

**PUBLICATION DU CONSEIL SUPERIEUR DE LA SANTE N° 8277**

Information et radioprotection du personnel directement ou indirectement concerné par la médecine nucléaire in vivo

This report proposes information tools for all healthcare practitioners involved to some extent with nuclear medicine patients, from the departments themselves to other caregivers and technical staff.

8 mai 2013

RÉSUMÉ

Le personnel de Médecine nucléaire mais surtout les différents intervenants du système de santé ne savent pas toujours comment gérer au mieux les patients ayant reçu des radionucléides à des fins de diagnostic médical. Les doses impliquées sont généralement limitées et ne doivent pas être source de craintes. Toutefois, un effort d'information est indispensable afin d'une part, d'informer les groupes cibles des actions éventuelles à mettre en œuvre et d'autre part, si besoin, de réduire l'anxiété compréhensible liée à ce genre de pratiques si elles sont mal connues ou en cas de manque de confiance en soi. Ce rapport a pour but de préciser, au-delà des généralités énoncées dans la première partie, des instructions simples et pratiques, à l'attention des différents groupes cibles, soit le personnel de médecine nucléaire, les autres catégories de personnel de soins des hôpitaux, le personnel annexe mais au contact des patients ou des services, y compris les brancardiers, les travailleurs externes et le personnel d'entretien ménager. Enfin, une partie significative est consacrée aux médecins prescripteurs ou référents dans le but de les conscientiser à la pratique, à l'expliquer et à la dédramatiser. Des fiches-types destinées à chacun de ces groupes-cibles sont reprises en annexe et pourront être utilisées et adaptées par les services de médecine nucléaire du pays à des fins de communication et d'information.

Mots clés

Keywords	Mesh terms *	Sleutelwoorden	Mots clés	Stichworte
	Nuclear Medicine	Nucleaire geneeskunde	Médecine nucléaire	
	Ionizing radiation	Ioniserende stralen	Radiations ionisantes	
	Information	Informatie	Information	
	Radiation exposure	Stralingsblootstelling	Exposition aux radiations	
	Radiopharmaceuticals	Radiofarmaca	Radiopharmaceutiques	
	Diagnosis	Diagnose	Diagnostic	

* MeSH (Medical Subject Headings) is the NLM controlled vocabulary thesaurus used for indexing articles for PubMed.

TABLE DES MATIERES

1	INTRODUCTION ET QUESTION.....	5
3	ELABORATION ET ARGUMENTATION	8
3.1	PRINCIPES GENERAUX	8
3.1.1	Définition de la Médecine Nucléaire.....	8
3.1.2	Nature et ampleur du risque en Médecine Nucléaire	8
3.1.2.1	Type de rayonnements:	8
3.1.2.2	Type de risques d'exposition	9
3.1.2.3	Conséquence d'une exposition.....	9
3.1.2.4	Limites de dose	10
3.1.3	Principes de précaution	11
3.1.4	Grands piliers de la radioprotection	11
3.1.5	Principes pratiques de radioprotection.....	12
3.2	Personnes concernées	13
3.2.1	Formation du personnel en radioprotection.....	14
3.2.1.1	Information et formation en matière de radioprotection pour le personnel potentiellement exposé	14
3.2.1.2	Formation de base du personnel en matière de radioprotection des patients ..	16
3.2.2	Responsabilité et formation du médecin référent et/ou médecin traitant	18
3.2.2.1	Justification et responsabilité partagée	18
3.2.2.2	Optimisation	18
3.2.2.3	Modalités de formation	19
3.2.3	Aspects pratiques et opérationnels (brochures).....	19
3.2.3.1	Personnel de médecine nucléaire et assimilé	20
3.2.3.2	Personnel de soins et assimilé hors médecine nucléaire	25
3.2.3.2.1	Les brancardiers :.....	25
3.2.3.2.2	Personnel des services médico-techniques.....	26
3.2.3.2.3	Personnel des unités de soins.....	29
3.2.3.3	Intervenants extérieurs	32
3.2.3.3.1	Les techniciens extérieurs au service de médecine nucléaire (électriciens, plombiers, etc).....	32
3.2.3.3.2	Le personnel d'entretien	34
3.2.3.4	Médecin référent :Information sur les aspects pratiques de la protection du patient et du public	36
4	REFERENCES.....	39
5	ANNEXE(S).....	40
6	RECOMMANDATIONS POUR LA RECHERCHE	67
7	COMPOSITION DU GROUPE DE TRAVAIL.....	67
	Au sujet du Conseil Supérieur de la Santé (CSS).....	68

ABREVIATIONS ET SYMBOLES

AFCN : Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire

ALARA : as low as reasonably achievable

Bq (MBq, GBq) : becquerel (megabecquerel, gigabecquerel)

Ci (mCi): curie (millicurie)

CSS/CSH : Conseil supérieur de la Santé / Conseil supérieur d'Hygiène

eV (keV, MeV): électronvolt (kilo-électronvolt, mega-électronvolt)

FDG: (¹⁸F)-fluoro-2-désoxy-D-glucose

Gy (mGy): gray, milligray

INAMI: Institut national d'Assurance Maladie et Invalidité

IRM : imagerie par résonance magnétique

OMS: Organisation mondiale de la Santé

PET: Positron emission tomography (tomographie par émission de positons)

RGPRI: Règlement général pour la protection contre les radiations ionisantes

SIPPT: Service interne de prévention et de protection du travail

SPECT: Single-photon Emission computerized tomography (tomographie [computérisée] d'émission monophotonique)

SPF-SP-SCAE: Service public fédéral-Santé Publique-Sécurité de la Chaîne Alimentaire et de l'Environnement

Sv (mSv, μ Sv): sievert (millisievert, microsievert)

x-CSF : Colony stimulating factors (x indique la spécificité : G pour granulocyte, M pour macrophage, GM pour granulocyte-macrophage, ...)

1 INTRODUCTION ET QUESTION

D'une part, l'utilisation de radiations ionisantes à des fins médicales a démontré depuis longtemps son bien-fondé, que ce soit dans les domaines diagnostique avec la radiologie et la médecine nucléaire ou thérapeutique avec la radiothérapie externe et la thérapie dite métabolique au moyen de sources non scellées. D'autre part, l'exposition des personnes (personnel et public) aux radiations ionisantes comporte un certain nombre de risques, habituellement limités dans ces domaines d'application. L'ampleur de ces risques est souvent méconnue ou mal appréciée par les différentes personnes concernées. Pour maintenir ces risques aussi faibles que possible, il est important que chaque intervenant soit correctement informé de leur nature et de leur ampleur. Cette compétence générale en radioprotection est certainement promue, quoique parfois de manière insuffisante, dans les services de médecine nucléaire mais reste fort limitée en dehors des services, alors que des risques similaires peuvent y être rencontrés.

Le but de ce rapport est de proposer des mesures pratiques complémentaires à cette législation¹, plus axées sur les aspects pratiques qui manquent parfois de clarté. Il est donc régulièrement fait référence à cette législation dans le but principal d'aider ceux qui, de près ou de loin, se sentent concernés par l'utilisation des radionucléides à des fins diagnostiques en médecine nucléaire. De plus, afin d'étayer sa position quant à la protection optimale des travailleurs les plus exposés, à savoir les technologues et le personnel infirmier, une étude de terrain sur base d'enquête a été menée auprès d'un certain nombre de services de médecine nucléaire concernant les doses reçues par ce personnel. (Annexe 1).

L'avis est basé sur l'opinion des experts du groupe de travail médecine nucléaire du Conseil Supérieur de la Santé (CSS) et sur le cadre légal en la matière qui est défini essentiellement par l'A.R. du 20 juillet 2001 portant règlement général de la protection de la population, des travailleurs et de l'environnement contre le danger des rayonnements ionisants (RGPRI) [1].

¹ A.R. du 20 juillet 2001 portant règlement général de la protection de la population, des travailleurs et de l'environnement contre le danger des rayonnements ionisants (RGPRI) [1].

2 AVIS

1. Le CSS constate que le personnel employé en dehors des services de médecine nucléaire et qui peut être occasionnellement exposé, est généralement mal informé et potentiellement insuffisamment protégé. Ceci peut avoir des conséquences diamétralement opposées. Un certain nombre de personnes susceptibles d'être exposées ont une connaissance très faible des risques éventuels et des mesures de protection simples à mettre en œuvre : une information et une formation adaptées doivent leur être proposées. A l'opposé, certains soignants développent et diffusent une certaine anxiété, par manque d'information, ce qui peut discréditer la médecine nucléaire, avec parfois des désagréments pour les patients. De même, une information adéquate et des processus d'organisation optimisés sont à même de limiter cette problématique sur le plan en ce qui concerne la connaissance à cet égard.
2. Le CSS accorde également son soutien à toute initiative d'information sous une forme simple et picturale afin d'attirer l'attention sur les gestes et réflexes simples à entretenir par rapport à la protection contre les radiations ionisantes émises par des sources sous forme non scellées. Une telle information est développée sous forme d'exemples dans les annexes. Les canaux d'information à privilégier sont les sociétés scientifiques, l'AFCN, le SPF SPSCAE mais aussi, au sein de chaque institution hospitalière, outre les services de médecine nucléaire mêmes, le service en charge du contrôle physique et le Service interne de prévention et de protection du travail, le SIPPT. A cette fin, la direction des institutions de soins sera contactée pour être informée de l'existence du présent rapport. De manière générale, il est important que la direction des institutions de soins soit consciente de ses responsabilités légales quant à une protection et une information optimales du personnel.
3. Le CSS reconnaît que, de manière générale, les critères de formation pour le personnel employé en médecine nucléaire sont stricts et adéquats. L'insuffisance en nombre des technologues titulaires du diplôme de « Technologue en Imagerie Médicale » et la difficulté pour les Hautes Ecoles dans les différentes Communautés d'y remédier est problématique. Un effort d'organisation et de coordination entre le niveau fédéral (pour la reconnaissance du titre professionnel, DG2) et les entités fédérées (pour le volet formation et enseignement) est indispensable à cet égard, en bonne intelligence avec les professionnels concernés, représentés au niveau d'une Commission technique paramédicale du SPF Santé Publique, Sécurité de la Chaîne alimentaire et Environnement (SPF SPSCAE).
4. Le CSS s'inquiète du manque de formations complémentaires (50 h) pour les technologues ou infirmiers qui ne sont pas titulaires d'un diplôme spécifique d'imagerie médicale mais qui travaillent en médecine nucléaire du fait de la pénurie de personnel susmentionnée. Des formations à la fois théoriques et pratiques, portant sur les trois activités concernées (radiologie, médecine nucléaire et radiothérapie), devraient être organisées dans les deux régimes linguistiques et conduire à une attestation personnelle délivrée par l'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire (AFCN). Ces formations relèvent en principe de la mission des hautes écoles, universités, associations professionnelles ou scientifiques mais ne constituent pas pour celles-ci une obligation. En outre, les

formations spécifiques requises par la loi (10 h supplémentaires) pour la médecine nucléaire et la radiothérapie doivent bien entendu être organisées.

5. Le CSS estime que la formation prévue à l'article 25 du RGPRI en vue d'optimiser la protection des travailleurs peut être améliorée en la rendant plus opérationnelle et dynamique.
6. Le CSS regrette le manque d'importance accordée par les facultés de médecine à la formation en imagerie médicale et en médecine nucléaire en particulier des futurs médecins, alors qu'ils seront *a priori* des prescripteurs d'exams utilisant des radiations ionisantes. En corollaire, la formation en radioprotection est généralement très limitée. Les principes de justification et d'optimisation sont essentiels à développer et le CSS ne peut qu'appeler de tous ses vœux toute initiative, éventuellement et idéalement conjointe, du SPF SPSCAE, de l'AFCN et de l'Institut National d'Assurance Maladie-Invalidité (INAMI) en cette matière, en concertation avec les facultés. En particulier, outre une formation imposée au cours des années de master en médecine, une forme d'accréditation de chaque médecin en radioprotection serait une piste à poursuivre, en gardant à l'esprit le caractère non obligatoire de l'accréditation auprès de l'INAMI.
7. Le CSS se félicite que des études techniques aient été menées afin de connaître le niveau d'exposition du personnel de médecine nucléaire et que des recommandations pratiques aient pu en être dérivées. Il importe maintenant que cette information soit diffusée de manière la plus large possible. Outre l'exposition corps entier, une attention particulière doit être portée au *monitoring* adéquat de l'exposition des extrémités qui peut être importante (voire dépasser les limites de dose) pour le personnel qui manipule directement les sources radioactives et à la mise en œuvre des moyens visant à réduire celle-ci.
8. Le CSS constate que, si le patient et son accompagnant sont informés quant à la radioprotection, cette information n'est pas fournie de manière uniforme. Un effort en la matière de l'AFCN, en concertation avec les associations scientifiques et professionnelles, est conseillé. Le CSS est disposé à participer à cet effort.
9. A ce stade, le CSS n'émet pas d'avis et de recommandations spécifiques pour le public tel que défini par le RGPRI, non pas parce que ce groupe cible n'est pas important, loin de là, mais parce que d'autres initiatives ont vu le jour notamment au niveau de l'AFCN et du SPF SPSCAE et qu'il ne serait donc pas opportun d'émettre de nouvelles recommandations qui ne tiennent pas compte de la dynamique en cours, à ces niveaux (p.ex. la campagne de sensibilisation du SPF SP-SCAE initiée en juin 2012 et répétée en mai 2013, accessible via le site web <http://www.pasderayonssansraisons.be>).

3 ÉLABORATION ET ARGUMENTATION

3.1 PRINCIPES GÉNÉRAUX

3.1.1 Définition de la Médecine Nucléaire

Il s'agit selon l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) de l'utilisation à des fins médicales de sources radioactives non scellées. On entend par là des sources qui représentent un risque de dispersion dans l'environnement médical et dans l'environnement en général et qui sont, dans le cas de la médecine nucléaire in vivo, administrées aux patients, soit par injection, par voie orale ou localement. Le patient lui-même, après avoir reçu le radionucléide, devient porteur d'une source de radioactivité mobile. Les applications sont essentiellement diagnostiques mais il existe un volet thérapeutique, désigné communément sous le vocable de *thérapie métabolique*². Dans ce cas, les radionucléides (associés ou non à une molécule porteuse) sont utilisés pour traiter des maladies par leur propriété singulière d'être incorporés dans le métabolisme des cellules ou des tissus traités. Une autre forme d'utilisation de radionucléides consiste à injecter localement (dans une cavité naturelle du corps, dans un tissu, par voie directe ou intravasculaire) une quantité de radionucléides destinés à provoquer une irradiation contrôlée du tissu ou de l'organe à traiter. Dans le cas de la médecine nucléaire in vitro (qui n'est pas concernée dans ce rapport), des substances radioactives sont utilisées en laboratoire, à distance des patients, pour des analyses médicales. On comprendra aisément que dans le cas de la médecine nucléaire in vivo, l'ensemble des intervenants est susceptible d'être exposé alors qu'au laboratoire in vitro, cela concerne quasi exclusivement le personnel qui réalise les analyses.

3.1.2 Nature et ampleur du risque en Médecine Nucléaire

3.1.2.1 *Type de rayonnements:*

Les radionucléides utilisés peuvent être classés de manière schématique en deux groupes : d'une part les radionucléides utilisés à des fins diagnostiques et d'autre part ceux utilisés à des fins thérapeutiques.

D'une part les émetteurs gamma habituellement de courte période (demi-vie inférieure ou égale à 8 jours) et d'énergie inférieure à 500 keV. On ajoute à ce groupe les émetteurs de positons (β^+) d'énergie variable pouvant dépasser 2 MeV qui sont généralement de très courte période (quelques minutes à quelques heures). En ce qui concerne les émetteurs de positons, le risque d'exposition du personnel et du public provient principalement des photons d'annihilation d'une énergie de 511 keV.

Hormis dans la phase de préparation des radiopharmaceutiques³, qui est réservée au personnel spécialisé des services de médecine nucléaire, les activités mises en jeu ne dépassent habituellement pas 1 GBq.

² Même si ce vocable reste le plus souvent utilisé, celui de thérapie par radionucléides interne (Internal radionuclide therapy) est préférable mais ne s'est pas encore imposé.

³ Les activités mises en jeu en radiochimie et radiopharmacie peuvent atteindre 200 GBq et sont réservées à du personnel très spécialisé – et spécialement protégé –, qui n'est pas pris en compte dans cet avis.

D'autre part, les émetteurs bêta (β^-) sont utilisés à des fins thérapeutiques suivant des règles bien codifiées tant sur le plan international que sur le plan national (CSH 7221, 2005) [2]. Les activités mises en jeu peuvent être plus importantes et atteindre plusieurs GBq tandis que l'énergie maximale (E_{\max}) de l'émetteur bêta peut atteindre environ 2 MeV.

Plus récemment, des émetteurs alpha ont été proposés à des fins thérapeutiques. Leur usage reste très limité dans le cadre de protocoles d'études cliniques et ils feront l'objet d'un rapport ultérieur en temps utile.

Il est à noter que de plus en plus d'équipements hybrides, c'est-à-dire combinant un détecteur de médecine nucléaire et un appareil émettant un rayonnement X, sont utilisés aujourd'hui. Ceci implique donc en outre l'exposition potentielle du personnel au rayonnement X direct ou diffusé.

3.1.2.2 Type de risques d'exposition

Les rayonnements X et gamma (donc bien sûr aussi les photons d'annihilation des β^+) sont assez pénétrants et il faut plusieurs mm à plusieurs cm de matériau absorbant (plomb, tungstène, béton plein,...) pour les stopper. Ils sont donc responsables d'une exposition externe des personnes à proximité d'un tube RX ou d'une source émettant des rayonnements gamma. Des substances émettant des rayonnements gamma en contact direct avec la peau, ingérés ou inhalés peuvent causer une contamination externe ou interne.

Les émetteurs bêta (β^-) sont quant à eux freinés par quelques mm de verre ou de tissu et entraînent peu d'exposition externe pour les personnes à proximité du patient comme le personnel soignant ou l'entourage du patient. A faible distance, le niveau d'exposition (p.ex. sur les mains) lors de la manipulation des sources peut atteindre des doses élevées.

L'exposition potentielle provient également du risque de contamination interne ou de surface par l'absorption du radionucléide ou par une contamination externe. Certains émetteurs β^- ont également une décroissance via des rayonnements gamma (p.ex. I-131, Sm-153 ou Lu-177) et peuvent donc être la cause également d'une exposition externe à distance.

3.1.2.3 Conséquence d'une exposition

On distingue deux types d'effets liés à l'exposition aux radiations ionisantes.

Les **effets déterministes** surviennent de manière systématique à partir d'un certain seuil (généralement supérieur à 100 mSv ou 100 mGy⁴), leur gravité est proportionnelle à la dose et les effets concernent l'apparition de lésions tissulaires (p.ex. altération de la formule sanguine, perte de cheveux, brûlures, vomissements, ...). Lors d'une irradiation d'un embryon ou d'un fœtus, des malformations congénitales ou une altération congénitale du système nerveux peuvent apparaître. Des effets déterministes peuvent aussi survenir en raison de doses accumulées au cours des années, notamment une incidence accrue de dégénérescence du cristallin (cataracte) ainsi que des effets (cardio-)vasculaires. Les seuils pour les effets dus aux doses accumulées sont plus élevés mais moins bien connus.

⁴ Dans le cadre de la médecine nucléaire, à l'exception de l'utilisation encore exceptionnelle des émetteurs alpha, les doses efficaces exprimées en Sv équivalent aux doses absorbées exprimées en Gy. Par simplification, l'utilisation des Sv est privilégiée dans ce document, s'agissant par tradition de l'unité la plus utilisée en radioprotection.

Les **effets stochastiques** surviennent sans seuil et de manière aléatoire (ICRP, 2007) [3]. Leur probabilité est proportionnelle à la dose et ils sont caractérisés par un accroissement de l'incidence de cancer (adulte ou infantile) et des effets génétiques transmissibles à la descendance. Même s'il n'y a pas de seuil, la probabilité d'induction d'un tel effet est socialement acceptable, par exemple, 0.011 % par mSv pour l'induction de cancer chez l'adulte.

A l'exception des applications thérapeutiques dont il n'est pas question ici, les doses efficaces lors d'examens de médecine nucléaire sont au maximum de l'ordre de quelques millisieverts pour le patient. Seuls sont donc à prendre en compte pour les patients les effets stochastiques. Ceci vaut également dans la plus grande majorité des cas pour l'entourage des patients et le personnel soignant ; seuls de rares accidents potentiels parmi les acteurs impliqués dans la manipulation des sources peuvent éventuellement entraîner des doses plus élevées (p.ex. dose de contact d'un manipulateur en radiochimie). Il faut noter que les médicaments utilisés en Médecine Nucléaire (radiopharmaceutiques) le sont à des quantités pondérales très faibles, dites traceuses, et qu'il n'y a pas à considérer de risque chimique ou pharmacologique.

3.1.2.4 Limites de dose

Le législateur belge, sur base des connaissances liées aux risques déterministes et stochastiques, et suivant ainsi tant la Directive Européenne 96/29 [4] que les recommandations de la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR), a pris des dispositions imposant de ne pas dépasser certains niveaux de doses sur une période déterminée, soit douze mois consécutifs glissants. Sans entrer dans les détails, les limites de doses sont reprises au tableau 1

Tableau 1: Limites de doses suivant le RGPRI [1]

	Corps entier	Partie du corps
Patient	-	-
Personnel professionnellement exposé	20 mSv (6 mSv*)	Cristallin : 150 mSv ** Peau : 500 mSv*** Extrémités : 500 mSv
Public	1 mSv	Cristallin : 15 mSv Peau : 50 mSv
Enfant à naître (durée de la grossesse)	1 mSv	Sans objet

* Apprentis et étudiants de 16 à 18 ans

** Cette limite de dose est ramenée par l'ICRP à 20 mSv [5], ce qui n'est pas encore appliqué en droit belge.

***Dose moyenne sur toute surface de 1 cm²

Il faut évidemment garder à l'esprit que ces limites ne constituent pas la dose que l'on peut atteindre mais bien celle que l'on ne peut dépasser.

3.1.3 Principes de précaution

Bien que l'exposition liée aux applications de la médecine nucléaire soit habituellement très faible (hormis les applications thérapeutiques qui font l'objet d'un avis séparé du Conseil Supérieur de la Santé, n°7221, 2005) [2]), il y a lieu de veiller à maintenir aussi faibles que possible les doses aux différentes catégories de personnel susceptibles d'être en contact avec les sources radioactives dans le service de Médecine Nucléaire et avec le patient. Cette démarche participe du principe de précaution et est traduite sur le plan de la radioprotection par le principe ALARA (*as low as reasonably achievable*). Celui-ci prévoit qu'il faut maintenir les doses aussi faibles que raisonnablement possible ce qui signifie qu'il doit y avoir une adéquation entre les moyens à mettre en œuvre et la réduction du détriment radiologique. Celui-ci étant habituellement très faible, il convient de ne pas imposer de mesures excessives tant sur le plan matériel (p.ex. coût des mesures de protection) que sur le plan humain et social (p.ex. mise en isolement des patients). Il est essentiel à cet égard que les professionnels concernés soient informés des mesures de précaution à appliquer tant pour eux-mêmes que pour des tiers.

3.1.4 Grands piliers de la radioprotection

Trois grands principes s'appliquent pour limiter l'exposition des individus, qu'ils soient patients, travailleurs exposés dans le cadre de leur profession ou personnes du public (soit par définition toutes les autres personnes).

Justification : toute activité humaine susceptible d'entraîner une exposition de l'homme aux radiations ionisantes doit être justifiée par les avantages qu'elle procure. Ses bénéfices doivent être supérieurs à ses inconvénients. Toute méthode alternative doit être considérée. Dans le monde médical, cette justification existe à deux niveaux : la justification d'un type déterminé d'examen ou de traitement et l'application à chaque patient pris individuellement. En outre, cette matière est traitée dans la directive CE 97/43 reprenant le principe de coresponsabilité où le médecin référent et le prestataire portent ensemble la responsabilité de la procédure à mettre en œuvre (art. 51.3. RGPRI [1]).

Optimisation : les moyens de protection et les activités administrées doivent être choisis de telle manière que les doses individuelles et le nombre de personnes exposées soient maintenus aussi bas qu'il est raisonnablement possible compte tenu des facteurs économiques et sociaux.

Respect des limites de doses (cfr 3.1.2.4): ces limites s'appliquent aux expositions professionnelles et du public mais pas aux patients. Pour ceux-ci, l'application des deux principes précédents doit veiller à maintenir la dose aussi basse que nécessaire, compte tenu du bénéfice potentiel pour leur santé.

3.1.5 Principes pratiques de radioprotection

Cinq principes essentiels doivent être mis en œuvre afin de limiter l'exposition liée aux sources non scellées.

- **le temps** : contact avec une source fixe ou mobile, et notamment un patient, doit être aussi réduit que possible.
- **la distance** : l'exposition aux radiations ionisantes diminue avec le carré de la distance⁵. Des attitudes simples comme s'écarter d'un pas lorsqu'on parle avec un patient qui a reçu une injection de radio-isotopes est une manœuvre très simple qui réduit l'exposition.
- **le blindage** : cette mesure est largement mise en œuvre dans les services de Médecine Nucléaire pour protéger contre les sources fixes. Les locaux également sont blindés afin de ne pas faire subir à des services avoisinants des doses de rayonnement évitables. Il est par contre très difficile de « blinder » un patient, cette mesure ne s'appliquant donc pas à eux.
- **la prévention des contaminations internes ou externes** : les contaminations proviennent de la dispersion de sources radioactives non scellées lors de leur préparation, de leur conditionnement ou de leur administration aux patients mais également des sécrétions corporelles des patients et en particulier les excréta puisque de nombreux radiopharmaceutiques sont éliminés notamment par voie urinaire. Il est donc essentiel de porter des gants, d'utiliser du papier absorbant, de travailler de manière consciencieuse, etc.
- En outre, la **limitation des doses aux extrémités** mérite un effort particulier en médecine nucléaire : ceci concerne essentiellement l'exposition des doigts et des mains de ceux qui manipulent les sources radioactives, qu'il s'agisse d'émetteurs gamma ou bêta (+/-). On a longtemps pensé que les doses aux extrémités étaient faibles mais en réalité, elles étaient mal mesurées (ou pas mesurées du tout). Des études récentes ont clairement démontré que ces doses pouvaient facilement atteindre les limites prescrites par la loi et il est donc indispensable d'y accorder beaucoup d'importance. Ceci est bien décrit dans le projet européen ORAMED (www.oramed-fp7.eu) et ExDos (étude belge de terrain, financée par l'AFCN, Annexe 2). L'attention du personnel en charge de la manipulation des sources radioactives (éluats, flacons, kits reconstitués, seringues prêtes à l'emploi, déchets) doit se focaliser sur le temps (expérience, processus bien maîtrisés) et sur le blindage (protège-seringues, blindages pour flacons, enceintes en plexiglas pour les β^- , poubelles blindées,...). De plus, un apprentissage des gestes adéquats [6] est très utile. Enfin, afin de mesurer réellement l'exposition, le port adéquat du/des dosimètres est essentiel. La recommandation d'ORAMED à ce jour est de porter un dosimètre-doigt à la base de l'index de la main non-dominante, tourné vers la face palmaire [7].

⁵ Cela signifie qu'une exposition de 1 diminue non pas à $\frac{1}{2}$ si l'on double la distance mais à $\frac{1}{4}$ et à $\frac{1}{9}$ si la distance est triplée (uniquement valable pour le rayonnement gamma).

L'application de ces grands principes doit se faire de manière raisonnée en fonction de l'exposition potentielle. Idéalement, chaque type d'intervenant doit recevoir des instructions qui lui sont propres et ce dans la mesure où une exposition non négligeable est attendue. Ceci peut être évalué en fonction de l'ampleur des sources mises en jeu, de la fréquence des contacts, du risque de contact avec des contaminations en surface, de la manipulation de déchets potentiellement radioactifs, etc. Il est important de ne pas créer de radiophobie en considérant de manière adaptée chaque patient ayant fréquenté un service de médecine nucléaire.

3.2 Personnes concernées

Le diagramme ci-dessous (Fig. 1) montre l'ensemble des intervenants potentiels par rapport à un patient adressé en médecine nucléaire. Certains intervenants font partie ou sont occupés préférentiellement dans le service (zone rouge). Il s'agit notamment de :

- Médecin nucléariste
- Technologues et infirmiers de médecine nucléaire
- Personnel administratif et logistique de médecine nucléaire
- Autre personnel en zone contrôlée (par exemple épreuves d'effort en cardiologie)
- Radiopharmacien
- Radiophysicien médical
- Personnel soignant des chambres de thérapie métabolique.

D'autres sont en contact moins direct et moins fréquent avec un patient porteur d'une source de radioactivité sous forme non-scellée (zone jaune). Il s'agit notamment de :

- Médecin référent et médecin traitant
- Personnel de soins des unités d'hospitalisation ou ambulatoire
- Personnel d'entretien (externe et/ou interne)
- Personnel technique (maintenance, intervention et contrôle, interne et/ou externe)
- Brancardiers et personnes en charge du transport
- Personnel des maisons de repos et de soins

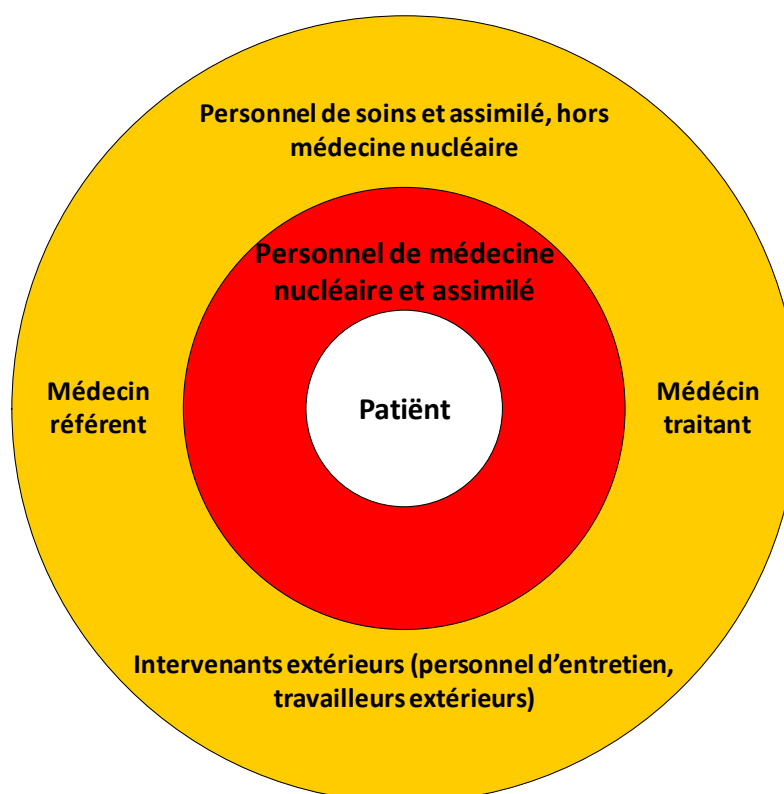


Figure 1. Diagramme hiérarchique des personnes concernées par la Médecine Nucléaire.

Cet avis ne traite pas directement de la radioprotection du patient, ni du public, entendu en dehors du cadre professionnel.

3.2.1 Formation du personnel en radioprotection

3.2.1.1 *Information et formation en matière de radioprotection pour le personnel potentiellement exposé*

Introduction

Le personnel exposé aux radiations ionisantes bénéficie de modalités de protection qui incluent un contrôle médical adapté, un contrôle des doses reçues (dosimétrie) en vue du respect des limites de doses décrites au § 3.1.2.4.

Ces personnes doivent également recevoir l'information et la formation nécessaires pour pouvoir suffisamment se protéger eux-mêmes ainsi que leurs collègues et leur entourage. Le contenu et la fréquence de cette information sont détaillés par l'article 25 du RGPRI [1].

Cet article du RGPRI est générique et destiné à s'appliquer à tout type de travailleurs (potentiellement ou réellement) exposés à des radiations ionisantes (y compris par exemple un(e) infirmier(ière) au bloc opératoire, infirmier(ière) en pédiatrie, technicienne de surface, etc). Il n'est malheureusement nullement spécifié la qualité des intervenants (médecin du travail, conseiller en prévention, expert du contrôle physique, expert en radiophysique, etc.) propre à chaque aspect développé. Cette rédaction générale a pour conséquences :

- i) une méconnaissance par beaucoup d'exploitants de leurs devoirs ou plus pragmatiquement de la manière de les mettre en œuvre et
- ii) une perception négative de la part du personnel concerné qui y voit souvent dans le milieu médical une obligation administrative – une corvée - sans beaucoup d'intérêt.

La marge d'amélioration dans l'application de cet article sur le terrain est donc importante. Ceci vaut tant pour la première séance d'information au moment de l'entrée en fonction mais aussi et probablement surtout lors du renouvellement de cette information qui doit être adaptée aux besoins.

Formation initiale:

La formation initiale, lors de l'engagement, doit viser les objectifs suivants :

- comprendre les principes physiques essentiels qui sous-tendent les doses reçues (décroissance exponentielle, atténuation, effet de la distance, unités de base, etc)
- comprendre les risques potentiels pour la santé, les principes de base pour se protéger des risques d'irradiation et apprendre les mesures mises en place dans l'environnement de travail pour les appliquer
- comprendre spécifiquement le problème de la contamination interne et externe et apprendre les gestes qui protègent
- connaître et comprendre les limites de dose et le principe ALARA
- comprendre l'utilité des dosimètres et leur bon usage
- prendre connaissance des procédures
- connaître de manière pratique les rôles respectifs du contrôle physique et médical
- connaître la signification des signaux d'avertissement et des symboles (zones contrôlées)
- connaître la protection de l'enfant à naître et du nourrisson (allaitement)

Renouvellement de l'information.

Les objectifs

Les objectifs annuels doivent être définis par le chef de service en concertation avec le personnel concerné et avec l'assistance, le cas échéant, d'un responsable du contrôle physique (et son adjoint local, le préposé à la surveillance), du médecin du travail et d'un délégué du CPPT. Le soutien de l'exploitant, généralement représenté par la Direction de l'hôpital, est essentiel.

Le contenu de l'information donnée:

L'information doit être renouvelée selon les besoins, définis au cas par cas, en fonction de l'actualité : nouvelles normes, introduction de nouvelles pratiques, incidents récents, remarques du contrôle physique ou du médecin du travail (en respectant bien entendu l'anonymat des cas d'école).

Il est souhaitable de maintenir un archivage des informations données et de donner accès au personnel à un support matériel (newsletter, REX, action plan, etc).

La fréquence:

Pour les personnes courant le risque le plus élevé d'exposition, une formation continue serait plus utile qu'une session unique. Les travailleurs doivent dès lors être encouragés à assister à des symposiums pertinents.

Le CSS souhaite néanmoins conseiller une fréquence minimale adaptée au type de poste de travail. Le Conseil considère que l'information devrait être renouvelée au strict minimum une fois par an pour le personnel de médecine nucléaire et assimilé et au moins tous les trois ans ou chaque fois que c'est nécessaire pour les autres.

Les personnes chargées de donner l'information:

L'exploitant doit veiller à ce que les personnes qui diffusent les informations et/ou dispensent les formations soient compétentes en la matière. Il est recommandé que toutes les parties concernées y participent en étroite collaboration avec le préposé à la surveillance : médecins, technologues, médecin du travail, conseiller en prévention, expert du contrôle physique, physicien médical, ...

3.2.1.2 Formation de base du personnel en matière de radioprotection des patients

Introduction

L'ensemble des personnes occupées de manière prépondérante dans les services de médecine nucléaire susceptibles d'exposer un patient aux radiations ionisantes sont concernées. Il s'agit principalement des technologues et infirmie(è)r(e)s, des médecins nucléaristes et des assistants en formation, et dans une moindre mesure des radiophysiciens, des radiopharmaciens et de leurs assistants, des radiochimistes et de leurs assistants.

La Loi (RGPRI) prévoit pour chacun des métiers concernés des modalités de formation professionnelle adéquates et requises. Certains de ces métiers font par ailleurs l'objet d'un agrément délivré par l'AFCN, sur base de critères objectifs, et moyennant pour certains l'examen du dossier par une commission d'avis. Ces critères ne sont ni détaillés, ni discutés ici.

Le cas des technologues et infirmiers est particulier : en effet, l'AM de 1998 définit le titre professionnel de technologue en imagerie médicale. Dans les faits, faute d'un nombre suffisant de diplômés détenteurs de ce titre, un grand nombre de ces membres du personnel sont reconnus de facto, moyennant une formation en radioprotection suivant l'article 53.2. de l'AR du 20 juillet 2001, destinée au bon respect des règles de radioprotection des patients. Cette obligation de formation suivant la Loi incombe à l'exploitant, ce qui peut parfois créer des problèmes puisqu'il n'existe pas d'agrément au sens strict.

Formation initiale

En vertu de cet article, les auxiliaires médicaux en radiologie, radiothérapie et médecine nucléaire doivent avoir suivi une formation en radioprotection de 50 heures (dont au moins 10 heures de pratique) et avoir encore suivi, pour la radiothérapie et la médecine nucléaire, une formation supplémentaire de 10 heures. Les étudiants doivent avoir subi avec succès un contrôle de connaissances portant sur la formation qu'ils ont suivie.

L'article 53.2 précité énonce en termes généraux les domaines qui doivent être traités.

- connaissance des techniques appliquées
- règles pratiques de radioprotection + leur base physique
- effets sur la santé de l'exposition aux rayonnements ionisants (accordant une attention supplémentaire à la grossesse et l'allaitement et aux mesures à respecter dans ce cadre)

- assurance de qualité, surtout les procédures en matière de contrôle de qualité des appareils utilisés
- des “questions méritant une attention particulière” comme l'exposition des enfants, les examens radiodiagnostiques préventifs au niveau de la population, l'utilisation de techniques à dose élevée, par exemple en radiologie interventionnelle.
- la réglementation actuelle en matière de radioprotection
- L'AFNC publie sur son site web [8] la liste des établissements organisant une formation en radioprotection attestée par l'Agence. De plus, la liste des établissements agréés en vue de l'obtention du titre de technologue en imagerie médicale est disponible sur les sites (Vlaanderen, Communauté Française).

Renouvellement de l'information.

La réglementation prévoit également l'obligation de recyclage permanent. Celle-ci devrait permettre de vérifier la pertinence des acquis de la formation de base au cours du temps et de suivre l'évolution technologique.

Pourtant Il existe un certain nombre de problèmes liés à cette exigence de formation⁶ :

- offre de formation insuffisante
- absence de délai entre l'engagement et l'obtention de la formation
- balance inadéquate entre théorie et pratique
- formation très générale peu orientée vers la médecine nucléaire
- absence de reconnaissance officielle par l'AFCN du certificat obtenu.

Recommandations générales

Le CSS recommande que les écoles de l'enseignement supérieur qui délivrent un tel diplôme y adjoignent une formation pratique, en vue de répondre aux exigences de l'article 53.2 de l'AR de mai 2007. Le CSS demande que les organisateurs de la formation complémentaire se concertent afin d'adapter les formations et que le contenu de la formation soit suffisamment général pour s'avérer utile aux trois spécialités. Le CSS conseille de réserver au moins la moitié de la formation à des cours théoriques.

A cet égard, il convient de remarquer que l'intitulé de l'art. 53.2. (alinéa 3) est quelque peu ambigu dans le sens où il prévoit que c'est à l'exploitant de veiller à ce qu'une telle formation ait été reçue par les auxiliaires médicaux. Le CSS recommande que l'Agence délivre une attestation officielle à toute personne qui peut apporter la preuve qu'elle a suivi la formation discutée ci-dessus, et ce indépendamment du contrôle qu'elle exerce(ra) en vertu de la loi auprès des exploitants.

Le CSS recommande que la formation continue soit organisée périodiquement et puisse faire l'objet d'une accréditation. Ceci entre bien dans les missions de la société scientifique belge de médecine nucléaire (SBMN) qui pourrait organiser cela au niveau national, notamment sous forme d'un e-learning certifié.

⁶ Ces remarques ont été recueillies auprès de la base (technologues de médecine nucléaire) par une enquête écrite organisée par la SBMN en 2008.

3.2.2 Responsabilité et formation du médecin référent et/ou médecin traitant

La position du médecin généraliste et du médecin spécialiste qui réfèrent un patient en Médecine Nucléaire est parfois un peu délicate. En effet, si celui-ci connaît les objectifs médicaux des procédures diagnostiques ou des traitements demandés, sa connaissance des aspects de radioprotection tant pour le patient lui-même que pour son entourage est parfois limitée.

En effet, le curriculum des études de médecine ne contient que fort peu d'informations sur les aspects de radioprotection et lorsque cette information est enseignée, elle l'est souvent de manière très théorique avec un accent surtout mis sur les effets déterministes des moyennes et hautes doses. Très peu d'universités apportent aux futurs médecins des informations pratiques en matière de radioprotection opérationnelle.

Il va de soi que la communication entre le médecin spécialiste en médecine nucléaire et le médecin référent ou le médecin traitant⁷ est un élément essentiel de cette information. Ceci est pratiqué de manière régulière pour les applications thérapeutiques mais il est impossible dans les applications diagnostiques d'informer individuellement les médecins référents des aspects de radioprotection relatifs à des procédures relativement courantes.

Le médecin référent, qu'il soit généraliste ou spécialiste, doit accompagner sa prescription de trois missions : la justification, l'optimisation et l'information. Sans être nommément indiqués dans le code de déontologie, ces trois aspects sont de nature telle qu'ils contribuent à des soins de qualité avec le moins de risque possible pour la santé.

3.2.2.1 *Justification et responsabilité partagée*

La réglementation belge (RGPRI) prévoit la responsabilité partagée entre le prescripteur et le médecin prestataire. Cette notion de responsabilité partagée et le principe de justification sont les deux éléments clés qui vont gouverner le choix d'une technique impliquant l'exposition aux radiations ionisantes que ce soit en médecine nucléaire ou en radiodiagnostic. Préalablement à la décision de pratiquer telle ou telle technique, le médecin référent devra évaluer les alternatives diagnostiques (par exemple une échographie ou un examen d'IRM) et en cas de doute, prendre avis auprès d'un spécialiste en la matière. A l'inverse, une fois la pratique justifiée, il ne faut pas émettre de doute quant au recours à un examen irradiant sous ce seul prétexte puisque le principe de justification implique que le bénéfice pour le patient est supérieur au détriment radiologique éventuel. Le médecin référent doit fournir toute information utile au spécialiste en médecine nucléaire qui permette à celui-ci d'évaluer correctement la demande et de proposer la meilleure méthodologie. Dans la pratique, l'absence d'information sur le formulaire de prescription est le plus souvent préjudiciable au patient. Bien que diversement appréciée, l'obligation de prescription écrite et circonstanciée doit être perçue comme un outil de communication entre médecins plutôt que comme une charge administrative inutile.

3.2.2.2 *Optimisation*

La prescription écrite est aussi un outil qui contribue à l'optimisation de la technique. Il est du devoir du médecin référent de prendre connaissance des problèmes spécifiques susceptibles d'influencer la décision de réaliser ou non l'examen et la manière de l'optimiser à savoir:

⁷ Les deux peuvent être impliqués par rapport à un même patient, qui ayant subi (ou devant subir) un examen à la demande d'un spécialiste se tourne vers son médecin généraliste pour plus d'information et des conseils.

l'éventualité d'une grossesse, l'allaitement, des modifications métaboliques importantes comme l'insuffisance rénale, la prise de médicaments essentiels qui peuvent interférer avec l'examen proprement dit (p. ex. prise d'un alpha-bloquant pour une scintigraphie MIBG), le pronostic vital pour un patient en fin de vie, la situation socio-économique du patient (p. ex. patient séjournant dans une maison de soins).

En outre, le médecin référent et le médecin traitant doivent être au courant pour les procédures thérapeutiques des restrictions possibles en cas de décès inopiné du patient concernant l'organisation des funérailles et la crémation. Ceci a été décrit dans un récent avis du CSS[14].

3.2.2.3 Modalités de formation

Pour tous les médecins, il serait utile de prévoir dans le curriculum des études médicales quelques heures de cours relatives à la prescription d'examens et de traitements impliquant des radiations ionisantes. Le futur médecin devrait recevoir une formation minimale sur les aspects suivants :

- effets déterministes et stochastiques
- ordre de grandeur de l'irradiation naturelle et des doses délivrées lors d'examens courants
- notions concernant les limites de dose
- grands principes de radioprotection
- protection de la grossesse et de la patiente allaitante
- notions d' « aidant⁸ » pour les applications thérapeutiques, ...

Contrairement à ce qui se fait dans certaines universités, cette formation ne devrait pas se faire au cours des premières années de baccalauréat mais plutôt lorsque le futur médecin approche la réalité de la pratique médicale c'est-à-dire avant le début des stages en 3^{ème} master. C'est en effet à ce moment qu'il sera amené à évaluer au cas par cas le bien-fondé d'une exposition aux radiations ionisantes, l'importance d'envisager à chaque cas les méthodes alternatives et être à même, le cas échéant, de répondre aux questions légitimes des patients par rapport à ces modalités qui sont parfois une source d'anxiété

3.2.3 Aspects pratiques et opérationnels (brochures)

Ce chapitre comporte un certain nombre de brochures pratiques pouvant être utilisées dans le cadre de l'information des parties prenantes.

Il s'agit de brochures indépendantes présentant systématiquement la même structure :

- le groupe cible à qui elle s'adresse
- une description de la médecine nucléaire
- les voies d'exposition spécifiques à chaque groupe cible
- la radioprotection en pratique
- quelques règles de bonnes pratiques et conseils.

⁸ Un 'aidant' est suivant l'acception du rapport Radioprotection 108 de la Commission Européenne, une personne qui de son plein gré (*willingly*), en toute connaissance de cause (*knowingly*), et en dehors d'un cadre professionnel, peut dépasser la limite de dose pour le public dans le but d'apporter un soutien à un patient.

Elles sont, de ce fait, faciles à diffuser et peuvent servir de base à une formation, un module de révision ou comme mémorandum pour les personnes concernées. Elles ont pour but de diffuser des informations correctes au sujet de la médecine nucléaire en accordant une attention suffisante aux règles de bonne pratique et en gardant à l'esprit le principe ALARA.

Une fiche est également jointe en annexe qui résume une fois encore brièvement les informations.

En ce qui concerne le médecin référent et/ou le médecin traitant, la structure des informations est conçue différemment. Il est tenu compte des questions posées par les patients et elle se présente donc sous forme de question/réponse. Enfin, quelques informations sont également jointes concernant la thérapie et ce qu'il y a lieu de faire en cas de décès d'un patient traité aux radionucléides.

3.2.3.1 *Personnel de médecine nucléaire et assimilé*

Groupe cible

Vous êtes professionnellement exposé et êtes donc en droit de bénéficier d'une formation en radioprotection telle que décrite à l'art. 25 de l'AR du 20.7.2001. Celui-ci prévoit également une formation continue à donner au minimum une fois par an ainsi que lors de la parution d'une nouvelle réglementation, la réalisation de nouvelles études et à la suite d'un événement lié à la radioprotection.

Qu'est-ce que la médecine nucléaire?

La médecine nucléaire consiste à administrer un produit radiopharmaceutique à des patients. Un produit radiopharmaceutique est une substance rendue radioactive par association avec un radionucléide (atome radioactif). La principale propriété de cette substance est de s'accumuler dans certaines parties spécifiques du corps permettant de les visualiser grâce à des caméras spéciales (caméra gamma, SPECT ou PET).

Après administration du produit radiopharmaceutique, le patient est donc lui-même (légèrement) radioactif et source de rayonnement. Cependant, nous utilisons des radionucléides de courte demi-vie. Le Tc-99m, dont la demi-vie physique est de 6 heures, est utilisé dans 90% de tous les examens. Cela signifie qu'après 6 heures, la moitié de l'activité est éliminée (par rayonnement), après 12 heures, il ne reste plus qu'un quart de la radioactivité initiale, etc. En outre, l'excrétion urinaire assure une clairance encore plus rapide du corps. En bref, on peut dire qu'un patient ayant reçu un radiopharmaceutique à base de Tc-99m n'émet pratiquement plus de rayonnement après 24 heures.

Comment pouvez-vous être exposé?⁹

Les possibilités d'exposition se répartissent entre exposition externe et contamination

- Exposition externe

Par exposition externe, on entend le rayonnement reçu à proximité d'un patient, d'un emballage de substances radioactives, d'un CT en fonctionnement, ... On n'est pas soi-même directement en contact avec la source de rayonnement mais uniquement avec le rayonnement qu'elle émet.

Quelle quantité de rayonnement "émet" un patient immédiatement après l'injection?

Le débit de dose est souvent exprimé en $\mu\text{Sv/h}$ (microsievert par heure) à une certaine distance (p. ex. à 1 mètre).

Nous avons résumé ci-dessous (Table 2 et 3) les débits de dose typiques pour l'activité de référence [9] des examens les plus fréquents [10]:

Table 2. Débit de dose en fonction de l'examen réalisé

Examen (immédiatement après l'injection)	Activité injectée (MBq)	Débit de dose à 1m au moment de quitter le service ($\mu\text{Sv/h}$)
Scintigraphie osseuse	740	7.5
Examen thyroïdien (Tc-99m)	110	2
Examen rénal (dynamique)	150-185.	4
PET (F-18)	260	21

Table 3. Débits de dose lors des manipulations de Tc-99m

	Débit de dose (mSv/h)
En contact direct avec une seringue contenant 740 MBq (20mCi)	260
En contact direct avec une seringue contenant 740MBq (20mCi avec blindage de 2 mm)	2.6
En contact direct avec une fiole contenant un éluat de 30GBq (810mCi)	2300
A 30cm d'une fiole contenant un éluat de 30GBq (810 mCi)	7.5

(calculé grâce au manuel Delacroix, 2002 [11])

⁹ Chaque fois qu'il est question de dose dans le texte, on entend une mesure pour la dose efficace. Ceci n'est pas répété pour la lisibilité du texte.

- Contamination

Etant donné qu'une partie de la substance radioactive administrée sera excrétée par le patient via les liquides biologiques (urine, transpiration), un contact direct avec celle-ci sera donc possible.

Une contamination peut être encourue de manière externe (p. ex. sur la peau) ou interne (p. ex. par une blessure cutanée, inhalation ou ingestion). Il s'agit généralement de faibles quantités mais elles se retrouvent plus longtemps dans ou sur le corps ce qui entraîne une exposition locale. C'est la raison pour laquelle les contaminations doivent toujours être évitées.

Aspects pratiques de la radioprotection

DUREE

Protection contre une exposition externe :

Plus on reste longtemps à proximité du patient radioactif ou d'une autre source de rayonnement, plus on sera irradié.

En pratique

- Planifiez au préalable ce que vous allez faire
- Essayez de travailler le plus efficacement possible
- Ne prolongez pas inutilement la conversation avec le patient
- Donnez des explications au patient avant de lui administrer l'injection

DISTANCE

Protection contre une exposition externe :

Il s'agit de la manière la plus simple et la plus efficace de se protéger. L'exposition diminue avec le carré de la distance à la source de rayonnement.

En pratique

- Reculez d'un pas durant l'explication au patient « radioactif »
- Lors de la réception d'un colis radioactif: rangez-le et prenez vos distances
- Attention: la règle du carré de la distance vaut également pour les mains!
 - Utilisez autant que possible des pinces pour manipuler des sources importantes de radioactivité (éluat, fioles contenant des radiopharmaceutiques).
 - Ne prenez pas de seringues sans manchon de protection (contact entre la main et la radioactivité)

PROTECTION

Protection contre une exposition externe

Le radionucléide est protégé à la source par l'utilisation de plomb (p. ex. support pour seringue, conteneur en plomb pour fioles, écran de protection en plomb) ou par le blindage des murs (p. ex. plomb, murs en véritables briques, gyproc avec blindage supplémentaire, ...)

En pratique

- Utilisez toujours des seringues blindées
- Utilisez des valisettes de transport blindées pour le déplacement des seringues
- Veillez à disposer de pots pratiques avec blindage pour l'éluat et les autres produits
- Faites attention lors de l'utilisation du CT: prenez toujours place derrière le blindage
- Veillez à disposer de suffisamment de poubelles blindées (y compris des petites sur les tables à roulettes et autres)

HYGIENEProtection contre la contamination

On veille ici à ne pas se contaminer soi-même ou des mesures de prévention sont prises afin d'éviter toute contamination de l'environnement.

En pratique

- Portez toujours vos vêtements de travail (chaussures, blouse et pantalon)
- Portez des gants
- Organisez de manière optimale le labo chaud et gardez-le propre
- Veillez à connaître la procédure de décontamination et à disposer directement du matériel nécessaire
- Veillez à bien inventorier et assurer le suivi des déchets dans ET hors du service pour les patients de médecine nucléaire
- La nourriture, les boissons, le maquillage et les effets personnels ne sont pas autorisés dans la zone contrôlée

Autres conseils pratiques**Procédures**

Veillez à ce que les procédures concernant la radioprotection, la décontamination, les décisions concernant le nettoyage du service, les déchets radioactifs (aussi bien internes au service que ceux d'autres départements de l'hôpital), les fournitures, l'emballage des générateurs, les examens cliniques, etc. soient à jour et régulièrement rappelées. Elles peuvent être d'une grande utilité en cas de situation de crise ou pour les nouveaux membres du personnel.

Mesures de radioprotection lors de la réanimation d'un patient radioactif?

Les patients présents dans un service de médecine nucléaire pour un examen diagnostique peuvent sans crainte être réanimés comme n'importe quel autre patient. Les mesures d'hygiène habituelles sont d'application. Aucune mesure spécifique ne doit être prise en matière de radioprotection.

Si le patient traité au moyen de substances radioactives (thérapie) doit être réanimé, il faut ALORS prendre des mesures de précaution. Ceci vaut en particulier pour les patients traités à l'I-131. L'installation d'un respirateur externe ou automatique est à conseiller le plus rapidement possible. Le bouche-à-bouche doit être évité; utilisez en tout cas un mouchoir en attendant. Nous

nous référons aux recommandations du Conseil Supérieur de la Santé concernant la réanimation.

Dosimétrie

Portez toujours votre dosimètre. Vous pouvez ainsi observer votre dose et la comparer avec les moyennes des autres services. Chez un infirmier à temps plein en Belgique, une dose moyenne de 5mSv est mesurée pour une période de 12 mois successifs. Cependant, il existe aussi des exemples de services comptant de nombreux patients et un faible effectif en personnel où la dose est inférieure à 2mSv pour 12 mois successifs. L'agencement et la taille du service constituent un facteur important, mais l'organisation du travail et la compétence des technologues (Annexe 1) le sont tout autant.

Dosimétrie des doigts: en raison de la distance, la dose aux doigts en médecine nucléaire peut être élevée. Portez toujours votre dosimètre de doigt pour manipuler des produits et administrer les injections aux patients. (Annexe 2)

Dosimètres électroniques: ces dosimètres donnent une indication directe sur le moment où la dose est encourue et peuvent aider à rechercher des moyens pour diminuer la dose.

Enceinte?

Si vous êtes enceinte, vous ne pouvez plus travailler au service de médecine nucléaire. Consultez le plus rapidement possible le médecin du travail.

Une attention particulière doit également être accordée aux patientes enceintes et allaitantes. La justification et l'optimisation de l'examen doivent spécifiquement être vérifiées et discutées entre le médecin prescripteur et le nucléariste.

Informations que vous pouvez donner aux patients, accompagnants et collègues

Les patients ayant subi un examen diagnostique ne doivent pas prendre de précautions spéciales après avoir quitté l'hôpital. Il va de soi qu'il faut veiller à une bonne hygiène.

Patients incontinents: une bonne hygiène doit être respectée. (p. ex. dans les maisons de repos, l'utilisation de gants) et les langes doivent de préférence être conservés quelques jours dans un sac fermé et pas à proximité de personnes (2m de distance) avant d'être évacués avec les déchets ménagers.

Patients indisposés: si un patient vomit durant les 12 premières heures après l'examen, une certaine activité peut encore être présente. Veuillez porter des gants pour le nettoyage et le rangement.

Femmes enceintes parmi le personnel ou les cohabitants: le contact rapproché de courte durée (par exemple laver un enfant) ou le contact prolongé à une distance minimale d'1m est conseillé.

Allaitement: celui-ci doit certainement être signalé! Utilisez toujours un nouvel éluat pour préparer les produits pour une patiente qui allaite. Conseillez à la mère d'allaiter juste avant que le radionucléide soit administré. Dans la plupart des cas, il n'est pas nécessaire d'interrompre l'allaitement (voir CSS avis 8099 [12]).

Patientes enceintes: la justification doit faire l'objet d'un examen complémentaire et des alternatives éventuelles sérieusement envisagées. Si l'examen est justifié, tous les paramètres doivent être optimisés au maximum. Si un examen diagnostique est réalisé chez une patiente enceinte (qui ne connaît pas son état lors de l'administration), la dose doit être calculée mais une interruption de grossesse ne doit pas être conseillée (voir CSS avis 8099 [12]).

Collègues à l'hôpital: l'exposition externe est négligeable et les actes courants (soins, positionnement du patient, apporter à manger, ...) ne constituent donc pas un problème [13]. Le respect de règles d'hygiène (similaire à ce qui est préconisé contre les contaminations biologiques) est toutefois important à titre de protection contre les contaminations. Si un patient est incontinent, les langes et autres déchets éventuels doivent être conservés séparément. Une feuille d'information complémentaire doit alors lui être donnée.

3.2.3.2 *Personnel de soins et assimilé hors médecine nucléaire*

3.2.3.2.1 Les brancardiers :

Groupe cible

Vous assurez régulièrement ou occasionnellement le transport de patients de médecine nucléaire vers d'autres services. Ces tâches ne font pas de vous une personne professionnellement exposée. Le transport de patients n'entraîne pas de dépassement de la limite de dose de 1 mSv par an. Dans certains cas, comme lorsque la charge de travail est importante, le port d'un dosimètre peut être envisagé. En raison de la nature du travail, vous devez toutefois être informé des aspects pratiques de la radioprotection, de la nécessité éventuelle du port d'un dosimètre et des mesures nécessaires en cas d'incidents.

Qu'est-ce que la médecine nucléaire?

La médecine nucléaire consiste à administrer un produit radiopharmaceutique aux patients. Un produit radiopharmaceutique est une substance rendue radioactive par association avec un radionucléide (atome radioactif). La principale propriété de cette substance est de s'accumuler dans certaines parties spécifiques du corps permettant de les visualiser grâce à des caméras spéciales (caméra gamma, SPECT ou PET). Après administration du produit radiopharmaceutique, le patient est donc lui-même (légèrement) radioactif et source de rayonnement.

Comment pouvez-vous être exposé?¹⁰

- Exposition externe
Par exposition externe, on entend le rayonnement reçu à proximité d'un patient, en l'occurrence principalement durant le transport du patient vers un autre service.
- Contamination
Etant donné qu'une partie de la substance radioactive administrée sera excrétée par le patient via les liquides biologiques (urine, transpiration), vous pourrez donc entrer en contact direct avec celle-ci en cas d'incident (urine, vomissements).

¹⁰ Chaque fois qu'il est question de dose dans le texte, on entend une mesure pour la dose efficace. Ceci n'est pas répété pour la lisibilité du texte.

Aspects pratiques de la radioprotection

DUREE

Plus on reste longtemps à proximité du patient radioactif, plus on sera irradié.

En pratique

- Empruntez le chemin le plus court
- Essayez de travailler le plus efficacement possible
- Ne prolongez pas inutilement la conversation avec le patient

DISTANCE

Il s'agit d'une manière simple de se protéger.

En pratique

- Gardez vos distances (>1m) par rapport au patient si possible (p. ex. en attendant l'ascenseur)

HYGIENE

En pratique

- Prenez contact avec le service de médecine nucléaire en cas d'incident (perte d'urine, vomissements, ...)
- Prenez des mesures d'hygiène (gants) dans le cas mentionné ci-dessus
- Maintenez tous les déchets produits lors de cet incident (perte d'urine, vomissements, ...) dans un sac à déchets séparé

3.2.3.2.2 Personnel des services médico-techniques

Groupe cible

Vous êtes sans doute professionnellement exposé aux rayonnements ionisants (p. ex. technologue au service de radiologie) de par vos manipulations de rayons X et vous avez droit à une formation en radioprotection telle que décrite à l'art. 25 de l'AR du 20.7.2001. Vous portez de ce fait également un dosimètre. Etant donné que vous entrez aussi en contact avec des patients de médecine nucléaire, quelques concepts et principes spécifiques vous sont expliqués ci-dessous; ils s'inscrivent dans le contexte de la radioprotection lors d'un examen **diagnostique** de médecine nucléaire. Le contact avec ces patients n'entraînera pas de dose supplémentaire dans des circonstances normales.

Qu'est-ce que la médecine nucléaire?

La médecine nucléaire consiste à administrer un produit radiopharmaceutique à des patients. Un produit radiopharmaceutique est une substance rendue radioactive par association avec un radionucléide (atome radioactif). La principale propriété de cette substance est de s'accumuler dans certaines parties spécifiques du corps permettant de les visualiser grâce à des caméras spéciales (caméra gamma, SPECT ou PET).

Après administration du produit radiopharmaceutique, le patient est donc lui-même (légèrement) radioactif et source de rayonnement. Cependant, nous utilisons des radionucléides de courte demi-vie. Le Tc-99m, dont la demi-vie physique est de 6 heures, est utilisé dans 90% de tous les examens. Cela signifie qu'après 6 heures, la moitié de l'activité est éliminée (par rayonnement), après 12 heures, il ne reste plus qu'un quart de la radioactivité initiale. En outre, l'excrétion urinaire assure une clairance plus rapide encore du corps. En bref, on peut dire qu'un patient ayant reçu un radiopharmaceutique à base de Tc-99m n'émet pratiquement plus de rayonnement après 24 heures.

Comment pouvez-vous être exposé?¹¹

Les possibilités d'exposition se répartissent entre exposition externe et contamination

- Exposition externe

Par exposition externe, on entend le rayonnement reçu à proximité d'un patient, d'un emballage de substances radioactives, d'un appareil à rayons X en fonctionnement, etc. On n'est pas soi-même directement en contact avec la source de rayonnement mais uniquement avec le rayonnement qu'elle émet.

Quelle quantité de rayonnement "émet" un patient immédiatement après l'injection?

Le débit de dose est souvent exprimé en $\mu\text{Sv/h}$ (microsievert par heure) à une certaine distance (p. ex. à 1 mètre). Ces données doivent être combinées avec le temps passé à une certaine distance. Pour étudier la situation réelle, la VUB a mis sur pied une étude [13]. Il en ressort que la dose reçue lors de la manipulation de patients en médecine nucléaire (soins, traitement, examen) est négligeable.

- Contamination

Etant donné qu'une partie de la substance radioactive administrée sera excrétée par le patient via les liquides biologiques (urine, transpiration), un contact direct avec celle-ci sera donc possible.

Une contamination peut être encourue de manière externe (p. ex. sur la peau) ou interne (p. ex. par une blessure cutanée, inhalation ou ingestion). Il s'agit généralement de faibles quantités mais elles se retrouvent plus longtemps dans ou sur le corps ce qui entraîne une exposition locale. C'est la raison pour laquelle les contaminations doivent toujours être évitées.

Aspects pratiques de la radioprotection

DUREE

Protection contre une exposition externe :

Plus on reste longtemps à proximité du patient radioactif, plus on sera irradié.

En pratique

- Planifiez au préalable ce que vous allez faire
- Essayez de travailler le plus efficacement possible

¹¹ Chaque fois qu'il est question de dose dans le texte, on entend une mesure pour la dose efficace. Ceci n'est pas répété pour la lisibilité du texte.

- Ne prolongez pas inutilement la conversation avec le patient

DISTANCE

Protection contre une exposition externe :

Il s'agit de la manière la plus simple et la plus efficace de se protéger. L'exposition diminue avec le carré de la distance.

En pratique

- Reculez d'un pas durant l'explication au patient radioactif

HYGIENE

Protection contre la contamination

On veille ici à ne pas se contaminer soi-même ou des mesures de prévention sont prises afin d'éviter toute contamination de l'environnement.

En pratique

- En cas d'acte invasif chez un patient
 - Prenez contact avec le service de médecine nucléaire
 - Portez toujours des gants
 - Rassemblez tous les déchets (en contact avec le sang, etc.)
 - Prévoyez un récipient blindé pour les déchets
 - Apportez les déchets au service de médecine nucléaire pour stockage de décroissance
- Prenez contact avec le service de médecine nucléaire si:
 - Le patient se sent mal et doit vomir
 - Le patient provoque des contaminations (sang, urine, etc.)
 - Vous avez des questions

Ils ont reçu le matériel nécessaire et la formation pour désinfecter les contaminations et éliminer les déchets
- Portez toujours vos vêtements de travail

Autres conseils pratiques

Mesures de radioprotection lors de la réanimation d'un patient?

Les patients présents dans un service de médecine nucléaire pour un examen diagnostique peuvent sans crainte être réanimés comme n'importe quel autre patient. Les mesures d'hygiène habituelles sont d'application. Aucune mesure spécifique ne doit être prise en matière de radioprotection.

Si le patient traité au moyen de substances radioactives doit être réanimé, il faut ALORS prendre des mesures de précaution. Ceci vaut en particulier pour les patients traités à l'I-131. L'installation d'un respirateur externe ou automatique est à conseiller le plus rapidement possible. Le bouche-à-bouche doit être évité; utilisez en tout cas un mouchoir en attendant. Nous nous référons aux recommandations du Conseil Supérieur de la Santé concernant la réanimation.

N'hésitez pas à poser d'autres questions au personnel de la Médecine nucléaire. Il est toujours disposé à répondre à vos questions ou à vos préoccupations éventuelles.

3.2.3.2.3 Personnel des unités de soins

Groupe cible

De par votre profession, vous pouvez entrer en contact avec des patients ayant subi un examen de médecine nucléaire. Vous êtes considéré comme une personne du public. Cela signifie que la dose encourue est inférieure à 1mSv (limite légale) par an.

Pour maintenir votre dose la plus basse possible (de loin inférieure à 1mSv), nous vous donnons ci-dessous quelques conseils.

Qu'est-ce que la médecine nucléaire?

La médecine nucléaire consiste à administrer un produit radiopharmaceutique aux patients. Un produit radiopharmaceutique est une substance rendue radioactive par association avec un radionucléide (atome radioactif). La principale propriété de cette substance est de s'accumuler dans certaines parties spécifiques du corps permettant de les visualiser grâce à des caméras spéciales (caméra gamma, SPECT ou PET).

Après administration du produit radiopharmaceutique, le patient est donc lui-même (légèrement) radioactif et source de rayonnement. Cependant, nous utilisons des radionucléides de courte demi-vie. Le Tc-99m, dont la demi-vie physique est de 6 heures, est utilisé dans 90% de tous les examens. Cela signifie qu'après 6 heures, la moitié de l'activité est éliminée (par rayonnement), après 12 heures, il ne reste plus qu'un quart de la radioactivité initiale. En outre, l'excrétion urinaire assure une clairance plus rapide encore du corps. En bref, on peut dire qu'un patient ayant reçu un radiopharmaceutique à base de Tc-99m n'émet pratiquement plus de rayonnement après 24 heures.

Comment pouvez-vous être exposé aux rayonnements?

Les possibilités d'exposition se répartissent entre exposition externe et contamination

- Exposition externe

Par exposition externe, on entend le rayonnement reçu à proximité d'un patient. On n'est pas soi-même directement en contact avec la source de rayonnement mais uniquement avec le rayonnement qu'elle émet.

Quelle quantité de rayonnement "émet" un patient immédiatement après l'injection?

Le débit de dose est souvent exprimé en $\mu\text{Sv/h}$ (microsievert par heure) à une certaine distance (p. ex. à 1 mètre). Ces données doivent être combinées avec le temps passé à une certaine distance. Pour étudier la situation réelle, la VUB a mis sur pied une étude [13]. Il en ressort que la dose reçue lors de la manipulation de patients en médecine nucléaire (soins, traitement, examen) est négligeable.

- Contamination

Etant donné qu'une partie de la substance radioactive administrée sera excrétée par le patient via les liquides biologiques (urine, transpiration), vous pourrez donc entrer en contact direct avec celle-ci.

Une contamination peut être encourue de manière externe (p. ex. sur la peau) ou interne (p. ex. par une blessure cutanée, inhalation ou ingestion). Il s'agit généralement de faibles

quantités mais elles se retrouvent plus longtemps dans ou sur le corps ce qui entraîne une exposition locale élevée. C'est la raison pour laquelle les contaminations doivent toujours être évitées.

Aspects pratiques de la radioprotection

DUREE

Plus vous passez de temps à proximité du patient radioactif, plus vous serez irradié.

En pratique:

- Planifiez au préalable ce que vous allez faire
- Essayez de travailler le plus efficacement possible
- Ne prolongez pas inutilement la conversation avec le patient.

DISTANCE

Plus vous resterez éloigné du patient radioactif, moins vous encourez de rayonnements. Il s'agit de la manière la plus efficace pour limiter la dose d'irradiation.

En pratique:

- Reculez d'un pas durant l'explication au patient radioactif
- Reculez d'un pas le premier jour lorsque cela s'avère possible durant les soins, l'aide aux repas, à l'habillement ou durant la petite conversation quotidienne.

HYGIENE

On veille ici à ne pas se contaminer soi-même ou des mesures de prévention sont prises afin d'éviter toute contamination de l'environnement.

En pratique

- Portez des gants (et des vêtements de travail) si vous entrez en contact avec la personne elle-même ou ses liquides biologiques (p. ex. lorsque vous la lavez, changez, lui donnez à manger, l'aidez, ...) et lavez-vous les mains ensuite.
- Prenez contact avec la médecine nucléaire en cas de contamination, p. ex. le patient a uriné dans le lit. Ils sont formés à intervenir dans de telles situations et à conserver les déchets. Si cette situation se produit fréquemment, une formation spécifique et une procédure sera sans doute enseignée au personnel sur place.

Autres conseils pratiques

Déchets de patients radioactifs

Suivez les directives du service de médecine nucléaire. Ils donnent des directives et distribuent des sacs dans lesquels doivent être conservés les déchets de patients incontinents. Rangez les langes et conservez-les à l'endroit convenu. Les déchets radioactifs ne peuvent pas quitter l'hôpital tout simplement. C'est la raison de cette mesure.

Vous êtes enceinte et soignez les patients de l'unité de thérapie par radionucléides?

Bien que la présente brochure ne traite pour le reste pas de la thérapie métabolique, une exception est toutefois faite dans ce paragraphe afin que la brochure soit complète pour le personnel des unités de soins.

Les enfants, même à naître, sont plus sensibles aux rayonnements que les adultes. En outre, une contamination par une substance radioactive peut être transmise à l'enfant par le lait maternel. Les femmes enceintes ou allaitantes parmi les membres du personnel n'interviendront dès lors pas dans les soins à ces patients durant les premiers jours suivant le traitement.

Mesures de radioprotection lors de la réanimation d'un patient radioactif?

Les patients présents dans un service de médecine nucléaire pour un examen diagnostique peuvent sans crainte être traités comme n'importe quel autre patient. Les mesures d'hygiène habituelles sont d'application. Aucune mesure spécifique ne doit être prise en matière de radioprotection.

Si un patient traité au moyen de substances radioactives doit être réanimé, il est préférable de prendre un certain nombre de précautions. Ceci vaut en particulier pour les patients traités à l'I-131. Le bouche-à-bouche doit être évité; utilisez en tout cas un mouchoir en attendant. L'installation d'un respirateur externe ou automatique est à conseiller le plus rapidement possible.

Décès d'un patient après thérapie métabolique?

Si un patient traité au moyen de substances radioactives décède, des débits de dose parfois élevés sont mesurés à proximité de celui-ci. A partir de ce moment, le radionucléide ne décroîtra plus que de la durée de demi-vie physique étant donné que toute excrétion biologique a disparu. Informez toujours le service de contrôle physique. Il devra prendre des mesures spécifiques afin que personne ne soit irradié inutilement et qu'aucune contamination ne se produise. Par exemple, des règles de distance devront être respectées lors de la cérémonie des funérailles. Certaines précautions devront également être prises lors de la conservation provisoire de la dépouille mortelle.

En ce qui concerne la crémation, nous nous référons aux directives du CSS à ce sujet [14].

3.2.3.3 *Intervenants extérieurs*

3.2.3.3.1 Les techniciens extérieurs au service de médecine nucléaire (électriciens, plombiers, etc.)

Groupe cible

De par votre profession, vous entrez dans le service de médecine nucléaire pour des travaux de réparation (plomberie, électricité, travaux généraux, ...) ou pour l'entretien de l'installation. Vous pénétrez de ce fait dans la zone contrôlée (sources de radioactivité). A cet égard, des règles sont à respecter afin que la dose encourue reste faible. Vous pouvez être employé par l'hôpital lui-même ou comme travailleur externe. Cela n'a aucune importance en ce qui concerne les directives à suivre.

Qu'est-ce que la médecine nucléaire?

La médecine nucléaire consiste à administrer un produit radiopharmaceutique aux patients. Un produit radiopharmaceutique est une substance rendue radioactive par association avec un radionucléide (atome radioactif). La principale propriété de cette substance est de s'accumuler dans certaines parties spécifiques du corps permettant de les visualiser grâce à des caméras spéciales (caméra gamma, SPECT ou PET). Après administration du produit radiopharmaceutique, le patient est donc lui-même (légèrement) radioactif et source de rayonnement. On peut trouver d'autres sources de rayonnement ionisant dans les toilettes des patients, les poubelles, les seringues d'injection remplies ou vides, à proximité des caméras et, en général, près de tout le matériel marqué du symbole de la feuille de trèfle (symbole de radiation).

Comment pouvez-vous être exposé ?

On peut distinguer la possibilité d'être exposé en exposition externe et contamination

- Exposition externe

Par exposition externe, on entend le rayonnement reçu à proximité d'un patient, de produits radioactifs au labo chaud ou d'un appareil à rayons X en fonctionnement. On n'est donc pas directement en contact avec la source de rayonnement mais uniquement avec le rayonnement qu'elle émet.

- Contamination

Si l'on entre en contact direct avec des produits radioactifs, des taches après avoir renversé du produit ou des déchets de patients (p. ex. urines), le produit radioactif reste sur les vêtements, les mains, etc. Cela s'appelle une contamination. Dans ce cas, la peau contaminée doit toujours être lavée et les vêtements contaminés enlevés. Une contamination peut être encourue de manière externe (p. ex. sur la peau) ou interne (p. ex. par une blessure cutanée, inhalation ou ingestion). Il s'agit généralement de faibles quantités mais elles se retrouvent plus longtemps dans ou sur le corps ce qui entraîne une exposition locale élevée. C'est la raison pour laquelle les contaminations doivent toujours être évitées. Normalement, aucune contamination n'est présente dans le service de médecine nucléaire. Les locaux et les personnes font régulièrement l'objet de mesures ce qui sera certainement le cas dans le cadre de travaux.

Aspects pratiques de la radioprotection

DUREE

Plus vous passez de temps à proximité d'une source de rayonnements, plus vous serez irradié.

En pratique

- Demandez au service de libérer les locaux (pas de patient, ranger les produits radioactifs et mesurer les locaux pour s'assurer de l'absence de contamination).
- Si les locaux ont été libérés, aucun problème ne se pose et on peut travailler aussi longtemps que nécessaire.
- Si les locaux n'ont pas été libérés, préparez alors les travaux en dehors du service, apportez tout le matériel nécessaire et effectuez le travail de la manière la plus efficace possible. Ne pénétrez jamais dans un local où un appareil CT est en fonctionnement. C'est généralement indiqué dans les services de médecine nucléaire par une lumière rouge au-dessus de la porte du local concerné. Lorsque la lumière est allumée, l'accès est interdit.

DISTANCE

Plus vous resterez éloigné des produits ou des patients radioactifs, moins vous encourez de rayonnements. Il s'agit de la manière la plus efficace pour limiter la dose d'irradiation.

En pratique

- Demandez au service de libérer les locaux (pas de patient, ranger les produits radioactifs et mesurer les locaux pour s'assurer de l'absence de contamination).
- Si les locaux ont été libérés, aucun problème ne se pose et on peut travailler aussi longtemps que nécessaire.
- Si les locaux n'ont pas été libérés, demandez alors au personnel du service de médecine nucléaire de vous indiquer les sources d'activité et gardez par rapport à celles-ci de préférence une distance d'1 mètre. Demandez éventuellement de déplacer les sources.

HYGIENE

En pratique

- Prenez toujours contact au préalable avec le service de médecine nucléaire et demandez que les locaux soient libérés.
- Prenez des mesures d'hygiène (gants)
- Maintenez tous les déchets dans un sac à déchets séparé.

De manière spécifique:

- Plomberie: Attention!
Les évacuations des toilettes et même des lavabos sont potentiellement contaminées (substances radioactives). Avant de commencer les travaux, prenez de bonnes mesures d'organisation avec le service de médecine nucléaire. Commencez idéalement les travaux après un week-end (la plupart de la radioactivité a alors décru). En cas d'interventions d'urgence, des gants hygiéniques doivent être portés en dessous des gants de travail et tous les déchets (eau ...) doivent être récoltés. Tout le matériel utilisé devra alors rester dans le service durant 72h ou être mesuré.

ORGANISATION

- PROGRAMMEZ toujours les travaux et informez au préalable le service de médecine nucléaire
- Veillez à ce que le préposé à la surveillance (personne de contact pour la radioactivité) soit joignable en cas de questions ou de problèmes.
- En cas de travaux d'envergure, une concertation avec le service de prévention et le service de contrôle physique est nécessaire.
- L'entretien par des tiers (p. ex. caméras) doit se faire par du personnel professionnellement exposé (formation, dosimétrie, suivi médical)
- Si le local ne peut pas être libéré, il faut examiner la nécessité du port d'un dosimètre et imposer une limite de dose.
- Le service doit toujours être fermé ou sous contrôle.

3.2.3.3.2 Le personnel d'entretien

Groupe cible

De par votre profession comme personnel d'entretien, vous entrez éventuellement en contact avec des produits et des contaminations laissés sur place dans le service de médecine nucléaire. Vous faites partie des personnes professionnellement exposées et faites l'objet d'un suivi médical et dosimétrique. Vous avez droit à une formation que vous soyez employé directement par l'hôpital ou par une firme extérieure. Les informations essentielles sont reprises ci-dessous.

Qu'est-ce que la médecine nucléaire?

La médecine nucléaire consiste à administrer un produit radiopharmaceutique aux patients. Un produit radiopharmaceutique est une substance rendue radioactive par association avec un radionucléide (atome radioactif). La principale propriété de cette substance est de s'accumuler dans certaines parties spécifiques du corps permettant de les visualiser grâce à des caméras spéciales (caméra gamma, SPECT ou PET). Après administration du produit radiopharmaceutique, le patient est donc lui-même (légèrement) radioactif et source de rayonnement. On peut trouver d'autres sources de rayonnement ionisant dans les toilettes des patients, les poubelles, les seringues d'injection remplies ou vides, à proximité des caméras et, en général, près de tout le matériel marqué du symbole de la feuille de trèfle (symbole de radiation).

Comment pouvez-vous être exposé ?

On peut diviser la possibilité d'être exposé en exposition externe et contamination

- Exposition externe
Par exposition externe, on entend le rayonnement reçu à proximité d'une source radioactive. On n'est pas directement en contact avec la source de rayonnement mais uniquement avec le rayonnement qu'elle émet. Nous pouvons citer à titre d'exemple les produits radioactifs au labo chaud ou dans le local des déchets.
- Contamination
Si l'on entre en contact direct avec des produits radioactifs, des taches après avoir renversé du produit ou des déchets de patients ou des produits, le produit radioactif reste sur les

vêtements, les mains, ... Cela s'appelle une contamination. Une contamination peut être encourue de manière externe (p. ex. sur la peau) ou interne (p. ex. par une blessure cutanée, inhalation ou ingestion). Il s'agit généralement de faibles quantités mais elles se retrouvent plus longtemps dans ou sur le corps ce qui entraîne une exposition locale élevée. C'est la raison pour laquelle les contaminations doivent toujours être évitées. C'est pourquoi il faut toujours porter des gants à usage unique et utiliser du matériel de nettoyage distinct.

Aspects pratiques de la radioprotection

DUREE

Plus vous passez de temps à proximité d'une source de rayonnements, plus vous serez irradié.

En pratique

- Organisez le travail
- Les déchets radioactifs éventuels doivent être placés immédiatement dans le local à déchets. Ne restez pas dans le local à déchets.

DISTANCE

Plus vous resterez éloigné des produits ou des patients radioactifs, moins vous encourez de rayonnements. Il s'agit de la manière la plus efficace pour limiter la dose d'irradiation.

En pratique

- Ne placez pas le chariot de nettoyage dans le labo chaud ou le local à déchets. Vous évitez ainsi de devoir systématiquement pénétrer dans ces locaux.

HYGIENE

Les contaminations ne peuvent pas se voir. C'est pourquoi il est important de toujours travailler de manière hygiénique. Le service de médecine nucléaire a normalement mesuré les locaux avant de quitter les lieux.

On ne peut PAS manger ni boire dans le service de médecine nucléaire sauf dans le local prévu à cet effet (local du personnel/ kitchenette/etc.)

En pratique

- Prenez des mesures d'hygiène (gants)
- Utiliser toujours du matériel de nettoyage distinct dans le service de médecine nucléaire. Si des produits radioactifs devaient néanmoins se retrouver sur le matériel de nettoyage, ils ne seront pas disséminés dans d'autres services.
- Attention aux toilettes. Les patients répandent parfois de l'urine à ces endroits. Cette urine est alors légèrement radioactive. Il est nécessaire de porter des gants.
- Ne nettoyez que les endroits convenus avec le service de médecine nucléaire.
- Maintenez tous les déchets dans un sac à déchets séparé et placez-le à l'endroit convenu avec le service de médecine nucléaire.

ORGANISATION

- Demandez la procédure de nettoyage et parcourez-la avec le service.
Y sont mentionnés:
 - à quel moment le nettoyage est effectué
 - A quels endroits
 - Ce qu'il doit advenir des déchets
- Portez toujours votre dosimètre.
- Fermez le service si plus personne n'est présent lorsque vous le quittez.
- Demandez conseil si vous doutez de quelque chose.

3.2.3.4 Médecin référent : Information sur les aspects pratiques de la protection du patient et du public

Par rapport aux procédures diagnostiques de médecine nucléaire, le médecin référent doit au moins pouvoir expliquer les aspects suivants au patient et le cas échéant à son entourage :

Qu'est-ce que la Médecine Nucléaire ?

Technique d'imagerie médicale utilisant des substances faiblement radioactives pour observer la fonction de différents organes ; les substances utilisées (radiopharmaceutiques) varient selon l'organe à étudier.

Dans mon cas, y a-t-il des alternatives ?

D'autres examens sont effectivement possibles mais pour répondre à cette question diagnostique précise et compte tenu des recommandations en la matière, l'examen de médecine nucléaire apporte la meilleure information clinique.

Pendant combien de temps la radioactivité va-t-elle persister dans mon corps ?

Dans la majorité des cas (^{99m}Tc [os, myocarde, rein, poumon, cerveau, etc], ^{18}F -FDG [Petscan], ^{123}I [thyroïde]), le taux de radioactivité diminue très vite, suivant une demi-vie de 2 à 6 heures (13h pour ^{123}I). Dans de rares cas, cette demi-vie est plus longue mais l'activité administrée est beaucoup plus faible (^{201}Tl [cœur], ^{111}In [infection, tumeur], ^{67}Ga [infection, tumeur]) [9]

Après l'examen, dois-je prendre des précautions particulières ? Puis-je avoir des activités normales, me rendre à mon travail ?

Il est conseillé de boire beaucoup d'eau car la majorité des radiopharmaceutiques sont généralement éliminés par voie urinaire. Sauf dans des cas médicaux spécifiques, aucune précaution particulière ne doit être prise. Les activités normales, y compris professionnelles peuvent être reprises d'emblée sauf celles qui impliquent la prise en charge de petits enfants ou de femmes enceintes (12 heures de délai).

Dois-je craindre des effets secondaires, une allergie ?

Ceci est très rare et survient généralement lors de l'injection, en milieu hospitalier. Aucune allergie à l'iode n'est connue en médecine nucléaire car la quantité est très faible. Il n'y a rien à craindre de significatif.

Je suis (peut-être) enceinte: l'examen peut-il avoir lieu ?

Un examen de médecine nucléaire peut être réalisé pendant la grossesse si le bénéfice est supérieur au risque pour le fœtus. Ce rapport avantage-inconvénient est discuté avec le médecin spécialiste. S'il existe un doute quant à une grossesse méconnue, il vaut mieux réaliser un test de grossesse et prendre la décision en connaissance de cause. Si l'examen n'est pas urgent (p.ex. mise au point de maladie de la thyroïde), il est toujours préférable d'appliquer la règle des dix jours, c.-à-d. réaliser l'examen dans les dix jours suivant les prochaines règles.

J'ai subi un examen en médecine nucléaire et je me suis rendu compte après que j'étais déjà enceinte

Si un examen diagnostique a été réalisé chez une patiente enceinte (situation non connue au moment de l'administration), le risque doit être évalué en concertation avec un radiophysicien médical. Il ne faut toutefois pas conseiller d'interrompre la grossesse.

J'allaite mon bébé : y a-t-il des précautions à prendre après mon examen ?

Dans la plupart des cas, l'allaitement peut être poursuivi en respectant la règle suivante : allaitement juste avant l'injection et ensuite, 6 heures plus tard. Des informations détaillées sont disponibles dans le rapport du CSS sur ce sujet [12].

Puis-je être enceinte après cet examen ?

Aucun délai n'est recommandé après un examen diagnostique de médecine nucléaire pour envisager une grossesse. De plus, la fertilité ne sera en aucun cas altérée.

Le patient est incontinent (bébé, vieillard, troubles neurologiques ou psychiatriques). Cela pose-t-il un problème ?

Il faut éviter de se contaminer lors des changements de langes ou de la toilette, éventuellement en portant des gants à usage unique (non stériles). Si un accident devait survenir, un nettoyage à l'eau claire est indiqué mais il faut éviter les détergents ordinaires.

Pour réaliser cet examen, dois-je être à jeun, éviter la prise de certains médicaments ?

La plupart des examens ne se réalisent pas à jeun, à l'exception de la majorité des PET-scans et des examens du tube digestif. Généralement les instructions sont données par le service lors de la prise du rendez-vous. Si un jeûne n'est pas indiqué, il est inutile de le pratiquer car cela peut avoir un effet négatif sur l'hydratation. En général la prise des médicaments habituels peut être poursuivie. Un tableau en annexe 9 reprend les incompatibilités nécessitant l'arrêt temporaire d'un médicament.

Pour cet examen, puis-je me rendre à l'hôpital en transport en commun ?

Ouicela ne pose pas de problème, hormis en cas d'incontinence non prise en charge.

Informations concernant les procédures thérapeutiques ?

Des informations détaillées ont été proposées par le CSS pour ce qui est des procédures thérapeutiques qui sortent du cadre de ce rapport (CSS 7221) [2]. Les activités mises en jeu étant beaucoup plus élevées, il est important que tout médecin concerné puisse les consulter et que les médecins nucléaristes puissent en transmettre le contenu par écrit ou oralement tant aux patients qu'aux confrères.

Que faire en cas de décès d'un patient après un traitement ou un examen au moyen de radionucléides ?

Finalement, il peut arriver qu'un patient décède inopinément suite à un traitement ou un examen de Médecine Nucléaire (accident de la route, infarctus imprévisible, et...). Le formulaire de déclaration de décès comporte une case à cocher relative à la présence de substances radioactives dans la dépouille mortelle. Dans le cas des procédures diagnostiques, celle-ci ne doit pas être cochée vu la courte demi-vie physique des radionucléides utilisés. En cas de doute, un contact avec le médecin qui a effectué l'examen peut être utile ou à défaut avec la hotline de l'AFCN. Le CSS a récemment émis un avis sur ce sujet (CSS 8416) [14] et des informations sont également disponibles sur le site web de l'AFCN (<http://www.fanc.fgov.be/fr/news/guide-pratique-de-l-afcn-pour-les-medecins-generalistes-relatif-a-la-problematique-des-depouilles-radioactives/521.aspx>).

4 REFERENCES

1. KB van 20 juli 2001 tot inwerkingstelling van de wet van 15 april 1994 betreffende de bescherming van de bevolking en van het leefmilieu tegen de uit ioniserende stralingen voortvloeiende gevaren en betreffende het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle, B.S. n° 244, 30 augustus 2001
2. Hoge Gezondheidsraad, Aanbevelingen inzake therapie door middel van radionucliden onder niet-geïncapsuleerde vorm, HGR 7221 december 2005, 2005
3. International Commission on Radiological Protection. 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37(2-4). Oxford: Elsevier Ltd, 2007
4. European Commission Council Directive 96/29/EURATOM of 13 May 1996 laying down basic safety standards for the protection of the health of workers and the general public against the dangers arising from ionising radiation. Official Journal of the European Communities, L159, Vol. 39 (29 June 1996).
5. International Commission on Radiological Protection. Statement on Tissue Reactions ICRP Reference 4823-3093-1464, 2011
6. Stritt N, Linder R, Measures taken by the supervisory authority to reduce extremity doses in nuclear medicine facilities in Switzerland, Radiat Meas 46 (11), 1315-1320, 2011
7. Carnicer A, Sans-Merce M, Baechler et al. Hand exposure in diagnostic nuclear medicine with ¹⁸F- and ^{99m}Tc-labelled radiopharmaceuticals - Results of the ORAMED. Radiat Meas 46 (11), 1277-1282, 2011
8. Federaal Agentschap voor Nucleaire Contrôle, Lijst van geattesteerde opleidingen overeenkomstig artikel 53.2 van KB 230/07/2007, www.fanc.fgov.be
9. De Geest E, Practical aspects of quality assurance and radiological protection in nuclear medicine, workgroup BSNM, Annalen van de Belgische vereniging voor stralingsbescherming 27(4) 173-180, 2002
10. Mountford PJ, O'Doherty MJ, Exposure of critical groups to nuclear medicine patients, Appl Radiat Isotopes 50 89-111, 1999
11. Delacroix D, Guerre JP, Leblanc P and Hickman C. Radionuclide and radiation protection data handbook 2002. Radiat Prot Dosim 2002; 98.
12. Hoge Gezondheidsraad, Optimalisatie binnen de nucleaire geneeskunde: Toepassing van de nucleaire geneeskunde in bijzondere omstandigheden HGR 8099 juni 2006, 2006
13. Covens P, Berus D, de Mey J and Buls N, Mapping Very Low Level Occupational Exposure in Medical Imaging: A Useful Tool in Risk Communication and Decision Making, Eur J Rad 81(9) e962-e966, 2012
14. Hoge Gezondheidsraad, Avis du conseil Supérieur de la Santé relatif à la problématique de la crémation de défunts porteurs de sources radioactives CSS 8416
15. European Commission Council Directive 97/43/EURATOM. Health Protection of Individuals against the Danger of Ionising Radiation in Relation to Medical Exposures. Official Journal of the European Communities, L180 Vol 22, 9 July 1997.

5 ANNEXE(S)

ANNEXE 1 : Exposition du personnel de médecine nucléaire: évaluation objective

L'introduction de nouvelles méthodes d'imagerie en médecine nucléaire et la dispersion de l'activité de thérapie métabolique sont deux facteurs susceptibles d'accroître les doses reçues par le personnel professionnellement exposé dans les services de médecine nucléaire. En particulier, l'introduction large du PET-scan dans la pratique quotidienne pourrait à elle seule être responsable de doses plus importantes. En effet, l'énergie élevée (511 keV) des photons d'annihilation et dans une moindre mesure des particules bêta+, conjuguée à l'importance des activités mises en jeu et plus récemment l'introduction d'une technique hybride combinant le PET-scan et le CT-scan (rayons X), sont autant de facteurs susceptibles d'augmenter les doses au personnel, tant au niveau du corps entier qu'au niveau des extrémités. A l'inverse, les nouvelles limites de dose, d'application en Belgique depuis 2001, ainsi qu'une formation plus approfondie du personnel impliqué devraient entraîner des comportements propices à une diminution des doses.

Le Conseil Supérieur de la Santé, conjointement avec le groupe de travail « Radioprotection » de la Société belge de Médecine Nucléaire, a dans cette optique réalisé une enquête auprès d'un certain nombre de services de médecine nucléaire, afin d'évaluer de manière objective les doses reçues dans ces services par les différents intervenants (personnel technique et de nursing, radiophysiciens, pharmaciens, médecins, etc,...). Plus qu'un instantané, cette enquête a voulu identifier des modifications de doses au cours du temps et en particulier, lors de l'introduction du PET-scan. Il s'agit d'une enquête non exhaustive, à laquelle ont répondu de manière volontaire les services contactés. Il aurait été préférable de pouvoir disposer d'un registre précis des doses reçues par ce personnel mais ce type de données, bien qu'adressées de manière légale au Ministère de l'Emploi et du Travail ne semble pas exister. De même, l'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire, qui n'a pas cette mission précise dans ses attributions, ne dispose pas de ces données de manière systématique.

Les pages qui suivent décrivent la méthodologie et les résultats (anonymisés) de cette enquête ainsi qu'une analyse qui essaie de préciser quels sont, entre services ou au sein du même service, les facteurs susceptibles d'influencer les doses du personnel (charge de travail par ETP, taille des locaux, types de procédures, installation d'un PET-scan, mesures de radioprotection et en particulier blindages utilisés,...). Sur base de ces résultats et de cette analyse, une série de recommandations sont émises afin d'inciter les services à améliorer leurs processus et éventuellement à optimiser leurs équipements de protection.

Objectif

Cette étude a pour but de réaliser une évaluation objective de la dose externe des travailleurs professionnellement exposés en médecine nucléaire. L'impact de la récente introduction du PET sur cette dose est également examiné. Au vu des résultats, il sera décidé si les règles de bonne pratique actuellement suivies sont suffisantes ou si d'autres directives sont nécessaires et doivent être résumées pour un large public.

Méthode

Début 2006, le Conseil Supérieur de la Santé a élaboré une enquête visant à obtenir des données concernant les doses personnelles enregistrées (Hp 10) par le personnel et les circonstances dans lesquelles elles étaient encourues. L'enquête a été traitée de manière anonyme en collaboration avec la Société Belge de Médecine Nucléaire (SBMN).

Problèmes lors du traitement

La méthode pour procéder à une enquête anonyme présente quelques inconvénients repris ci-dessous:

- Le fait de ne pas compléter l'enquête pour tous les membres du personnel donne une dose collective erronée pour le service et une dose individuelle incorrecte par équivalent temps plein (ETP) normalisée pour le nombre de patients par ETP
- Des données incorrectes ou incomplètes au sujet du régime de travail, p. ex. congé de maternité, mises à la retraite avant la fin de l'année calendrier ... entraînent également une dose collective erronée par ETP et une dose individuelle incorrecte par examen.
- Le fait de ne pas compléter toutes les données donne une autre subdivision par sous-catégorie.

Compte tenu de ces réserves, cette étude permet de suivre les lignes générales dans l'évolution de la médecine nucléaire classique vers le PET. Il s'agit naturellement de tendances générales à ne pas interpréter comme des vérités individuelles.

Absence d'une banque centrale de données

La mise sur pied de cette étude a été compliquée par l'absence d'une banque centrale de données concernant les doses des travailleurs professionnellement exposés. La création d'une telle banque de données peut, selon nous, optimiser la radioprotection. L'évaluation des mesures en matière de radioprotection grâce à la dosimétrie et à l'étude de ces données est un élément essentiel de la protection contre les radiations ionisantes.

Analyse des données

Généralités

Douze centres disposant d'un département PET et 16 centres ne proposant que la médecine nucléaire classique ont, au total, été contactés. Huit centres PET disposant de 109 membres de personnel dont 61 technologues et infirmiers et 13 centres MN disposant de 68 membres de personnel dont 44 technologues et infirmiers ont accepté de participer.

Les résultats indiquent que le département PET est généralement implanté dans de plus grands hôpitaux (en moyenne 700 lits contre 400 lits dans les centres de MN), que la superficie totale du service est presque deux fois plus grande (600 m² contre 320 m²) et que le local d'examen moyen est dans les deux cas pratiquement aussi grand (en moyenne 34 m²).

Lors de l'analyse des données de dose, nous n'avons pris en compte que celles des infirmiers et des technologues. Nous constatons notamment que les doses des médecins, physiciens et autres membres du personnel présents dans le service sont négligeables par rapport à la première catégorie.

Influence du PET

En examinant l'évolution de Hp(10) Equivalent Temps Plein (ETP) d'une année à l'autre (2002-2003-2004), nous pouvons constater dans le diagramme en boîte de la figure 1 que celle-ci est relativement stable. Ceci vaut tant pour la répartition des doses chez les personnes qui sont concernées à la fois par les examens SPECT et par les examens PET ("PET/SPECT", $N=40$) que pour les personnes uniquement concernées par les examens SPECT ("SPECT", $N=65$).

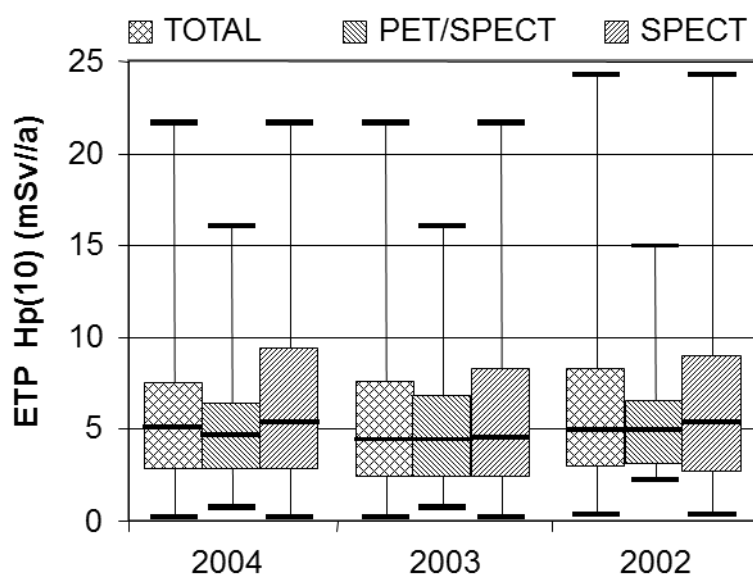


Figure 1: Dose annuelle ETP pour les personnes concernées ou non par le PET

Comme mentionné dans le paragraphe relatif aux problèmes lors du traitement, on trouve d'importantes aberrances qui ne reflètent vraisemblablement pas la réalité comme par exemple :

- La personne n° 19 atteignait en 2004 une dose de 5.38mSv durant un régime de travail à temps partiel de 25% seulement !
- La personne n° 101 atteignait en 2004 une dose de 0.67mSv seulement et ce pour un régime de travail à temps plein !

Ces deux personnes font partie du personnel infirmier, sont impliquées lors de la préparation et assurent l'injection.

Selon la figure 1, il existe peu de différences entre la dose ETP des personnes concernées par le PET et la dose ETP des personnes non concernées par celui-ci. Ce n'est pas ce à quoi on s'attendait en raison du débit de dose plus élevé dans le cadre des examens PET.

Cependant, si l'on calcule la dose individuelle par examen réalisé (sur la base de la charge de travail 2004), le diagramme en boîte de la figure 2 montre une légère tendance vers des valeurs plus élevées pour les personnes impliquées dans les examens PET.

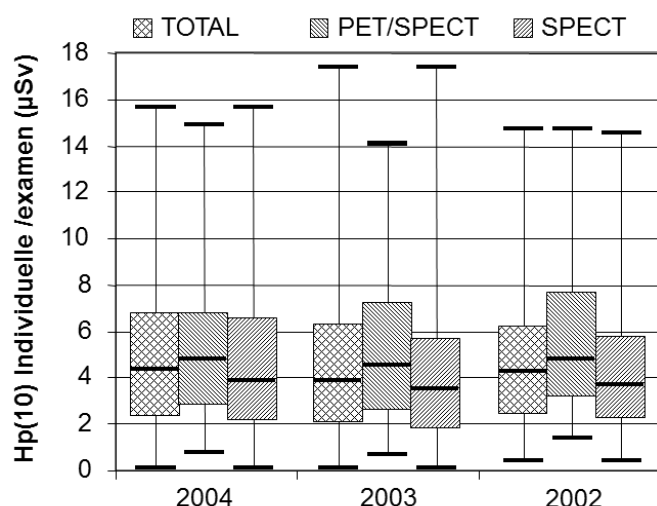


Figure 2: Dose individuelle par examen, sur la base de la charge de travail 2004 pour les personnes impliquées ou non dans les examens PET

Des données de la littérature (Tableau 1) indiquent également des doses individuelles plus élevées lors d'un examen PET par rapport au SPECT et sont en concordance avec cette tendance.

	Dose par examen (μSv)			
	PET		SPECT	
	Min	Max	Min	Max
Guillet 2005	1.6	4.4		
Biran 2004	4.0	12.6		
Benatar 2000	6.4	8.8		
Chiesa 1997	5.9	11.5	0.2	1.7
McElroy 1998	5.4	18.9		
Sloboda 1987			1.3	3.9
Harding 1987			1.2	1.7

Tableau 1: Dose individuelle par examen mentionnée dans la littérature

La raison de la différence non significative des doses annuelles ETP entre le personnel PET/SPECT et le personnel SPECT uniquement peut éventuellement s'expliquer par la différence au niveau de la charge de travail individuelle (# examens). Selon les données mentionnées, les personnes concernées par les examens PET prennent, sur base annuelle, nettement moins d'examen à leur compte.

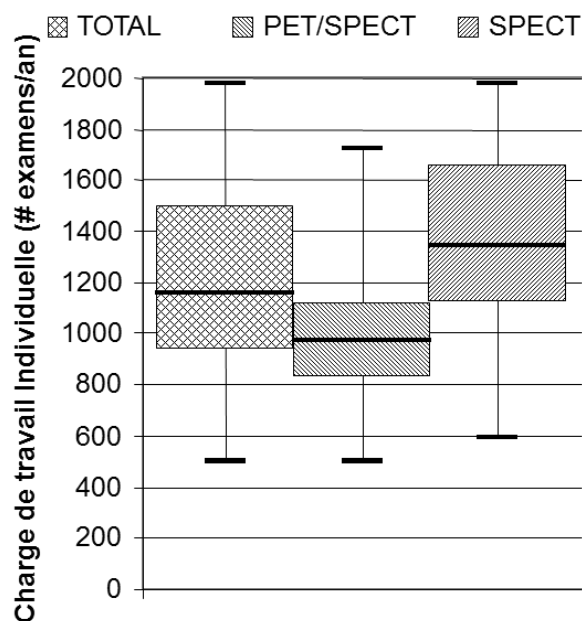


Figure 3: Charge de travail individuelle pour les personnes concernées ou non par le PET (année 2004)

Influence des tâches spécifiques

Les tâches au sein des différents services semblent avoir une influence sur la dose au personnel. On constate, pour les 3 catégories, que la préparation et l'injection de produits radiopharmaceutiques sont responsables d'une augmentation d'environ 30 % de la dose. Les deux manipulations sont en outre en grande partie liées étant donné que dans 65% des cas, T et I se chargent à la fois de la préparation et de l'injection.

Le fait de ne pas réaliser la préparation a toutefois une influence plus grande en cas de SPECT que pour le PET/SPECT (fig 4). Ceci s'explique sans doute par le haut niveau d'automatisation durant la synthèse du FDG et/ou le fait que le produit radiopharmaceutique n'est pas préparé sur place. Cette même tendance se retrouve au niveau de l'injection, même si le nombre de personnes qui ne s'occupent pas de l'injection lors du PET/SPECT est trop limité ($N=3$) pour tirer des conclusions pour ce groupe.

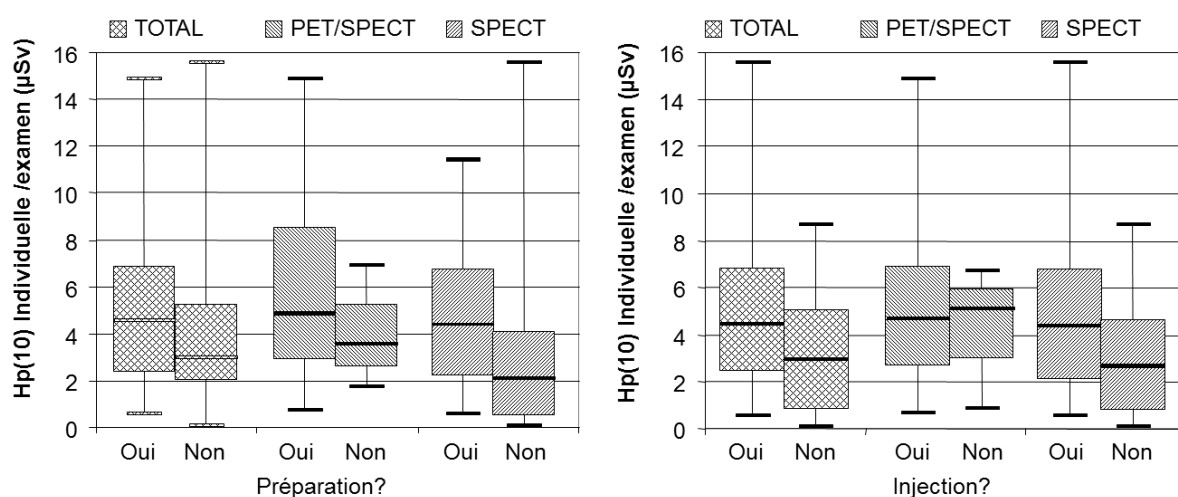


Figure 4: Influence des tâches sur la dose individuelle par examen

Influence des moyens de protection utilisés

Environ la moitié des personnes utilise un manchon plombé pour l'injection tant parmi le personnel PET/SPECT que SPECT. L'effet cependant (Fig 5.) est beaucoup plus important parmi le personnel PET/SPECT. Pour les utilisateurs du SPECT, la différence n'est pas vraiment significativement visible.

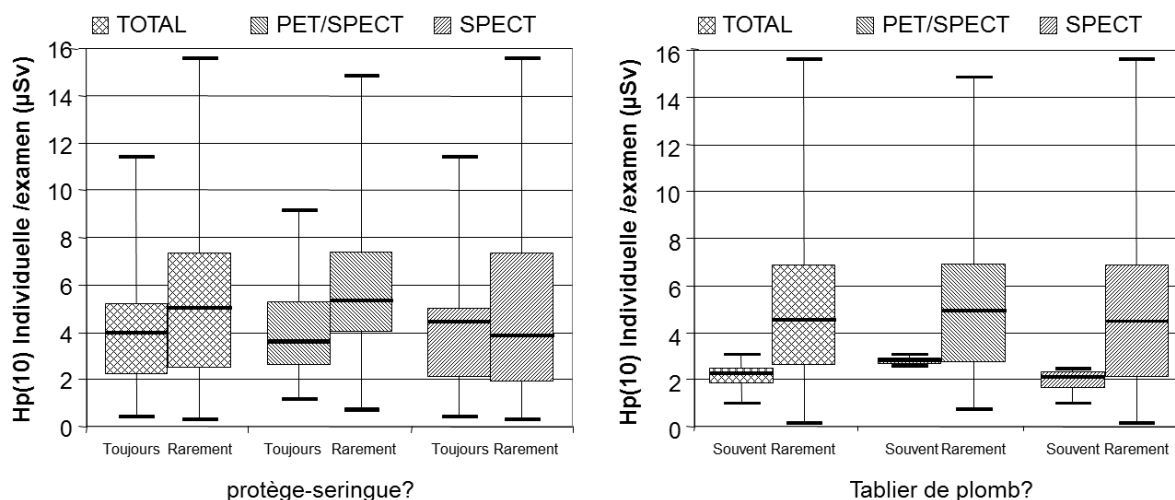


Figure 5: Influence des moyens de protection sur la dose individuelle par examen (2004)

95% des personnes indiquent qu'elles portent rarement ou jamais un tablier de plomb. Il est donc difficile, dans les populations spécifiques, d'établir un lien clair entre ce moyen de protection et la dose encourue (Fig. 5). Sur la population totale, les porteurs d'un tablier de plomb (N = 8) présentent, il est vrai, une dose individuelle nettement plus basse. Cette faible dose peut, outre l'utilisation du moyen de protection, indiquer cependant aussi une différence de mentalité chez les porteurs de tabliers de plomb.

Régime de travail, ancienneté et formation

Le régime de travail (fig. 6) et l'ancienneté (fig. 7) ne semblent pas influencer la dose au personnel. Même à la question de savoir si la formation complémentaire (Art. 53.2) a entraîné de nouveaux comportements, on retrouve les mêmes proportions (fig.8).

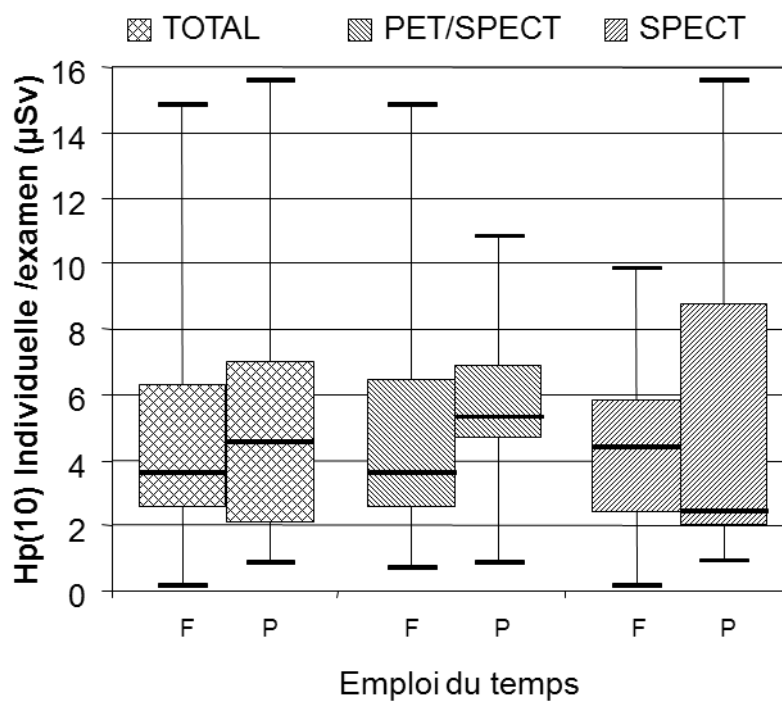


Figure 6: Influence du Full-Time (F) ou Part-Time (P) sur la dose individuelle par examen (2004)

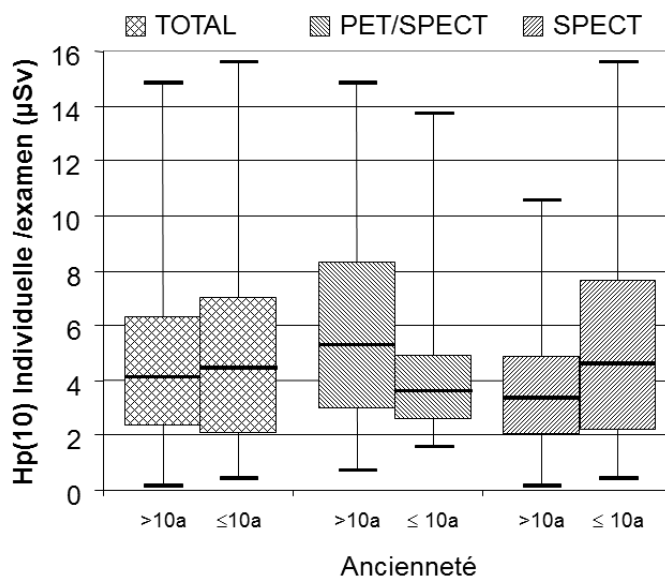


Figure 7: Influence de l'ancienneté sur la dose individuelle par examen (2004)

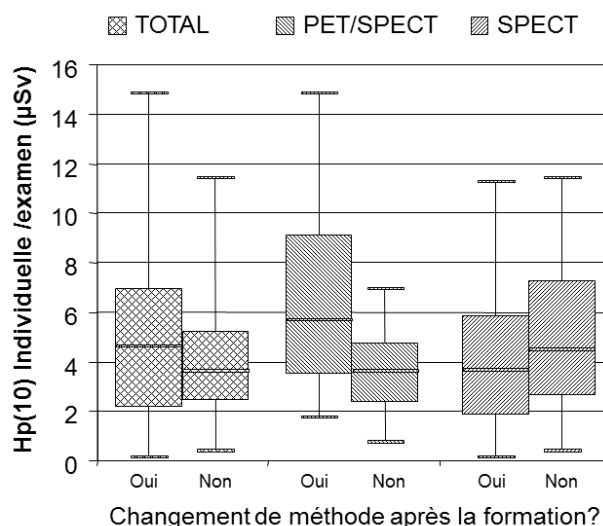


Figure 8: Influence de la formation sur la dose individuelle par examen (2004)

Il est frappant de constater que les utilisateurs du PET portent beaucoup plus souvent un dosimètre aux extrémités, à savoir 68% contre 21% chez ceux qui n'utilisent pas le PET. Les données de cette étude au sujet des doses n'étaient toutefois pas suffisantes pour en tirer des conclusions.

Conclusion

Une dose annuelle de ~5mSv peut être considérée comme une dose ETP typique pour les technologues et/ou les infirmiers dans le domaine de la médecine nucléaire. L'introduction du PET dans différents services n'a pas entraîné d'augmentation notable de la dose au personnel. Étant donné que, dans la plupart des cas, la dose encourue par examen lors de PET est supérieure, celle-ci peut être surtout due à la différence au niveau de la charge de travail.

Outre cette tendance, il faut surtout remarquer que l'on trouve au niveau des doses au personnel des aberrances importantes. Certaines personnes reçoivent une dose 10x plus élevée par examen que d'autres. Cependant, il n'apparaît pas toujours clairement quels facteurs sont responsables de ces doses élevées (ou faibles). Les tâches individuelles telles que la préparation et l'injection ont une influence limitée. L'effet positif attendu de l'utilisation d'un manchon plombé n'est démontrable que pour le PET.

Dans le petit groupe de personnes déclarant porter un tablier de plomb, on a constaté une dose plus faible. Le nombre limité de données ne permet toutefois pas de conclure que le tablier de plomb, comme unique moyen de protection, en est le responsable.

Il est étonnant que ni l'ancienneté ni la formation obligatoire (art 53.2) n'exerce une influence significative sur la dose au personnel.

Comme mentionné précédemment, les données de cette étude proviennent d'une enquête et l'absence d'une banque centrale de données de doses en constitue le point faible. En outre, cette étude ne traitait que les données de doses de rayonnement externe alors que les contaminations peuvent également jouer un rôle dans la dose effective.

Recommandations

Nous sommes conscients que ce rapport est établi sur base de données transmises de manière volontaire sachant que la Belgique ne dispose pas d'une base de données utilisable. Cependant, nous pouvons avancer les recommandations suivantes :

Le non-respect des règles de radioprotection a un impact plus direct sur la dose chez les utilisateurs du PET (comme la non utilisation de manchons plombés). Une attention continue doit donc être accordée aux règles classiques telles que

- Toujours utiliser des écrans protecteurs
 - o Manchons plombés,
 - o Valisettes de transport
 - o écrans
 - o poubelles, boîtes à tampons d'ouate... blindées
- travailler de manière propre, éviter les contaminations
- Attention pour l'agencement du service: prévoir suffisamment de surface et adapter la protection de plomb lorsque le nombre d'examens augmente
- A ce stade, le port systématique d'un tablier de plomb ne peut pas être recommandé: son efficacité doit être évaluée dans un cadre plus large et sur des bases scientifiques. Quoi qu'il en soit, un tablier de plomb ne peut être envisagé qu'en cas de procédures SPECT au moyen d'un émetteur gamma de faible énergie et lors de l'utilisation de rayons X sur les appareils hybrides à proximité des patients.

Outre ces règles classiques et compte tenu de certaines améliorations technologiques qui permettent de raccourcir la durée des examens et donc d'augmenter le rythme de travail, il faut éviter d'augmenter la charge de travail des technologues PET étant donné que cela pourrait avoir pour conséquence des résultats défavorables au niveau de leur dosimétrie.

La contribution de la contamination interne doit être étudiée afin d'évaluer si elle constitue un problème négligeable ou préoccupant. Des études contrôlées en cours sur les doses aux extrémités et au cristallin permettront, dans les années à venir, d'améliorer également ces recommandations.

Pour instaurer et maintenir les bonnes pratiques et les bons réflexes, il est important d'insister sur :

- Un perfectionnement régulier (s'entraîner et rafraîchir)
- Une implémentation pratique et durable de l'art. 25 du RGPRI devrait pouvoir mener à bien cette formation continue.

Etant donné que les données de dose ne sont pas toujours fiables, il faut également envisager :

- la création d'une banque de données de doses nationale qui représente un besoin urgent et doit constituer une priorité pour les autorités. Un audit régulier de ces données et l'instauration systématique d'études dosimétriques afin d'évaluer la radioprotection sont indispensables.

ANNEXE 2 : Rapport ExDos

(version originale reproduite avec l'autorisation expresse des auteurs [P. Vanhaeve, L. Struelens et S. Krim] et de l'AFCN (<http://www.fanc.fgov.be/ /GED/00000000/2700/2757.pdf>))

Executive Summary

In Belgium hardly any extremity and/ or eye lens doses are recorded on a routine basis for interventional procedures. However, the phenomena of cataract as a consequence of the exposure to ionizing radiation is a big issue and it is considered to reduce the dose limit for eye lens doses.

In nuclear medicine sometimes a ring or wrist dosimeter is used routinely. These dosimeters, however, can underestimate the maximum skin dose per square centimeter with a factor 4 to 10, depending on the position of the dosimeter and the procedure.

For the 7th framework program of the EC, a new project (ORAMED www.oramed-fp7.eu) was proposed and one of the major objectives was to determine extremity doses for interventional procedures and in nuclear medicine. The European project consists of 12 partners and in every participating country, measurements were performed in 3 and 2 hospitals for the interventional radiology/cardiology procedures and in nuclear medicine, respectively.

To obtain a more global overview of the situation in Belgium on the problematic of extremity doses and to be able to introduce the necessary radiation protection measures it was recommended to increase the number of hospitals. These extra measurements were performed within the Belgian ExDos project.

The Exdos project can be divided into 2 groups, classified according to the type of procedures that are considered:

- A. Extremity / eye lens dosimetry for interventional procedures
- B. Extremity dosimetry in nuclear medicine

I- Extremity / eye lens dosimetry for interventional procedures

Within ExDos dose measurements are performed for:

- CA & PTCA
- RF Ablations
- Pacemakers and ICD implantation
- ERCP
- Vertebroplasties/kyphoplasties

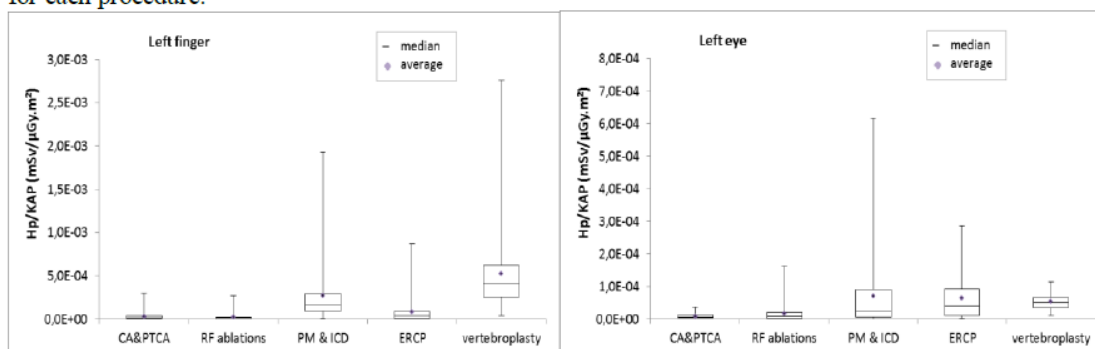
For CA & PTCA, RF ablations and ERCP, measurements are performed in 9 different Belgian hospitals. PM and ICD implantations are monitored in 8 hospitals. Vertebroplasty procedures are performed less frequently and measurements were performed in 5 hospitals. In total, 354 measurements were collected.

Dose measurements were performed using thermoluminescent dosimeters (TLDs) LiF crystals, doped with magnesium, copper and phosphore (LiF:Mg,Cu, P). The TLDs were sealed in small plastic bags and taped on the parts of the body to be monitored. 8 TLDs were used: 1 on each ring finger and wrist, 1 on each leg about 5 cm below the lead apron, 1 between the eyes and 1 on the side near the left or right eye. Next to these dose measurements, also useful information about the X-ray system, the protection measures, KAP (Kerma-Area-Product) and the working procedure are collected, using well-established measurement protocols.

From all monitored procedures we observed that highest $H_p(0.07)/KAP$ doses were obtained for the PM & ICD implantations and for the vertebroplasty/kyphoplasty procedures. For PM & ICD implantations, the operators are standing at the shoulder of the patient close to the X-ray beam. We also observed that in most cases no ceiling shield is used to protect the eyes and hands of the operator. Moreover, it was regularly observed during the measurement campaign that the hands were inside the primary X-ray beam. The same accounts for the vertebroplasty and kyphoplasty procedures. Also with these procedures no ceiling shields are used as they tend to obstruct the operator in its working practice. Another option for this specific procedure is to use a novel cement delivery system from a distance.

The lowest $H_p(0.07)/KAP$ are obtained for the CA & PTCA procedures and RF ablations. For these procedures operators are more and more aware of radiation protection issues and radiation protection shielding is commonly used. The ERCP procedure has in general low absolute $H_p(0.07)$ dose values because a small amount of radiation is used during this procedure (the lowest KAP values are obtained). However, for these procedures often X-ray systems are used with tube-above configurations and again protected shielding is not commonly used. This resulted in reasonable $H_p(0.07)/KAP$ values for the eyes. In the figures below, an overview is given

of the extremity doses per unit of KAP for all hospitals together on the left finger and the left eye, respectively for each procedure.



Comparison of $H_p(0.07)/KAP$ for each procedures at the left finger (left) and left eye (right)

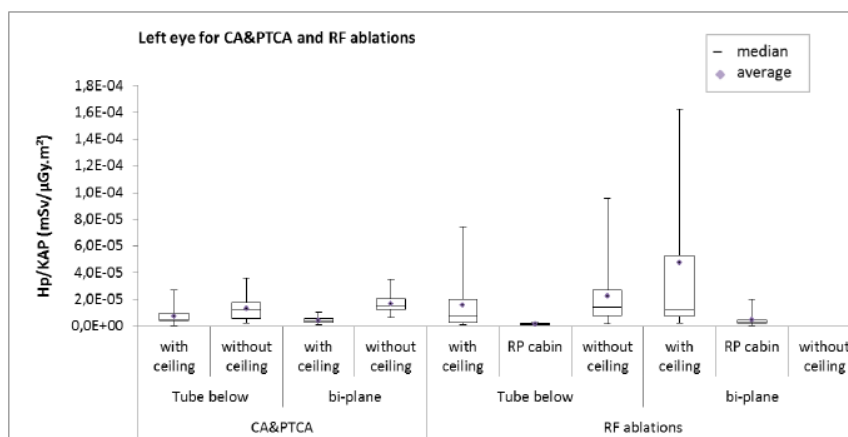
It is obvious that the use of radiation protection screens like the table shield, ceiling shield and RP cabin will decrease extremity doses to the legs, hands and eye lens doses, respectively.

The large database of the ExDos project makes it possible to make a representative assessment of how large this reduction is. For the PM & ICD procedures it was determined that the use of the table shield reduces the doses to the legs with 58%. For the ERCP leg doses were reduced with 70% and even 85% if only the tube-below configurations were taken into account. For the RF ablations and CA & PTCA procedures a reduction of 80% to the leg doses is determined when table shielding is used.

The use of a ceiling suspended shield has the largest effect on the eye doses. If well positioned, also the doses to the hands can be reduced. For RF ablations and CA & PTCA procedures, the eye doses are on average reduced with 80% by using a ceiling suspended shield. This kind of shielding was not used for ERCP, PM & ICD implantations and the vertebroplasty & kyphoplasty procedures.

For the RF ablations, 2 hospitals used the RP cabin protection. Eye and finger doses decrease with 67% and 58%, respectively, compared to the procedures where a ceiling shield was used. The leg doses are further reduced with 80% compared to the use of a table shield.

In the figure below, the doses to the eye lens are presented for CA&PTCA procedures and RF ablations, for different tube configurations and compared between no use of ceiling shield, with the use of ceiling shield and when the RP cabin is used.



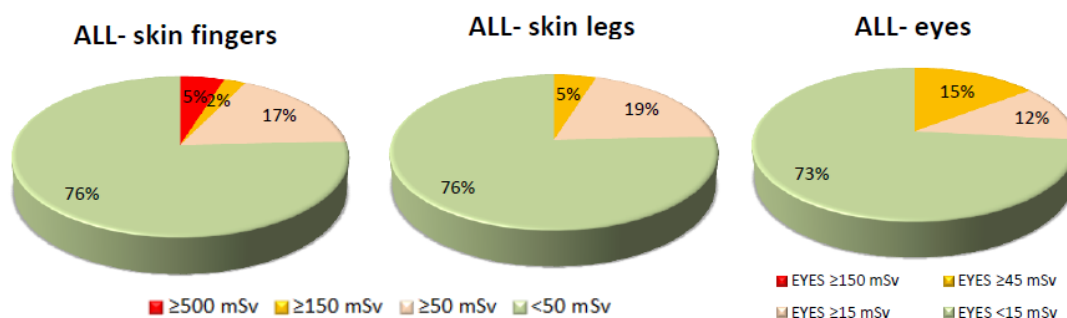
The effect of the tube configuration and protective equipment on the dose to the left finger for CA & PTCA procedures and RF ablations

The annual dose limit for deterministic effects to the skin is set to 500 mSv averaged over 1cm² area of skin regardless of the area exposed. The annual dose limit for deterministic effects to the eye lens is set to 150 mSv. When 3/10th of the limit is reached, it is legally required that doses are routinely monitored.

For the operators monitored during this project an estimation is made of the annual dose by multiplying the average dose obtained for a certain procedure with his workload (number of procedures) of one year.

In appendix B, the annual doses for each operator are presented, together with information regarding the tube configuration and room protective equipment.

In the figure below, a frequency distribution is given of how many times a certain dose is exceeded for all procedures together.



For the hands and legs, routine monitoring is necessary for doses > 150 mSv. For the eye lens, routine monitoring is necessary for doses > 45 mSv.

From the control of annual doses to different operators, we would recommend that routine monitoring is certainly useful for some interventional procedures. For PM & ICD implantations and vertebroplasty & kyphoplasty a routine monitoring of hand doses is required. Routine monitoring of eye lens doses is needed for all procedures, if the limit will be reduced.

For bi-plane systems and for tube-below configurations leg doses become high if no table shield is used, or when it is not properly used. If the table shield is always used, leg doses can be reduced significantly and no routine monitoring would be necessary.

A strong point of the ExDos project is that we have an overview of extremity and eye lens doses for a large number of hospitals. The obtained database is really representative for Belgium.

In general, extremity and eye lens doses can be reduced significantly with the use of protective shielding. However, the correct positioning of this shielding is one of the issues in practice at the moment. Especially the ceiling suspended shield is often not used effectively.

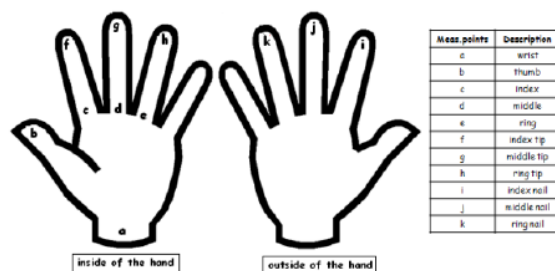
II- Extremity dosimetry for nuclear medicine

An extensive measurement program was performed with unified protocols in 13 different nuclear medicine departments distributed in Wallonia, Flanders and Brussels.

For diagnostics, two radionuclides were considered: F^{18} used for PET examinations and Tc^{99m} used for planar and SPECT examinations. For therapy, three of the most frequent treatments Zevalin, DOTATOC and SIRS labeled with Y^{90} were retained.

The objectives in ExDos were to carry out measurements in 8 hospitals for Tc^{99m} and F^{18} . For therapy applications, as many procedures as possible were followed. Series of 4 or 5 measurements for two different technicians for each one of the selected procedures were programmed.

The protocols specific to the labeling or the administration were adapted to diagnostic and therapeutic applications. Complementary information about the worker's dominant hand, his experience and the applied radiation protection equipment were collected for each monitored worker in order to correlate it with the measured extremity doses. To measure the skin dose across the hands, special gloves were designed with high sensitivity thermoluminescent dosimeters (TLD) placed at a minimum of 11 different positions on each hand. The positions are labeled a-k for the non-dominant (ND) hand, and A-K for the dominant (D) hand.



The results from EXDOS were used to have an overview of the extremity doses in Belgium. Within the ORAMED project, the results (together with results from other European countries and from simulations) will be analysed to make recommendations for better radiation protection.

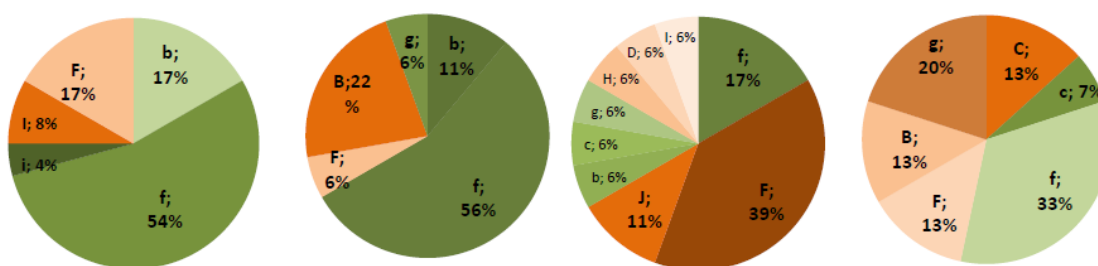
In total, 378 measurements were collected and used for the analysis, from which

- 117 measurements from preparation of Tc^{99m} (18 workers)
- 90 measurements from administration of Tc^{99m} (18 workers),
- 84 measurements from preparation of F^{18} (18 workers),
- 66 measurements from administration of F^{18} (15 workers),
- 19 measurements for therapy with Y^{90} (preparation),
- 11 measurements for therapy with Y^{90} (administration),

All data were collected over a period of 24 months (from November 2008 until November 2010). The therapies with Y^{90} are non-frequently performed procedures and only a few were followed.

Firstly, this extensive Belgian study on extremity dosimetry in nuclear medicine helped in assessing the locations of the maximal doses on the hand of the worker for the different types of procedure.

In the following pies are given -averaged per worker- the frequency and the location of the maximum doses respectively for the preparation and administration for both Tc^{99m} and F^{18} .



Frequency and the location of the maximum doses respectively for Tc Prep – Tc Adm – FDG Prep – FDG Adm

At first glance, the non dominant hand (green slices) is more frequently exposed than the dominant hand for most of the workers for both preparation and administration of Tc^{99m} . In the contrary, the dominant hand (orange slices) is clearly more exposed for the preparation of F^{18} whereas for the administration it is not so evident.

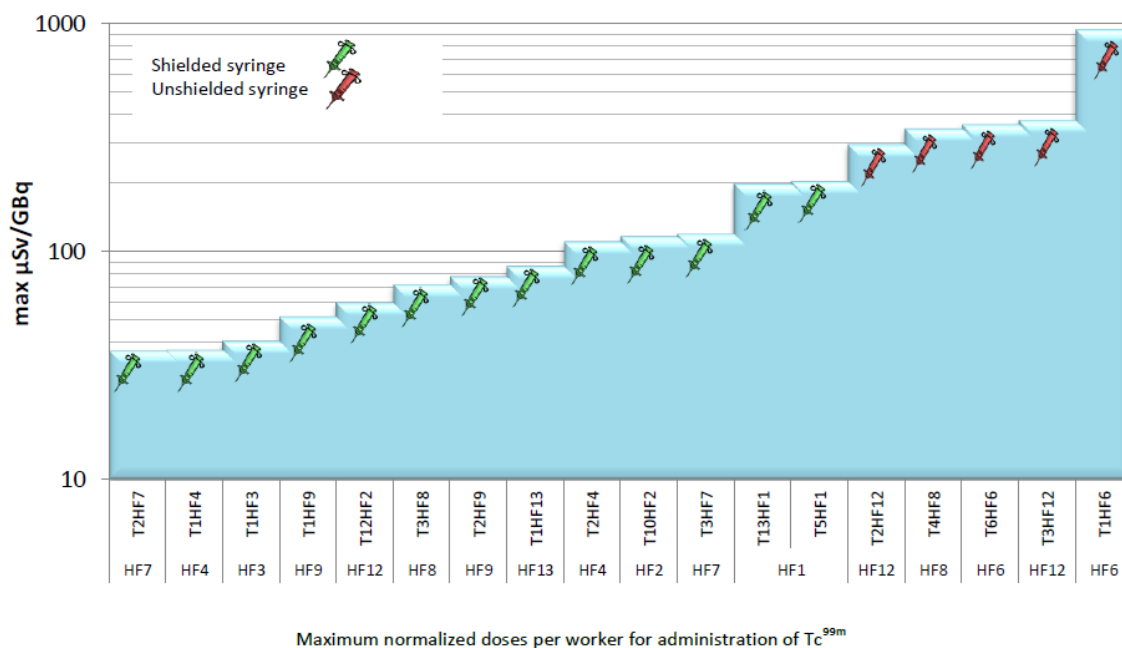
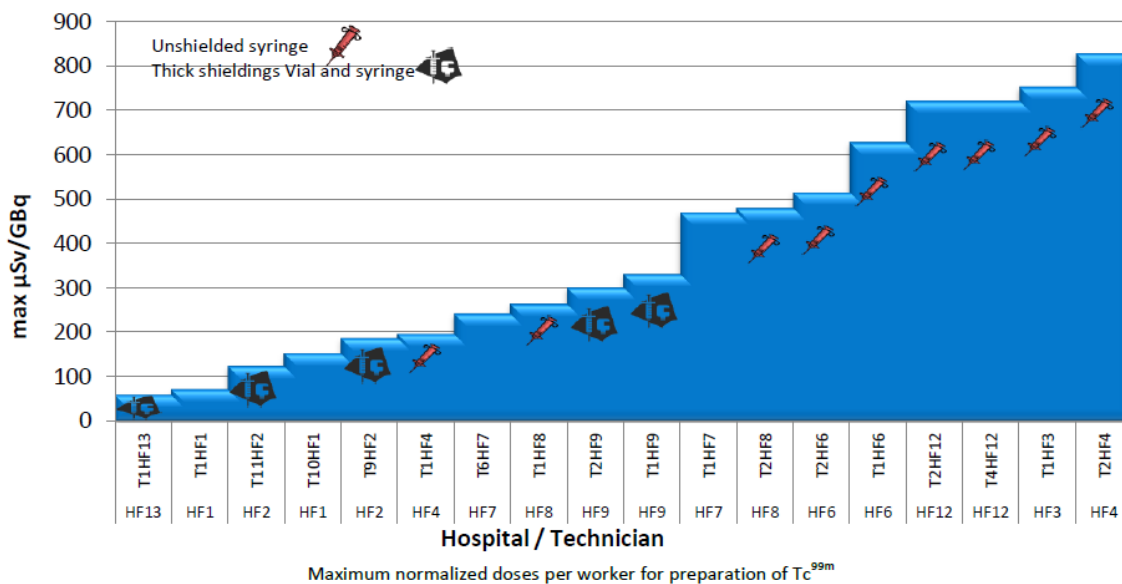
For both preparation and administration of Tc^{99m} , workers receive the highest exposure on the index tip of the non dominant hand (around 55% of the workers). The thumb is the second problematic position : for 20% of the workers the largest doses were found on the thumb of the non dominant hand for the preparation of Tc^{99m} and from 11% to 22% depending on the hand for its administration.

For preparation of F^{18} , the index tip on the dominant hand is more frequently the location where the highest doses were measured for 39% of the workers.

For administration of F^{18} , the index tip and the thumb are the positions where the maximum doses were measured. Nevertheless, it is not clear which hand receives most often the highest exposure, it seems that it depends on the worker and on the way he administrates the radioactive solution to the patient.

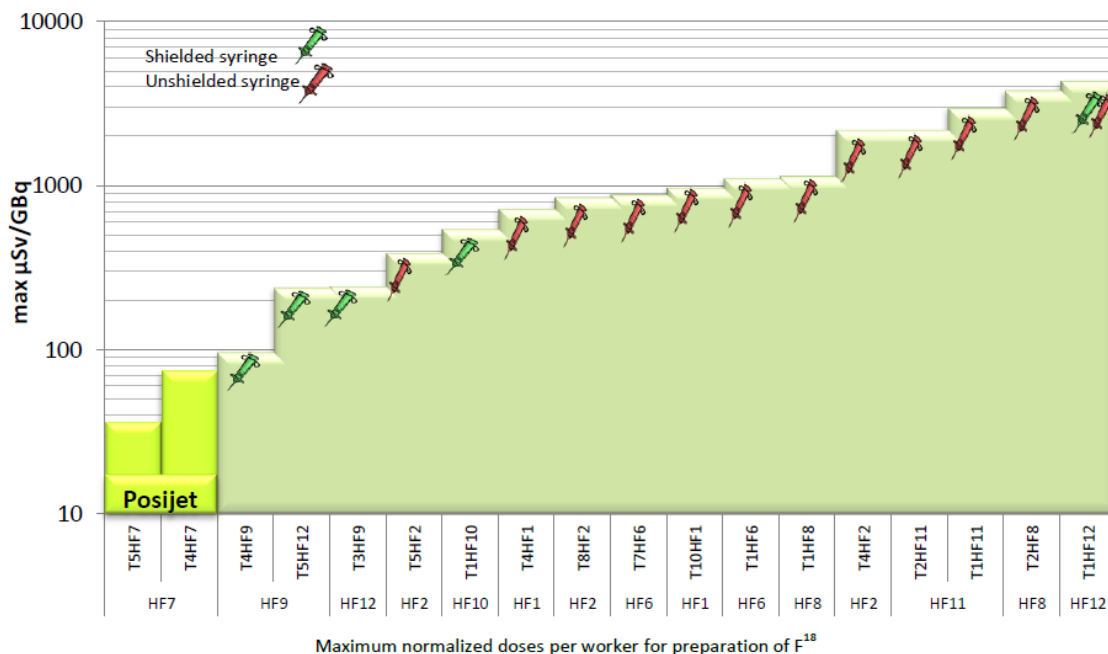
Secondly, the results normalized per manipulated activity can be used to have an overview of the maximum doses one can expect for the different types of procedure.

The two following charts show the maximum doses measured per worker respectively for the preparation and the administration of Tc^{99m} .

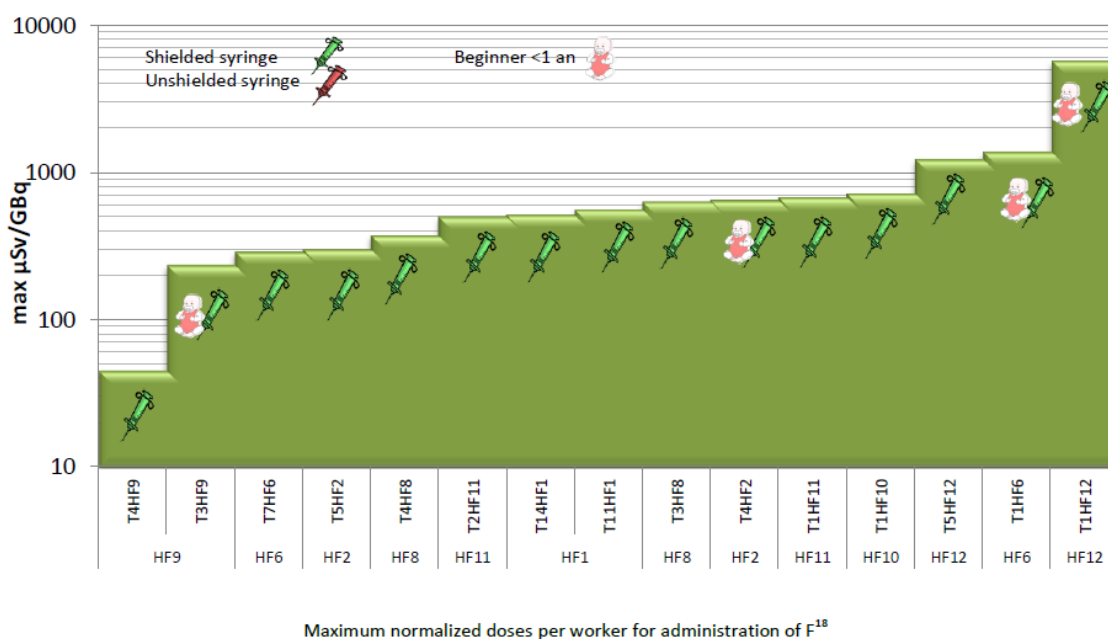


On the left part of the charts are situated the workers with good working practice. The workers using unshielded syringes are clearly situated on the right side for both the preparation and the administration of $\text{Tc}^{99\text{m}}$.

The two following charts give the maximum doses measured per worker respectively for the preparation and the administration of F^{18} .



For the preparation of F¹⁸, workers using thick shielding for syringes receive unmistakably lower doses. The use of a shielded syringe is clearly considered as a main factor in reducing the doses to the hands.



For the administration of F¹⁸, all workers that participated to the measurements used a shielded syringe. Workers with less than one year experience were considered as beginner. In this subgroup, two persons -T1HF12 and T1HF6- received higher doses while injecting the F¹⁸ to the patients than the rest of the workers despite using adequate shielded syringe. In some cases, it seems that the experience of the worker can be considered as a factor influencing the extremity doses but in practice it is difficult to establish its statistical significance. This was demonstrated within the detailed analysis of ORAMED.

The results of the measurements campaign highlight large variations among procedures and workers.

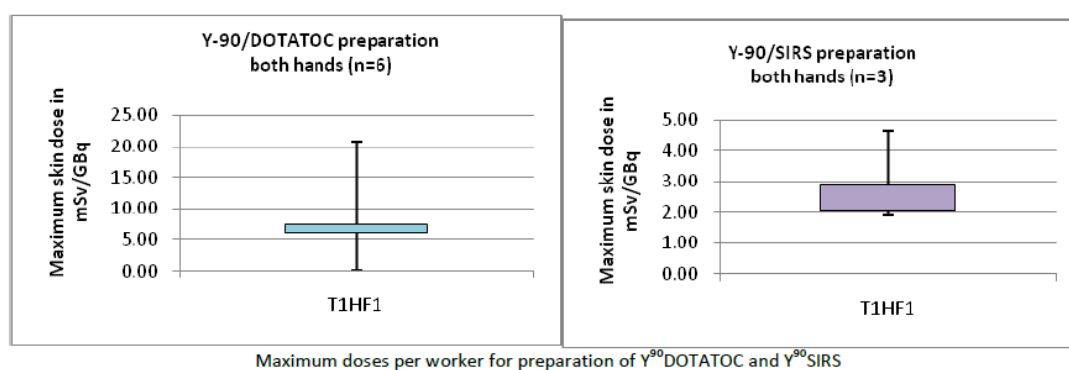
Although the doses normalized by the manipulated activity might be different in absolute value due to the different workload, F-18 procedures are likely to give more exposure than Tc^{99m} when the doses are normalised by the relevant activity. Also, the preparation steps induce more radiation for the skin of the worker than the administration.

To some extent, the spread of the doses, even within the same procedure, is the expected consequence of the nature of the problem (betas or positrons emitters, orientation of the syringe, distance to the radioactive solution, time of manipulation etc....).

However, the very wide range of maximum doses observed (from some tenths of $\mu\text{Sv}/\text{GBq}$ up to one thousand for Tc^{99m}, from some tenths of $\mu\text{Sv}/\text{GBq}$ up to more than five thousand for F¹⁸ and from few mSv/GBq to more than hundreds mSv/GBq for Y⁹⁰) is an indication that good and bad practices were performed and thus, that workers with larger doses could actually optimize their working procedures or habits in order to decrease the dose.

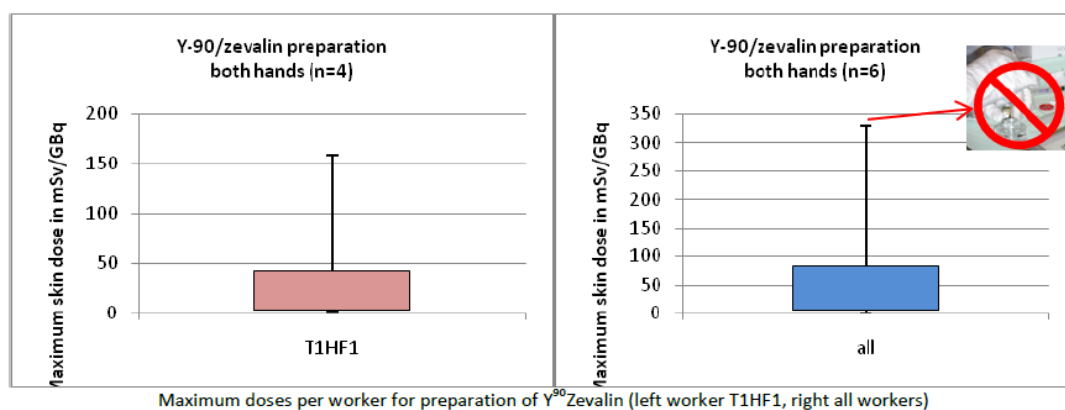
Three factors were associated to those workers with higher doses, contamination (in that case the measurements were not considered), working without shielding and direct contact with the source container.

The following charts give the maximum skin dose measured with the associated range (median, mean, minimum and maximum) respectively for the preparation of Y⁹⁰DOTATOC, Y⁹⁰SIRS and Y⁹⁰Zevalin for the same worker.



The labeling of Y⁹⁰Dotatoc can also induce high doses up to 20 mSv/GBq.

During the labeling of Y90/Zevalin (left hand side chart below) severe exposure was measured during the preparation of Y⁹⁰Zevalin where dose up to 160 mSv/GBq was measured for worker T1HF1 (left chart below) and even up to 300 mSv/GBq due to a bad handling of the reaction vial for another worker (right hand side chart below, in the associated picture : one can see the hand in direct contact with the reaction vial).

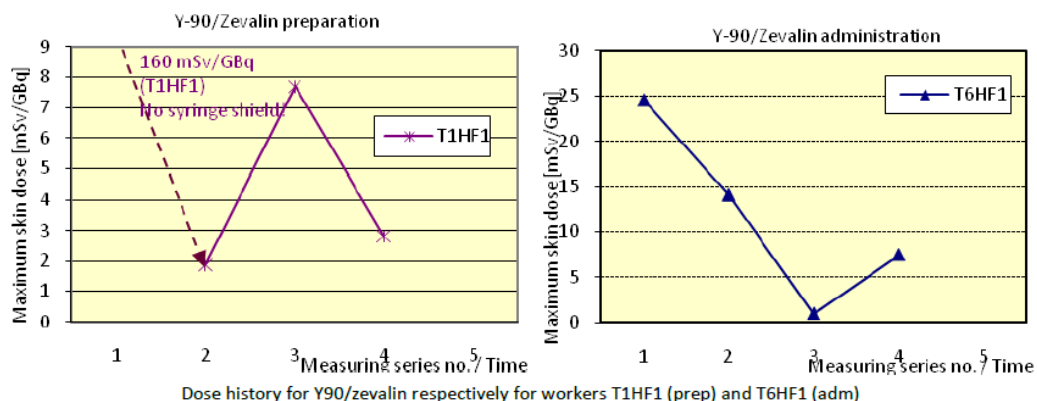


It should be stressed that optimisation of the exposition is possible. Doses as low as a few mSv/Gbq can be reached for the same therapy. As the therapies are very low in frequency, the worker is not familiarized with betas emitters of high energy and should receive first adequate training. Moreover proper shieldings should also be used in the correct way.

For instance, the reaction vial should remain inside its shield and the syringes should be shielded during all steps of the labeling.

Due to changed awareness regarding beta radiation exposure in hospital HF1, some optimisation was done in order to reduce the exposure of the workers.

The charts below give the dose histories for 2 workers after the 1st, 2nd, 3rd and 4th therapy.



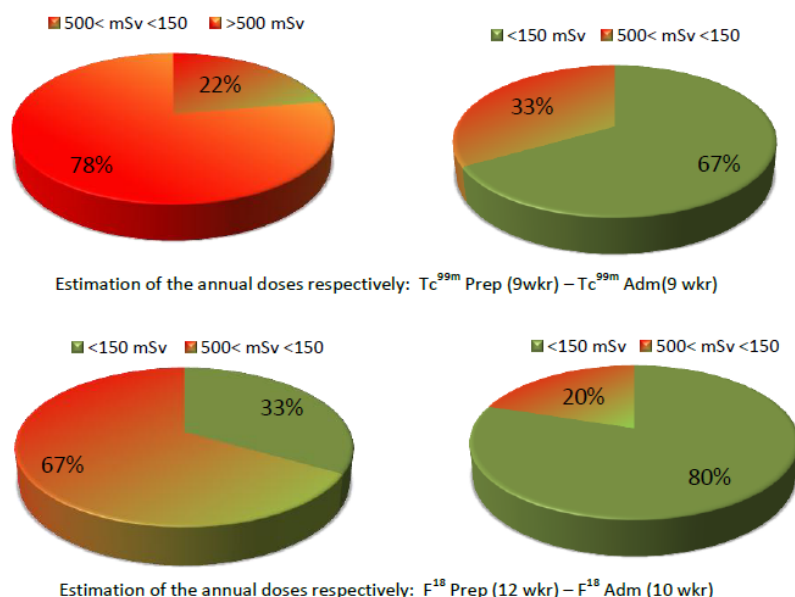
Several handlings were corrected and proper shields (e.g. made of 1 cm thick lead glass at least) but also tweezers were used. The maximum doses measured drop from 160 mSv/GBq and 25 mSv/GBq to a few mSv/GBq for respectively the preparation and administration of Y⁹⁰Zevalin for the same workers.

The annual dose limit for deterministic effects to the skin is set to 500 mSv averaged over 1cm² area of skin regardless of the area exposed. When 3/10th of the limit is reached, it is legally required that doses are routinely monitored. The annual manipulated activity was assessed by each center for their relevant workers depending on the annual activity prepared and administrated and on their working days.

The estimation of the annual dose for a worker performing only one type of procedure was obtained by multiplying the maximum, among all positions in the hand, of his mean normalized doses from all his measurement series by his annual manipulated activity.

The annual dose were thus estimated for 29 different operators for the procedures for which real measurements were available (Appendix E).

Even considering this criteria, it is found that the extrapolated doses are in the range between the 3/10th of the annual limit and the annual limit itself, indicating once again that the monitoring of the extremity doses is clearly a requirement in nuclear medicine. In the figures below, a frequency distribution is given of how many times a certain dose is exceeded for each procedure.



The preparation of Tc^{99m} is likely to give the largest contribution to the annual dose given its frequency and the activities handled by the workers.

ANNEXE 3 : FICHE D'INFORMATION POUR LE PERSONNEL DES SERVICES DE MEDECINE NUCLEAIRE

Groupe cible	Toutes les personnes qui travaillent dans la zone contrôlée du service de médecine nucléaire y compris le labo chaud
Objet	Résumé d'informations pour une manipulation sûre des sources radioactives et la prise en charge de patients ayant reçu une injection de substances radioactives
Fréquence et durée de l'exposition	Continue
Voies d'exposition	<u>Exposition externe</u> : PARTOUT, près des sources radioactives de toute nature: seringues, sources scellées, colis radioactifs et déchets, patients injectés, appareils à rayons X; <u>Contamination</u> : si l'on renverse lors de la préparation des doses et l'injection; par contact avec des liquides biologiques du patient; lors de la manipulation de déchets, toilettes.
Mesures de protection	Limitier le temps auprès des sources radioactives et des patients injectés ; Garder suffisamment de distance dès que possible ; Utiliser des protège-seringues, utiliser des écrans de protection et des containers blindés pour le déplacement des seringues, même vides; Veiller à une bonne hygiène (porter des gants et en changer régulièrement, se laver les mains, contrôler les mains et les plans de travail, ne pas manger ni boire en zone contrôlée).
Moyens de protection	Vêtements de travail distincts, gants, blindages, moniteur de contamination (approuvé par le service de Contrôle Physique).
Déchets	Maintenir tous les déchets dans un circuit séparé (y compris les poubelles supposées froides)
Grossesse et allaitement	Accès interdit à la zone contrôlée!
Port d'un dosimètre	Monitoring mensuel obligatoire de la dose corps entier au moyen d'un dosimètre placé à hauteur de la poitrine; Dosimètres pour doigts (bagues) et dosimètres électroniques si nécessaire en concertation avec le service de Contrôle Physique et le médecin du travail
Contrôle médical	Oui, examen médical ciblé (rayonnement ionisant)
Contact (Médecine nucléaire)	Dr X tél :
Contact (hors médecine nucléaire)	Dr Y, médecin du travail, tél CPPT : M./Mme, tél :
En cas d'urgence radiologique	Service de Contrôle physique interne, externe, tél Service de prévention, tél Service de garde, tél
Références internes	SOP xyz Validation Approbation
Références externes	CSS

ANNEXE 4 : FICHE D'INFORMATION POUR LE PERSONEL CHARGE DU TRANSPORT DES PATIENTS EN MEDECINE NUCLEAIRE

Groupe cible	Toute personne chargée du transport de patients du service de médecine nucléaire vers d'autres services.
Objet	Résumé d'informations concernant la protection et les risques éventuels à proximité d'un patient porteur de substances radioactives.
Fréquence et durée de l'exposition	Occasionnelle
Voies d'exposition	<u>Exposition externe</u> : A proximité des patients ayant reçu une injection et des déchets éventuels. <u>Contamination</u> : lors d'un incident, par contact avec les liquides biologiques de patients ayant reçu une injection (sang, urine, vomissures...).
Mesures de protection	Limiter le temps auprès de patients ayant reçu une injection, garder les distances (>1m) par rapport au patient si possible et prendre des mesures d'hygiène en cas d'incident (perte d'urine, vomissures...). Dans ce cas, toujours prendre contact avec le service de médecine nucléaire.
Moyens de protection	Vêtements de travail distincts et en cas d'incident : gants.
Déchets	Maintenir les déchets découlant d'un incident éventuel (perte d'urine, vomissures,...) dans un sac à déchets séparé et prendre contact avec un responsable du service de médecine nucléaire.
Grossesse et allaitement	Eviter tout contact prolongé avec le patient à courte distance.
Port d'un dosimètre	En fonction de la charge de travail
Contrôle médical	examen médical ciblé (rayonnement ionisant) uniquement si considéré comme nécessaire par le médecin du travail.
Contact (Médecine nucléaire)	Dr X tél :
Contact (hors médecine nucléaire)	Dr Y, médecin du travail, tél CPPT : M./Mme, tél :
En cas d'urgence radiologique	Service de Contrôle physique interne, externe, tél Service de prévention, tél Service de garde, tél
Référence interne	SOP xyz Validation Approbation
Référence externe	CSS

ANNEXE 5 : FICHE D'INFORMATION POUR LE PERSONNEL DES SERVICES MEDICO-TECHNIQUES HORS MEDECINE NUCLEAIRE

Groupe cible	Personnel (médecin, infirmier, technologue, ...) des services médico-techniques (radiologie, QO, ...)
Objet	Résumé d'informations concernant la protection et les risques éventuels à proximité d'un patient porteur de substances radioactives.
Fréquence et durée de l'exposition	Occasionnelle
Voies d'exposition	<u>Exposition externe</u> : A proximité de patients ayant reçu une injection et de déchets éventuels <u>Contamination</u> : Lors d'un incident, par contact avec les liquides biologiques des patients ayant reçu une injection (sang, urine, vomissures...).
Mesures de protection	Limiter le temps passé auprès de patients ayant reçu une injection, maintenir les distances (>1m) par rapport au patient si possible et prendre les mesures d'hygiène habituelles.
Moyens de protection	Vêtements de travail distincts, gants.
Déchets	Maintenir tous les déchets dans un circuit distinct dans un sac à déchets séparé et remettez-le à une personne du service de médecine nucléaire (p. ex. en cas d'exams invasifs)
Grossesse et allaitement	Eviter tout contact prolongé à courte distance du patient.
Port d'un dosimètre	Pas nécessaire en cas d'exposition par l'intermédiaire de patients de médecine nucléaire uniquement (nécessaire en cas d'exposition supplémentaire due à des appareils à rayons X)
Contrôle médical	examen médical ciblé (rayonnement ionisant) en fonction du poste de travail et si estimé nécessaire par le médecin du travail.
Contact (Médecine nucléaire)	Dr X tél :
Contact (hors médecine nucléaire)	Dr Y, médecin du travail, tél CPPT : M./Mme, tél :
En cas d'urgence radiologique	Service de Contrôle physique interne, externe, tél Service de prévention, tél Service de garde, tél
Références internes	SOP xyz Validation Approbation
Références externes	CSS

ANNEXE 6: FICHE D'INFORMATION POUR LE PERSONNEL DES UNITES DE SOINS

Groupe cible	Toute personne travaillant dans des unités de soins et susceptible d'entrer en contact avec des patients ayant subi un examen de médecine nucléaire.
Objet	Résumé des informations concernant la protection et les risques éventuels à proximité d'un patient porteur de substances radioactives.
Fréquence et durée de l'exposition	Occasionnelle
Voies d'exposition	<u>Exposition externe</u> : A proximité de patients ayant reçu une injection et de déchets éventuels. <u>Contamination</u> : Lors d'un incident, par contact avec des liquides biologiques de patients ayant reçu une injection (sang, urine, vomissures...).
Mesures de protection	Limiter le temps passé près de patients ayant reçu une injection, garder les distances (>1m) par rapport au patient si possible et prendre les mesures d'hygiène habituelles;
Moyens de protection	Vêtements de travail distincts, gants.
Déchets	Maintenir les déchets produits (perte d'urine, vomissures,...) dans un sac à déchets distinct et éliminez celui-ci conformément aux directives du service de médecine nucléaire.
Grossesse et allaitement	Eviter tout contact prolongé avec le patient à courte distance.
Port d'un dosimètre	Non indiqué
Contrôle médical	Contrôle médical normal (non spécifique aux rayonnements ionisants)
Contact (Médecine nucléaire)	Dr X tél :
Contact (hors médecine nucléaire)	Dr Y, médecin du travail, tél CPPT : M./Mme, tél :
En cas d'urgence radiologique	Service de Contrôle physique interne, externe, tél Service de prévention, tél Service de garde, tél
Références internes	SOP xyz Validation Approbation
Références externes	CSS

ANNEXE 7 : FICHE TYPE D'INFORMATION POUR LES TRAVAILLEURS EXTERNES

Groupe cible	Travailleurs externes intervenant dans les zones où il y peut y avoir utilisation de radiations ionisantes
Objet	Résumé des informations pour la protection contre les risques éventuels d'irradiation ou de contamination en cas d'activités dans la zone contrôlée
Fréquence	Occasionnelle (dépannage de matériel), périodique (entretien de matériel), concentrée sur un temps plus ou moins bref (remise en état, transformation de locaux, mise en service d'un nouvel équipement)
Risques éventuels	<u>Exposition externe</u> : proximité des sources radioactives, seringues, sources scellées, colis radioactifs et déchets, appareils RX; <u>Exposition interne</u> : après contamination par contact avec des substances radioactives
Mesures de protection	Protection par écrans si l'alimentation électrique des appareils RX n'est pas coupée et si l'intervention nécessite l'utilisation de RX. Déclasser la zone s'il s'agit de gros travaux d'entretien, ou placer les appareils qui exigent une intervention hors zone, soit les éloigner des sources radioactives, soit décontaminer au préalable les équipements nécessitant une intervention. Plomberie : Toilettes et lavabos peuvent être contaminés. Informez-vous auprès du personnel de médecine nucléaire avant de commencer les travaux.
Moyens de protection	Blouse de travail, gants, écrans
Déchets	Tout le matériel utilisé est soumis au contrôle avant de quitter le service de médecine nucléaire
Grossesse et allaitement	Si la présence de radiations ionisantes ne peut être totalement exclue : interdiction
Port d'un dosimètre	En fonction de la charge de travail et de la situation (travailleurs occasionnels non / entretien des appareils oui)
Contrôle médical	Normal (1 fois par an)
Contact (Med Nucléaire)	Dr X tél :
Contact (hors Médecine Nucléaire)	Dr Y, médecin du travail, tél CPPT : Mr/Mme Z, tél :
En cas d'urgence	Service Contrôle Physique, tel : Service de Prévention, tel :
Références internes	SOP xyz Validation/Approbation
Références externes	CSS

ANNEXE 8 : FICHE TYPE D'INFORMATION POUR LE PERSONNEL D'ENTRETIEN

Groupe cible	Personnel d'entretien
Objet	Protection lors de l'entretien de zones contrôlées
Fréquence	Quotidienne ou hebdomadaire
Risques éventuels	<u>Exposition externe</u> : proximité de sources radioactives, seringues, sources scellées, colis radioactifs et déchets, appareils RX; <u>Contamination</u> : après contamination par contact avec des substances radioactives
Mesures de protection	Organisez votre travail au préalable. Suivez toujours la procédure d'entretien. Déposez les déchets directement dans le local des déchets. Minimisez le temps dans le local des déchets. Utilisez du matériel d'entretien exclusivement pour la médecine nucléaire. Port de gants obligatoire en toute circonstance
Moyens de protection	Blouse de travail, gants, matériel d'entretien réservé
Déchets	Tout le matériel utilisé est soumis au contrôle avant de quitter le service de médecine nucléaire
Grossesse et allaitement	Médecine Nucléaire : accès interdit aux locaux
Port d'un dosimètre	Obligatoire
Contrôle médical	Contrôle médical des travailleurs professionnellement exposés aux radiations ionisantes
Contact (Med Nucléaire)	Dr X tél :
Contact (hors Médecine Nucléaire)	Dr Y, médecin du travail, tél CPPT : Mr/Mme Z, tél :
En cas d'urgence radiologique	Service Contrôle Physique, tel : Service de Prévention, tel :
Références internes	SOP xyz Validation/Approbation
Références externes	CSS

ANNEXE 9 : Instructions médicales pour les médecins prescripteurs

- 1) **Femmes en âge de procréer** : une grossesse doit être raisonnablement exclue au moment de la prescription de l'examen (ou de sa réalisation si la prescription porte sur un examen à faire dans un certain délai, p.ex. follow-up oncologique). Pour les patientes enceintes ou allaitantes, les examens de médecine nucléaire ne sont pas formellement contraindiqués mais il est indispensable de contacter le service ou le médecin prestataire au préalable. Des instructions détaillées sur ce sujet sont disponibles dans un avis antérieur du CSS (n°8099) [12].
- 2) **Jeûne** : dans la plupart des examens de médecine nucléaire, les patients ne doivent pas être à jeun. En général, il n'y a toutefois pas d'inconvénient si le patient est à jeun pour une autre raison (p.ex. prise de sang ou autre examen comme un CT-scan).

Examens où le jeûne est requis (habituellement 6h) :

- PET-scan au ¹⁸F-FDG
- Examens du tube digestif, sauf exception
- Examen sous sédation (enfants)

Etre à jeun ne signifie pas être déshydraté !: une hydratation normale est conseillée (eau ou éventuellement café noir) ; ceci vaut particulièrement chez les petits enfants, notamment les nourrissons et surtout pour les examens rénaux. De même la prise des médicaments habituels per os, avec de l'eau n'est généralement pas contre-indiquée

Examens où le jeûne est contre-indiqué :

- Examen de la fonction biliaire lorsque la vésicule est absente (dérivés IDA, en cas d'atrésie ou après cholécystectomie)
- Scintigraphie de perfusion myocardique : il est même demandé dans certains centres de manger une barre de chocolat (<25g) après injection pour favoriser la vidange de la vésicule biliaire

3) Instructions spécifiques

- Médicaments diminuant la captation de l'iode (123 ou 131) - Temps d'arrêt nécessaire

Antithyroïdiens de synthèse (propylthiouracile, methimazole, carbimazole)	3 jours
Multivitamines contenant de l'iode (p.ex. Omnibionta...)	7-10 jours
Hormones thyroïdiennes naturelles ou de synthèse : triiodothyronine thyroxine	10-14 jours 3-4 semaines
Debe ou Leppin Kelp, agar-agar et carraghénane : extraits d'algues rouges ou solution de Lugol, Thé du Dr Ernst n°10	2-3 semaines
Iodure de potassium 65 ou 130 mg	2-3 semaines
Antiseptique topique contenant de l'iode (Isobétadine...)	2-3 semaines
Agents de contraste iodés hydrophiles	6-8 semaines
Agents de contraste iodés lipophiles	1-6 mois
Amiodarone	3 - 6 mois

L'exposition à ces médicaments ou substances ne constitue toutefois pas une contre-indication absolue pour une procédure diagnostique. Si besoin, contacter le service.

EXCEPTIONS : Jod Basedow, amiodarone, nouveau-nés, adénomes toxiques, importance de la TSH dosable

Parfois, chez un patient hyperthyroïdien, l'examen montrant une scintigraphie blanche confirmera la surcharge iodée.

- Médicaments interférant avec les ^{99m}Tc diphosphonates permettant les explorations radioisotopiques osseuses : les bisphosphonates « froids » utilisés à titre thérapeutique diminuent la fixation du traceur : prévoir un délai d'arrêt qui dépend de la $\frac{1}{2}$ vie du bisphosphonate utilisé.
- Médicaments interférant avec le ^{99m}Tc MIBI ou tétréfosmine pour la tomoscintigraphie myocardique en particulier après effort ou épreuve pharmacologique et dans une moindre mesure en conditions basales (repos)

Bêta-bloquants : aténolol, bisoprolol, propranolol...	Empêchent la tachycardisation souhaitée
Antagonistes calciques : nifédipine, diltiazem, félodipine...	(relatif)
Dérivés nitrés	(relatif)
Antihypertenseurs ou médicaments pour l'insuffisance cardiaque	(relatif)
Caféine (café), théophylline et dérivés	Contre-indiqués pour un test à l'adénosine ou au dipyridamole

- Scintigraphie rénale sensibilisée par le captopril au ^{99m}Tc MAG_3 ou $-\text{DTPA}$: afin de réaliser le test de manière standardisée, les inhibiteurs de l'ACE, les antagonistes de l'angiotensine II (4 jours) et les diurétiques (3 jours) doivent être arrêtés avant le test. En cas de doute, il est préférable de contacter le service.
- Scintigraphie morphologique rénale au ^{99m}Tc DMSA : pas d'interaction connue (hormis toxicité tubulaire, p.ex. Cis-platine)
- Médicaments influençant la captation de la ^{123}I MIBG ou ^{131}I -MIBG

Médicaments	Mécanisme	Arrêt avant injection de MIBG
Opiacés: cocaïne, Tramadol	Inhibition de l'uptake	7 - 14 jours
Antidépresseurs tricycliques: Amitriptyline, Imipramine, amoxapine, doxepine, mélitracène	Inhibition de l'uptake	7 - 21 jours
Sympathomimétiques: Phénylpropanolamine, pseudoéphédrine, phényléphrine, amphétamine, dopamine, salmétérol, salbutamol, terbutaline, fénoterol, xylométazoline	Déplétion des granules neuro-sécrétoires	7 - 14 jours
Anti-hypertenseurs/système cardio-vasculaire: Labétalol, métoprolol, amiodarone	Inhibition de l'uptake,	21 jours

réserpine, bretylium, guanéthidine	Déplétion des granules neuro-sécrétoires	
amlodipine, félodipine, nifédipine	Déplétion, inhibition du transport Augmentation de l'uptake et rétention	14 jours 14 jours
Inhibiteurs de l'enzyme de conversion de l'angiotensine : captopril, enalapril...	Augmentation de l'uptake et rétention	14 jours
Antipsychotiques: Phénothiazines (chlorpromazine, prométhazine,...) Thioxanthènes (maprotiline, trazolone), Butyrophénones (dropéridol, halopéridol)	Inhibition de l'uptake	21 - 28 jours

Dans l'indication du phéochromocytome, en particulier instable, le relais par un alpha bloquant ou du propranolol est nécessaire et doit être envisagé après discussion avec un spécialiste adéquat.

- Médicaments modifiant la distribution du ^{99m}Tc -ECD ou -HMPAO : pas d'interaction connue
- Médicaments modifiant la distribution de l' ^{123}I -ioflupane (DATSCAN°)

Analgésiques opiacés : fentanyl péthidine...	4 jours (patches), 1j (injection) 5 jours
Anti-dépresseurs : sertraline, clomipramine, imipramine fluoxétine	6 jours 8 jours 5 jours 1 mois
Psychostimulants : amphétamine*, méthyl- phénidate*, modafinil* Cocaïne*	1-3j 10h
Neuroleptiques : halopéridol...	8 jours
Arrêt du tabac : bupropion*	8j

* : arrêt indispensable sous peine d'un examen ininterprétable

- ^{18}F -FDG

L'examen doit être réalisé à jeun. En cas de diabète insulino-requérant, il est indiqué de réaliser l'examen entre 11 et 13h, alors que le patient a réalisé son injection d'insuline tôt le matin et pris un petit déjeuner normal. L'administration de glucose et d'insuline influence l'accumulation du ^{18}F -FDG dans les cellules. Une glycémie élevée ainsi qu'une insulïnémie basse entraînent une diminution de l'accumulation ^{18}F -FDG dans les organes et les tumeurs. Ceci vaut tout particulièrement pour les tumeurs pancréatiques et pulmonaires mais peut être observé dans toutes les indications.

Tout traitement entraînant une modification de la glycémie est susceptible d'entraîner une modification de la sensibilité de l'examen (ex: corticostéroïdes, valproate, carbamazépine, phénytoïne, phénobarbital et catécholamines). Ces médicaments ne doivent pas être interrompus mais l'information doit être transmise pour une interprétation adéquate. L'administration de facteurs stimulant l'hématopoïèse (α -CSF) augmente pendant plusieurs jours la fixation du ^{18}F -FDG au niveau de la moelle osseuse et de la rate. Il faut en tenir compte pour l'interprétation des

images de PET. Un délai d'au moins 5 jours entre le traitement par les x-CSF et l'examen PET peut limiter cette interférence. Pour les examens au ^{18}F -FDG à la recherche de la cause d'une fièvre d'origine indéterminée ou d'un syndrome inflammatoire inexpliqué, l'administration préalable de corticostéroïdes doit être évitée, en particulier en cas de suspicion de maladie de systèmes ou de vasculite. Par contre, la prise d'antibiotiques n'est pas contre-indiquée si elle est justifiée par la situation clinique.

6 RECOMMANDATIONS POUR LA RECHERCHE

A ce stade, aucune recherche ne peut dériver de cet avis. Cependant, la mise en application des audits cliniques en médecine nucléaire (sous le vocable dérivé de l'AIEA de B-QUANUM), pourrait déboucher, si des moyens sont disponibles, sur une recherche méthodologique visant à établir l'adhésion et le succès d'une telle initiative d'assurance-qualité.

7 COMPOSITION DU GROUPE DE TRAVAIL

Tous les experts ont participé **à titre personnel** au groupe de travail. Les noms des experts du CSS sont annotés d'un astérisque *.

Les experts suivants ont participé à l'élaboration de l'avis :

BACHER Klaus	Radiophysicien agréé	UZ Gent
CAUSSIN Jacques	Expert agréé en contrôle physique	UCL
COVENS Peter*	Expert agréé en contrôle physique	VUB
DE GEEST Ellen	Expert agréé en contrôle physique, Radiophysicien agréé	Controlatom
DE SPIEGELEER Michel	Expert agréé en contrôle physique	UCL
JAMAR François*	Médecine Nucléaire	UCL
MATHIEU Isabelle	Médecine Nucléaire	Clin. St-Elisabeth Namur
MERLO Pierre	Radiophysicien agréé	Hôpital de Jolimont
MONSIEURS Myriam	Expert agréé en contrôle physique	RU Gent
MORTIER Rudi	Médecine du travail, Directeur médical	IDEWE
PAULUS Patrick*	Médecine Nucléaire	CHR Citadelle, Liège
VANDECAPELLE Marleen	Expert, Applications médicales	AFCN
WAMBERSIE André	Radioprotection, Radiobiologie	UCL

Le groupe de travail a été présidé par François JAMAR et le secrétariat scientifique a été assuré par Veerle MERTENS.

Au sujet du Conseil Supérieur de la Santé (CSS)

Le Conseil Supérieur de la Santé est un service fédéral relevant du SPF Santé publique, Sécurité de la Chaîne alimentaire et Environnement. Il a été fondé en 1849 et rend des avis scientifiques relatifs à la santé publique aux ministres de la santé publique et de l'environnement, à leurs administrations et à quelques agences. Ces avis sont émis sur demande ou d'initiative. Le CSS ne prend pas de décisions en matière de politique à mener, il ne les exécute pas mais il tente d'indiquer aux décideurs politiques la voie à suivre en matière de santé publique sur base des connaissances scientifiques les plus récentes.

Outre son secrétariat interne composé d'environ 25 collaborateurs, le Conseil fait appel à un large réseau de plus de 500 experts (professeurs d'université, collaborateurs d'institutions scientifiques), parmi lesquels 200 sont nommés à titre d'expert du Conseil. Les experts se réunissent au sein de groupes de travail pluridisciplinaires afin d'élaborer les avis.

En tant qu'organe officiel, le Conseil Supérieur de la Santé estime fondamental de garantir la neutralité et l'impartialité des avis scientifiques qu'il délivre. A cette fin, il s'est doté d'une structure, de règles et de procédures permettant de répondre efficacement à ces besoins et ce, à chaque étape du cheminement des avis. Les étapes clé dans cette matière sont l'analyse préalable de la demande, la désignation des experts au sein des groupes de travail, l'application d'un système de gestion des conflits d'intérêts potentiels (reposant sur des déclarations d'intérêt, un examen des conflits possibles, un comité référent) et la validation finale des avis par le Collège (ultime organe décisionnel). Cet ensemble cohérent doit permettre la délivrance d'avis basés sur l'expertise scientifique la plus pointue disponible et ce, dans la plus grande impartialité possible.

Les avis des groupes de travail sont présentés au Collège. Après validation, ils sont transmis au requérant et au ministre de la santé publique et sont rendus publics sur le site internet (www.css-hgr.be), sauf en ce qui concerne les avis confidentiels. Un certain nombre d'entre eux sont en outre communiqués à la presse et aux groupes cibles parmi les professionnels du secteur des soins de santé.

Le CSS est également un partenaire actif dans le cadre de la construction du réseau EuSANH (*European Science Advisory Network for Health*), dont le but est d'élaborer des avis au niveau européen.

Si vous souhaitez rester informé des activités et publications du CSS, vous pouvez vous abonner à une *mailing-list* et/ou un *RSS-feed* via le lien suivant:

<http://www.css-hgr.be/rss>.