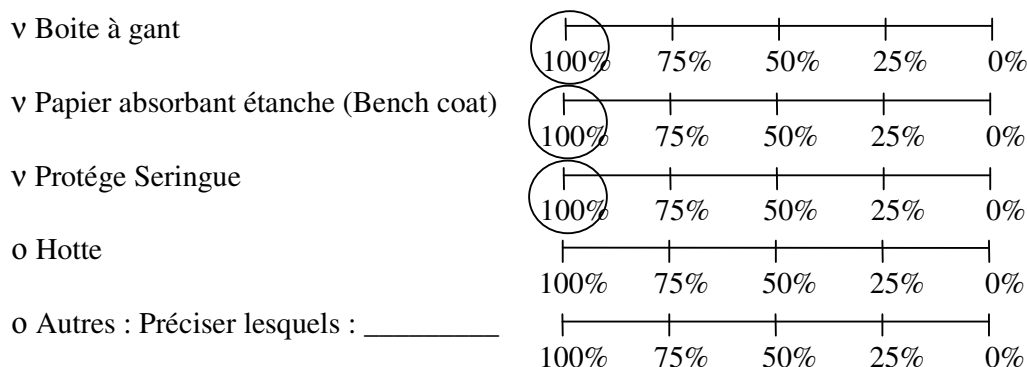
Si réponse 1 ou 3 ou 4 Score : 2

Si réponse 1 ou 3 ou 4 et 2 et/ou 5 Score : 1

Si réponse 2 et/ou 5 Score : 0.

Si la fréquence approximative en temps est différente de 100%, le score est divisé par 2.

Q8 : Quels sont les moyens de protection du poste de manipulation que vous utilisez ? (Cochez la fréquence approximative en temps sur l'échelle de valeur analogique)



CODAGE DE REFERENCE : 1 2 3

Si réponse 1 2 3 Score : 4

Si réponse 1 et 2 et 3 et/ou 4 et/ou 5 Score : 3

Si réponse 1 et 2 ou 1 et 3 ou 2 et 3 Score : 2

Si réponse 1 ou 2 ou 3 et 4 et/ou 5 Score : 1

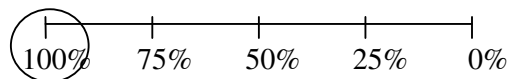
Si réponse 4 et/ou 5 Score : 0.

Si la fréquence approximative en temps est différente de 100%, le score est divisé par 2.

Q9 : PORTEZ-VOUS REGULIEREMENT UN DOSIMETRE INDIVIDUEL ?

OUI NON

Si oui, proportion du temps de manipulation des radioéléments pendant lequel vous le portez.



Si réponse de référence est oui et la réponse est oui et la valeur est de 100% : Score : 4

Si réponse de référence est oui et la réponse est oui mais la valeur est inférieure à 100% : Score : 2

Si réponse de référence est oui et la réponse est non : Score : 0

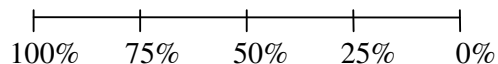
Si la réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2. Sauf si le dosifilm est justifiée dans le cadre d'autres manipulations. Si cela est le cas : Score : 4

Q10 BIS : EN OUTRE, PORTEZ-VOUS UN AUTRE DETECTEUR DE DOSE ?

OUI NON

Si oui, : Préciser lequel : _____

Si oui, proportion du temps de manipulation des radioéléments pendant lequel vous le portez.



Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2. Sauf si l'autre détecteur de dose est justifiée dans le cadre d'autres manipulations. Si cela est le cas : Score : 4

Q11 : AVEZ-VOUS REGULIEREMENT DES EXAMENS RADIOTOXICOLOGIQUES DES URINES ?

OUI NON

Si oui, avec quelle fréquence :

1 fois par an 2 fois par an Autres : Préciser: _____

Si réponse de référence : Score : 4

Si réponse de référence est oui et si la réponse est oui mais la valeur de la fréquence est différente : Score : 2

Si réponse de référence est oui et la réponse est non : Score : 0

Si réponse de référence est non et la réponse est oui : Score : 2

Q13 : Utilisez-vous des procédures de décontamination personnelle en routine ? (nettoyage systématique des mains en fin de manipulation par exemple)

OUI NON

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q14 : Utilisez-vous des procédures de décontamination de votre poste de travail en routine ? (nettoyage systématique de la paillasse en fin de manipulation, ...)

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q15: Connaissez-vous les procédures de décontamination adaptées à chaque radioélément que vous utilisez en cas d'incident ou d'accident ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q18 : CONNAISSEZ-VOUS LES CONDITIONS DE STOCKAGE DES DECHETS DANS VOTRE LABORATOIRE ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q20 : CONNAISSEZ-VOUS LE MODE D'ELIMINATION DES DECHETS A PARTIR DE VOTRE LABORATOIRE ?

Oui Non

Si réponse de référence : Score : 4

Si la réponse est différente de la réponse de référence : Score : 0

Q22: AVEZ-VOUS DEJA EU UNE FORMATION SUR LES RISQUES LIES A LA MANIPULATION DES RADIOELEMENTS ?

Oui Non

Si oui, était-elle suffisante ?

Oui Non

Si réponse est Oui et Oui : Score : 4

Si réponse est Oui et Non : Score : 2

Si réponse est Non ou s'il n'y a pas de réponse : Score : 0