

---

**ÉVALUATION DES DANGERS PHYSIQUES  
POUR LA TRAVAILLEUSE ENCEINTE OU QUI ALLAITE**

**RECOMMANDATIONS POUR LA GROSSESSE OU  
LA TRAVAILLEUSE ALLAITANTE EXPOSÉE  
AUX RADIATIONS IONISANTES**

Robert Breton  
Santé au travail, CLSC Kateri

Pour le Groupe de référence Grossesse-Travail

Novembre 1999

*ISBN 2-550-35482-6*

**Dépôt légal, Bibliothèque nationale du Canada, 1999  
Dépôt légal, Bibliothèque nationale du Québec, 1999**

## ***SOMMAIRE***

Les recommandations de la CIPR 60 pour la travailleuse enceinte ont été publiées en 1991. Celles-ci renforcent les principes ALARA (as low as reasonably achievable) tout en proposant une limite d'exposition en surface abdominale à 2 mSv une fois la grossesse déclarée. De plus, les limites d'incorporation sont abaissées à 1/20 des LAI (limite annuelle d'incorporation) fixées par la CIPR pour les travailleurs. Plusieurs organismes canadiens ont énoncé des recommandations pour la travailleuse enceinte.

La Commission de contrôle de l'Énergie atomique du Canada, organisme responsable de la réglementation de l'exposition aux radiations ionisantes pour les travailleurs assujettis à son permis, limite l'exposition de la travailleuse enceinte à 4 mSv une fois la grossesse déclarée.

Les recommandations proposées dans ce document reprennent les principes généraux de prudence de la CIPR, soit ALARA, la limite d'exposition et l'optimisation.

***AVANT-PROPOS***

Le Groupe de Référence Grossesse-Travail (GRGT) est un regroupement de professionnels dont la mission est de contribuer à la diminution des issues défavorables de grossesse reliées au travail. Le GRGT relève de la Commission de la santé et sécurité du travail et de la Direction générale de la santé publique du ministère de la Santé et des Services sociaux de Québec. Il agit en fournissant un support scientifique aux professionnels de la santé impliqués dans l'élaboration des recommandations médicales dans le cadre du programme « Pour une maternité sans danger ». Le GRGT développe et diffuse des outils de connaissance, notamment des synthèses systématiques de la littérature scientifique qu'il développe ou coordonne.

## TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	1
MÉTHODOLOGIE .....	3
L'ÉTAT DES CONNAISSANCES .....	4
La position de la CIPR.....	4
Les effets des radiations ionisantes sur l'organisme .....	5
Les principes sous-jacents aux limites d'exposition de la CIPR.....	7
La notion ALARA.....	7
La limite d'exposition pour la travailleuse enceinte .....	8
L'exposition aux sources naturelles comme seuil limite de référence.....	10
Le personnel à risque .....	11
L'exposition du personnel non-contrôlé et du public .....	13
LES RECOMMANDATIONS GÉNÉRALEMENT ÉMISES.....	15
Les radionucléides et l'allaitement .....	17
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS .....	19
RÉFÉRENCES .....	21
<i>Annexe I- Tableau comparatif de proportions rapportées de certaines conditions retrouvées à la naissance incluant une exposition à 10 mSv de radiation ionisante.....</i>	<i>24</i>
<i>Annexe II- Tableaux d'équivalence et de conversion des unités de mesure utilisées en radioprotection.....</i>	<i>25</i>
<i>Annexe III- Temps de désintégration – Demi-vie – dose de radiation.....</i>	<i>26</i>
<i>Annexe IV- Effets sur l'enfant à naître d'une exposition aux radiations ionisantes.....</i>	<i>27</i>

**TABLES DES MATIÈRES (SUITE)****LISTE DES TABLEAUX**

<b><i>TABLEAU I-</i></b>	<b><i>Exposition annuelle moyenne au rayonnement ionisant d'un membre du grand public au Canada.....</i></b>	<b><i>10</i></b>
<b><i>TABLEAU II-</i></b>	<b><i>Doses moyenne annuelles d'exposition (mSv) selon les catégories d'emploi et les postes de travail. Santé Canada, 1996.....</i></b>	<b><i>11</i></b>
<b><i>TABLEAU III-</i></b>	<b><i>Débit de dose à proximité d'un usager ayant reçu une dose diagnostique de produit pharmaceutique (NCRP-1989).....</i></b>	<b><i>13</i></b>

## ***INTRODUCTION***

Ce document vise à outiller les intervenants en santé au travail qui ont à formuler des recommandations préventives pour les travailleuses enceintes ou allaitantes potentiellement exposées aux radiations ionisantes au cours de leurs fonctions. Les objectifs se résument ainsi :

- Faire la synthèse des connaissances sur les effets à la santé de l'enfant à naître ou allaité d'une exposition aux radiations ionisantes.
- Identifier les milieux de travail les plus à risque.
- Dresser le portrait des recommandations générales visant la protection de l'enfant à naître.
- Valider auprès d'un comité de travail formé d'experts dans le domaine les recommandations préventives généralement émises par les organismes internationaux quant à leur teneur et à la façon de les appliquer.
- Soumettre au comité médical en santé du travail du Québec les recommandations préventives retenues par le comité de travail.

Par définition, l'exposition professionnelle aux radiations ionisantes se produit au travail dans des situations qui raisonnablement sont sous la responsabilité de l'employeur. Dans certaines conditions définies par la CIPR, l'exposition aux sources naturelles peut faire partie d'une exposition professionnelle si :

- une attention particulière doit être portée au radon dans le milieu de travail tel que déclaré par l'agence réglementaire du milieu de travail;
- elle provient d'opérations ou de l'entreposage de matières qui ne sont pas radioactives de façon naturelle, mais contenant des traces de radionucléides naturels tel qu'identifié par l'agence réglementaire;
- elle a lieu à bord d'avions à réaction;
- elle provient de vols spatiaux.

## ***MÉTHODOLOGIE***

Les dernières recommandations de la CIPR pour la travailleuse enceinte sont ici reprises. Puis, une recherche de littérature a été faite à l'aide de Medline (1974 à 1997) dans le but d'identifier les types de travailleurs potentiellement exposés aux radiations ionisantes et leur niveau d'exposition.

Par la suite, quatre experts<sup>1</sup> furent consultés. Le but de ces consultations, individuelles et de groupe, était de préciser les conditions d'exposition des travailleurs et l'application des règles de prévention dans le cadre d'une travailleuse enceinte. De plus, afin de rendre pratique l'utilisation de ce document, les principes de protection préconisés pour la travailleuse enceinte par l'OMS ont été également validés avec les experts. Ces principes forment le fondement des conclusions de ce document.

La docteure Alice Turcot, membre du sous-comité médical sur l'harmonisation des pratiques pour les médecins désignés, a participé à toutes les étapes de l'élaboration du document.

---

<sup>1</sup> Monsieur Jacques Blanchette, physicien-conseil, Service du génie biomédical de l'hôpital Laval  
Docteure Francine Dinelle, Laboratoire de santé publique du Québec  
Docteur Daniel Picard, spécialiste en médecine nucléaire, C.H.U.M., Pavillon St-Luc  
Docteure Slavica Vlahovich, Santé Canada, Direction de la protection de la santé

## ***L'ÉTAT DES CONNAISSANCES***

### ***La position de la CIPR***

Les effets sur la santé résultant d'une exposition aux radiations ionisantes sont étudiés depuis plusieurs années. On s'est intéressé également aux altérations et atteintes à la santé de l'enfant à naître, ainsi qu'aux niveaux d'exposition qualifiés de sécuritaires. Au niveau mondial, la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) émet des recommandations périodiquement afin de limiter à des niveaux jugés sécuritaires l'exposition des travailleurs en général et des travailleuses enceintes aux radiations ionisantes. La dernière recommandation qui vise la protection de l'enfant à naître fut publiée en 1997. Elle vise à limiter l'exposition du fœtus à 1 mSv. Cela se traduit à limiter l'exposition de la travailleuse enceinte, à partir du moment de la déclaration de la grossesse et jusqu'à sa fin, à 2 mSv mesurée à la surface abdominale pour la plupart des expositions à une source externe de radiation. La paroi abdominale sert ici d'écran et atténue l'exposition in utéro du fœtus d'où la différence entre les expositions au fœtus et à la paroi abdominale de la mère. Toutefois, cette limite ne doit pas remplacer le principe ALARA (as low as reasonably achievable), soit le niveau le plus faible qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre tout en considérant les aspects de faisabilité sociaux et économiques. De plus, la limite annuelle d'incorporation des radionucléides (LAI) est divisée par un facteur de protection de vingt (1/20 des LAI) pour toute la durée de la grossesse afin de garantir au fœtus le même niveau de protection.

Suite à ces recommandations, la Commission de contrôle de l'Énergie atomique du Canada a fixé à 4 mSv la limite d'exposition corporelle pour une travailleuse enceinte, une fois la grossesse déclarée.

### Les effets des radiations ionisantes sur l'organisme

Les mécanismes par lesquels les radiations ionisantes agissent sur l'organisme sont ici sommairement décrits. Le processus d'ionisation change la structure de l'atome, tout au moins de façon transitoire. La structure moléculaire peut ainsi être modifiée. La molécule altérée peut alors menacer la vie d'une cellule, si celle-ci est essentielle à son fonctionnement. Elle peut également modifier les molécules adjacentes par la création de radicaux libres. Les lésions les plus à craindre sont celles qui affectent l'ADN.

Généralement, les cellules possèdent des mécanismes de réparation de l'ADN. Si la réparation est imparfaite, il en résultera une cellule modifiée. La prolifération de cette cellule modifiée dépendra d'autres facteurs environnants, tels des carcinogènes ou des mutagènes. D'autre part, si les dommages cellulaires sont trop importants, la cellule mourra. Si un nombre important de cellules meurt dans un même organe, celui-ci peut développer une insuffisance fonctionnelle. Une cellule modifiée viable peut conduire à un cancer, si elle conserve sa capacité reproductrice ou encore conduire à des anomalies héréditaires, si elle est une cellule germinale.

On distingue les effets de type déterministe, donc qui peuvent être prévus à partir d'un seuil d'exposition connu, des effets de type stochastique qui ont un caractère probabiliste. Pour les effets déterministes, le respect des normes de radioprotection permet une protection absolue. Pour les effets stochastiques, la norme d'exposition doit réduire le risque à un niveau acceptable.

Les effets des radiations ionisantes sur l'embryon et le fœtus dépendent du moment de l'exposition. Si l'exposition a lieu au moment où il y a peu de cellules, il en résulte soit une incapacité pour celles-ci à s'implanter, soit leur mort (annexe IV).

Au cours de la période d'organogénèse débutant à la 3<sup>e</sup> semaine après la conception, de façon théorique, des malformations pourraient être causées à des organes en développement. Ce type d'effet est déterministe avec un seuil calculé pour l'homme à partir d'études animales d'environ 100 mSv. De plus, au cours de cette période, des effets stochastiques sont aussi possibles avec un risque accru de cancers postnataux tel que décrit précédemment.

La baisse de Q.I. chez les enfants exposés aux radiations ionisantes entre la 8<sup>e</sup> et la 25<sup>e</sup> semaine de grossesse suit également un modèle déterministe. Un excès de retard mental sévère de 0,4 est noté suite à une exposition d'environ 1 Sv. À 0,1 Sv, aucun effet ne semble être retrouvé dans la distribution des Q.I.

L'excès de risque d'un cancer fatal selon Mossman et Hell (1982) au cours de la vie suite à une exposition durant la période fœtale est estimé à un par dix mille par milliseivert (1/10000/mSv) (référence en annexe I).

Selon Doll et al. (1997) l'excès de risque de cancer infantile pour un fœtus exposé in utero serait de 6% par Sievert. Une exposition fœtale de 10 mSv accroîtrait le risque de cancer durant l'enfance.

### Les principes sous-jacents aux limites d'exposition de la CIPR

Les hypothèses utilisées par la CIPR pour déterminer les limites d'exposition sont : premièrement qu'à partir d'un certain niveau, qui est le seuil, «la sévérité de l'effet est proportionnelle à la dose », (ce qui définit l'effet déterministe); et deuxièmement que « l'absence de seuil ou une dose infime peut statistiquement provoquer un effet (dans le cas de l'effet stochastique) ». Ce dernier énoncé est basé sur une extrapolation des courbes à partir de doses d'exposition plus élevées. Au Canada, l'extrapolation linéaire est le modèle reconnu dans l'estimation de l'excès de risque pour les effets stochastiques. En ce sens, le risque est proportionnel à la dose.

A partir de ces hypothèses, la CIPR développe trois principes de base qui lui servent de plate-forme dans l'élaboration des normes de radioprotection. Ce sont la justification de l'utilisation des rayonnements ionisants par rapport aux effets délétères qu'ils peuvent apporter; l'optimisation des moyens de radioprotection basée sur la notion ALARA et la limitation des doses individuelles à partir des principes précédents.

### La notion ALARA

L'utilisation des doses limites ne doit pas permettre de définir une zone dangereuse par rapport à une zone sécuritaire. La notion ALARA est toujours applicable.

Cette notion recommande la mise en œuvre de mesures pour maintenir les doses des travailleurs et du public au niveau le plus faible qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre. Il n'est plus un principe de respecter les limites d'exposition imposées, mais de réduire les niveaux d'exposition autant que possible. Cet engagement oblige une connaissance importante des tâches de travail pouvant conduire à des expositions aux radiations ionisantes et une formation préventive des intervenants impliqués dans la protection radiologique. L'évaluation du caractère raisonnable est basée sur les éléments de « bon sens, de bonnes pratiques, de faisabilité et d'arguments sociaux et économiques ».

### La limite d'exposition pour la travailleuse enceinte

La limite d'exposition recommandée pour la travailleuse enceinte selon la CIPR 60 (1991) est de 2mSv en surface abdominale pour une exposition externe, une fois la grossesse déclarée et jusqu'à sa fin. La limite annuelle d'incorporation (LAI) de radionucléides est ajustée à 1/20 des LAI lors de la grossesse encore une fois pour limiter l'exposition du fœtus à 1 mSv. Ces recommandations sont applicables en autant que l'emploi de la travailleuse ne l'expose pas significativement à un risque d'exposition accidentelle à haute dose ou à une incorporation importante. La notion ALARA, en ce sens, reste applicable. La CIPR 75 (1997) précise que les conditions de travail de la travailleuse enceinte, après la grossesse déclarée, devraient être telles que l'enfant à naître ne soit pas exposé à une dose additive équivalente supérieure à environ 1 mSv pour le reste de la grossesse. Elle fait cette précision afin d'éviter que les recommandations émises dans la CIPR 60 (1991) ne soient appliquées de façon trop rigide.

La norme canadienne d'exposition aux radiations ionisantes pour les travailleurs assujettis au permis de la Commission de contrôle de l'Énergie atomique du Canada (CCEA) stipule une limite d'exposition corporelle pour la travailleuse enceinte de 4 mSv une fois la grossesse déclarée. Les recommandations de Santé Canada suivent toutefois celles de la CIPR. La CCEA régleme l'utilisation de l'énergie nucléaire et des substances radioactives alors que Santé Canada régleme la vente de matériels radioactifs et développe des lignes de conduite pour les expositions aux rayons X.

La norme québécoise actuellement en vigueur pour une femme en âge de procréer et qui n'est pas soumise au permis de la Commission de contrôle d'Énergie atomique Canada est de 13 mSv par trois mois jusqu'à concurrence de 50 mSv par année. La dose reçue au niveau de l'abdomen ne doit pas dépasser 2mSv par période de 2 semaines et si la personne est en état de grossesse, cette dose ne doit pas dépasser 15 mSv par année.

Les limites recommandées par la CIPR pour la travailleuse enceinte sont calculées dans le but de respecter, pour l'enfant, une exposition égale ou, tout au plus, supérieure de 1 mSv à l'exposition due à l'ensemble des rayonnements ionisants provenant de sources naturelles et excluant l'apport dû au radon et ses dérivés. Le radon demeurant au niveau des poumons de la mère, il n'est pas délétère pour l'enfant à naître.

L'exposition due aux sources naturelles varie de 1 mSv à 5 mSv selon la région du Canada. Les variations territoriales dépendent souvent des niveaux de radon mesurés. Le calcul de l'exposition limite pour le fœtus, en mSv, tient compte de trois sources naturelles : les sources internes, les rayons gamma provenant du sol et les rayons cosmiques. Ces trois sources totalisent environ 1 mSv annuellement.

Le tableau suivant donne l'exposition annuelle moyenne pour le grand public au Canada.

**TABLEAU I – Exposition annuelle moyenne au rayonnement ionisant  
d'un membre du grand public au Canada**  
(Myers, Barry et Wilson, 1995)

<i>SOURCES</i>	<i>DOSE (mSv/an)</i>
<i>Naturelles</i>	
- Radon et ses dérivés	1.00
- Sources internes	0.35
- Rayons gamma du sol	0.35
- Rayons cosmiques	0.30
<b>TOTAL DES SOURCES NATURELLES</b>	<b>2.00</b>
<i>Artificielles</i>	
- Diagnostics médicaux	≅ 1.00 *
- Produits de consommation	0.02
- Essais nucléaires	< 0.01
- Retombés de Tchernobyl	< 0.01
- Centrales nucléaires	< 0.01
<b>TOTAL DES SOURCES ARTIFICIELLES</b>	<b>1.0</b>
<b>TOTAL</b>	<b>3.0</b>

\* Aldrich, J.E. CCRP INFO-0670, 1997.

*L'exposition aux sources naturelles comme seuil limite de référence*

Les sources d'exposition naturelle représentent la majorité de la dose de radiations ionisantes que l'on reçoit au cours de la vie. En fait, la CIPR juge difficile de justifier une limite d'exposition qui soit inférieure à celle causée par l'environnement naturel. Ceci suggère donc une dose limite annuelle pour l'enfant à naître de l'ordre de 1 mSv, limite établie pour les membres du public. L'abdomen joue un rôle d'écran pour les radiations ionisantes. Théoriquement, cette atténuation est estimée autour de 1 mSv et varie selon l'énergie de radiation photonique externe de la source. Ainsi, la limite d'exposition recommandée en surface abdominale pour protéger l'enfant à naître est fixée par la CIPR à 2 mSv pour toute la durée de la grossesse. Bien qu'il soit connu que les effets déterministes apparaissent à des niveaux d'exposition bien supérieurs (de l'ordre de 100 mSv), la recommandation permet de limiter la probabilité de survenue des effets stochastiques qui peuvent résulter de faibles niveaux d'exposition.

Le personnel à risque

Selon le « Rapport publié en 1996 sur les radioexpositions professionnelles au Canada », ce sont surtout les techniciens en radio-oncologie, en médecine nucléaire et en radiologie industrielle qui sont le plus susceptible d'être exposés à des niveaux annuels excédant le 2 mSv en surface abdominale. La liste classifiée de Santé Canada par catégorie d'emploi susceptible de recevoir des expositions supérieures à 1 mSv par année est donnée ci-dessous avec les doses moyennes annuelles. Cette liste comprend les postes qui ont enregistré au moins une valeur supérieure à 1 mSv au cours de la période de 1985 à 1994 inclusivement.

**TABLEAU II - Doses moyennes annuelles d'exposition (mSv)  
selon les catégories d'emploi et les postes de travail. Santé Canada, 1996**

<i>CATÉGORIE D'EMPLOI</i>	<i>POSTES</i>	<i>DOSES MOYENNES ANNUELLES D'EXPOSITION (mSv)</i>
Administration	Administrateur (où il y a présence de radiations ionisantes)	0,21
	Personnel de bureau	0,10
Industrie et recherche	Processeur de combustible	2,62
	Radiographe industriel	2,75
	Responsable de la diagraphie	0,51
	Scientifique/ingénieur (en laboratoire)	0,08
	Scientifique/ingénieur (sur les lieux)	0,45
	Technicien de laboratoire (industriel)	0,17
	Technicien en instrumentation	0,38
Santé	Aire de salle/préposé aux soins	0,05
	Assistante dentaire	0,01
	Chiropraticien	0,05
	Dentiste	0,01
	Hygiéniste dentaire	0,01
	Infirmière	0,04
	Médecin	0,10
	Physicien médical	0,08
	Radio-pharmacien	
	Radiologiste (diagnostique)	0,09
	Radiologiste (thérapie)	0,06
	Radiothérapeute	0,19
	Technicien du laboratoire (médicale)	0,04
	Technicien en médecine nucléaire	1,08
	Technicien en radiation médicale	0,06
Vétérinaire	0,04	
Énergie nucléaire	Réacteur-administration	0,26
	Réacteur-conduite	1,72
	Réacteur-construction	3,79
	Réacteur-entretien électrique	1,90
	Réacteur-entretien général	1,66
	Réacteur- entretien mécanique	3,99
	Réacteur-formation	0,67
	Réacteur-manutention de combustible	6,93
	Réacteur-protection, chimique et rayon	2,20
	Réacteur-radiographie industrielle	4,66
	Réacteur-radioprotection	1,31
	Réacteur-scientifique/professionnel	1,46
	Réacteur-techniciens, protection	1,99

Différents auteurs se sont intéressés à l'exposition du personnel hospitalier aux radiations ionisantes. Burks et collaborateur (1982) ont étudié l'exposition du personnel infirmier soignant des patients ayant reçu des doses diagnostiques de radionucléides soit du gallium<sup>67</sup>, du xenon<sup>133</sup>, du technétium<sup>99m</sup>, de l'iode<sup>131</sup> ou de l'indium<sup>111</sup> pour des doses variant de 0,4 mCi à 19,3 mCi (xenon<sup>133</sup>) à l'aide d'appareils à film et de dosimètres de poche à lecture directe. Les résultats de cette étude indiquent que chez 12 infirmières suivies à 3 mois, toutes avaient des niveaux d'exposition inférieurs à 0,2 mSv/mois.

Selon Brateman et coll. (1980), quoique que la qualité de l'équipement ultrasonographique ait beaucoup évolué depuis, les opérateurs d'ultrasons qui peuvent passer de 20 à 90 minutes avec un patient ayant reçu une dose diagnostique de radionucléides s'exposent à des niveaux pouvant atteindre 0,08 mSv par patient. Les débits de doses mesurées dans une étude (Brateman et coll., 1980) varient de 0 à 80 µSv/h au niveau des gonades des sondeurs.

Dans le secteur médical, parmi le personnel le plus exposé, on retrouve des techniciens de médecine nucléaire. Ils respectent généralement la limite d'exposition annuelle recommandée au Canada par la CCEA pour les travailleurs qui est de 50 mSv. Les nouvelles limites proposées par la CCEA sont de 50 mSv annuellement et une dose accumulée sur 5 ans ne devant pas dépasser 100 mSv. Implicitement, l'optimisation pour la protection doit être basée à partir d'une limite de 20 mSv par année.

Le tableau suivant donne le débit de dose à proximité d'une personne ayant reçu une dose diagnostique de radionucléides.

**TABLEAU III - Débit de dose à proximité d'un usager ayant reçu une dose diagnostique de produit pharmaceutique (NCRP-1989)**

<i>Examen</i>	<i>Produit radio-pharmaceutique</i>	<i>Dose administrée (MBq)</i>	<i>Temps après l'administration (heure)</i>	<i>Distance (cm)</i>	<i>Débit de dose (mSv/h)</i>
Osseuse	MDP Tc <sup>99m</sup>	740	0	À côté de la civière	25.0
			0	100	9.0
			1	100	6.3
			2	100	4.7
			3	100	3.5
Foie	Sc Tc <sup>99m</sup>	150	0	100	2
Cœur	GR Tc <sup>99m</sup>	1000	0.3	100	18
Néoplasie	Ga <sup>67</sup>	110	0	100	3.5

MDP : Médronate (phosphate de)      Tc : Technétium      Ga : Gallium  
 Sc : Soufre colloïdal      GR : Globules rouges

Ce tableau indique l'importance de bien évaluer toutes les sources émettrices potentielles, tel que le suggère la notion ALARA. Un tel tableau ne doit pas servir à des fins pratiques mais à titre informatif pour le personnel.

Dans les unités de soins, ce sont les préposés aux bénéficiaires, plus que les infirmières, qui seraient les plus exposés aux radiations ionisantes, bien que l'importance de l'exposition soit généralement inférieure à 0,3 mSv par 6 mois, tout comme les préposés à l'entretien sanitaire.

#### L'exposition du personnel non-contrôlé et du public

Selon Renaud et coll. (1993), l'exposition aux radiations ionisantes dans les salles d'attente des hôpitaux québécois offrant des services de médecine nucléaire peut occasionner des doses variant de 0,1 µSv/h à 2,2 µSv/h. Cette exposition est causée par les patients ayant reçu des doses radioactives. Dans la réglementation R-52 de la Commission de contrôle de l'Énergie atomique, on précise à la section 2.1 et au paragraphe C «Il est interdit de laisser pénétrer des membres du grand public dans des zones où les niveaux de rayonnements dépassent régulièrement 2,5 µSv/h».

Les travailleurs les plus à risque parmi le personnel non-contrôlé en milieu hospitalier dans l'étude de Renaud et coll. comprennent les manipulateurs de l'ultrasonographie de l'ICM (0,46 à 1,4 mSv/6 mois), les réceptionnistes de médecine nucléaire (0,55 mSv/6 mois) et les techniciens de recherche (0,40 mSv/6 mois). À l'Hôtel-Dieu de Montréal, on a mesuré les postes de techniciens en EEG (0,36 mSv/6 mois), les inhalothérapeutes (jusqu'à 0,90 mSv/6 mois), les brancardiers du service de radiologie (jusqu'à 0,90 mSv/6 mois), les techniciens en échographie (environ 0,30 mSv/6 mois), le personnel affecté aux bénéficiaires du pavillon 3<sup>e</sup> Le Royer de soins généraux (jusqu'à 0,64 mSv/6 mois) et les neuropsychologues (jusqu'à 0,36 mSv/6 mois). Ces mesures peuvent être sous-estimées, car plusieurs travailleurs n'ont pas porté de façon continue leur dosimètre au cours de l'étude.

Dans les salles d'attente des services de médecine nucléaire, des expositions variant de 0,6 à 2,25 mSv au-dessus du bruit de fond local pour une période de 6 mois ont été enregistrées. Les dosimètres thermoluminescents sont suffisants dans cette étude pour évaluer le niveau de rayonnement en cause. La limite actuelle de détection des dosimètres thermoluminescents (DTL) est de 0,2 mSv.

Brateman et coll. (1980) proposent les conditions suivantes afin de limiter l'exposition des opérateurs d'ultrasons aux radiations ionisantes émises par les patients. Le sondeur pourrait être considéré comme un travailleur exposé aux radiations ionisantes, lorsqu'une partie importante de ces patients sont examinés après avoir reçu des radionucléides. En ce cas, le principe ALARA devrait être appliqué à cette fonction et ainsi participer à diminuer l'exposition lorsque les facteurs sociaux et économiques le permettent.

### ***LES RECOMMANDATIONS GÉNÉRALEMENT ÉMISES***

Il est recommandé d'utiliser les mesures de protection universelle lors de l'administration de soins aux malades ayant reçu des doses diagnostiques de radionucléides. Une attention particulière doit être portée lors de la manipulation des liquides biologiques. Après le congé du patient qui a reçu des doses thérapeutiques, et une fois la chambre décontaminée, c'est au responsable de la radioprotection de l'hôpital d'indiquer le moment où une travailleuse enceinte peut être affectée à la chambre.

Le dosimètre servant à la lecture de surface abdominale doit être assez sensible pour enregistrer des niveaux aussi faibles que 0,2 mSv.

Le dosimètre thermoluminescent a une erreur de lecture d'environ 10% et un seuil de détection approximatif de 0,1 à 0,15 mSv (Burks et coll., 1982).

L'Association des médecins et ingénieurs biomédicaux du Québec a émis en 1983 des recommandations générales pour les travailleurs et travailleuses prodiguant des soins à des patients recevant ou ayant reçu des doses thérapeutiques ou diagnostiques de radiation. De façon générale, concernant les patients ayant reçu une dose diagnostique (moins de 1,1 GBq ou 30 mCi) d'un radio-élément à courte demi-vie (moins de 15 jours), aucune restriction quant à la nature et à la qualité des soins n'est recommandée.

Le personnel en état de grossesse ne devrait pas être affecté aux soins de patients ayant reçu des doses thérapeutiques de produits radioactifs.

L'Ordre des technologues en radiologie du Québec en 1996 émet l'avis suivant pour les patients ayant reçu des doses diagnostiques de produits radiopharmaceutiques : « Qu'il n'est pas justifié et même préjudiciable de retarder un examen ou de réduire la qualité des soins dispensés à l'utilisateur ». Cet avis est en partie basé sur la position du NCRP à l'effet « qu'il n'y ait aucune restriction pour le personnel infirmier ou pour l'entourage de l'utilisateur qui a reçu une dose diagnostique ».

De plus de façon générale, le port de gants jetables est recommandé pour les soins aux patients incontinents ou qui vomissent et lors de procédures diagnostiques impliquant la collecte des excréments, tout au moins dans les premiers 24 heures suivant l'administration du radio-isotope. Les collecteurs d'urine peuvent représenter une source de concentration importante de radiations ionisantes.

Dans les cas des patients ayant reçu des doses thérapeutiques de sodium-<sup>131</sup>I, l'Association et l'Ordre des technologues recommandent de ne pas affecter le personnel soignant en état de grossesse à ceux-ci.

Pour les patients porteurs de sources radioactives scellées, l'Association des physiciens et ingénieurs biomédicaux du Québec recommande les mêmes mesures qu'elle propose pour les patients ayant reçu des doses thérapeutiques.

Les radionucléides et l'allaitement

Durant l'allaitement, certains produits radioactifs pourraient être excrétés dans le lait advenant une incorporation systémique. Ces substances restent à définir, ainsi que la durée d'abstention de l'allaitement advenant une incorporation professionnelle. Toutefois, lors d'administration de radionucléides à une femme allaitante pour des fins médicales, la CIPR recommande les points suivants par groupe de substances selon la durée de leur présence radioactive dans le lait maternel:

*Pour les substances du groupe I*, cesser l'allaitement pour une durée d'au moins trois semaines :

- les substances radiopharmaceutiques à  $I^{131}$  et  $I^{125}$  à l'exception des hippurates;
- le  $Ga^{67}$  et le  $Tl^{201}$ .

*Pour les substances du groupe II*, cesser l'allaitement pour une durée d'au moins 12 heures :

- les hippurates  $I^{131}$ ,  $I^{125}$  et  $I^{123}$ ;
- les composés de  $Tc^{99m}$  sauf les globules rouges, les phosphonates et le DTPA.

*Pour les substances du groupe III*, cesser l'allaitement pour une durée d'au moins 4 heures :

- les globules rouges, phosphonates et DTPA marqués au  $Tc^{99m}$ .

*Pour les substances du groupe IV*, aucune nécessité de cesser l'allaitement :

- EDTA –  $Cr^{51}$ .

Cette information peut servir de base dans l'élaboration de guides préventifs pour les expositions professionnelles de la travailleuse allaitante.

Ces recommandations sont basées sur la pharmacocinétique des produits et leur rétention possible dans certains organes. Lorsque la substance n'est pas retenue par l'organisme (EDTA-Cr<sup>51</sup> par exemple), celle-ci ne se retrouve pas dans le lait maternel. L'iode présente une problématique particulière due à son risque d'incorporation. Les lectures antérieures de la glande thyroïde avant ou en cours de grossesse ou d'allaitement (évaluation de l'incorporation) pourraient mettre en lumière, en cas de lectures positives, des niveaux d'exposition non négligeables qu'il serait prudent d'éviter en période de grossesse et d'allaitement.

## ***CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS***

Le CIPR recommande d'adopter des critères préventifs définis vis-à-vis une travailleuse enceinte. A ces critères, l'excès de risque d'un cancer fatal selon Mossman et Hell (1982) au cours de la vie suite à une exposition durant la période fœtale serait de l'ordre de un par dix mille par millisievert (1/10000/mSv). Les recommandations émises par la CIPR mettent l'emphase sur la notion ALARA, mais par surcroît, proposent des niveaux limites d'exposition.

La CIPR 75 (1997) stipule que « la limitation des doses au fœtus ne doit pas se traduire par la nécessité pour la travailleuse enceinte d'éviter de travailler avec la radiation ou le matériel radioactif, ou encore d'éviter d'entrer ou de travailler dans une aire désignée ». Toutefois, l'employeur doit revoir de façon attentive les conditions d'exposition de la travailleuse enceinte. L'emploi ne doit pas comprendre des risques significatifs d'exposition ou d'incorporation accidentelles importantes.

Cette notion ALARA exige une connaissance approfondie des niveaux d'exposition des travailleurs, des patients et du public en général. Elle demande aussi des évaluations constantes des tâches conduisant à des expositions et un engagement à réduire l'exposition au niveau le plus faible qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre tout en tenant compte des facteurs sociaux et économiques. Au Canada, la CCEA fixe à 4 mSv la limite d'exposition d'une travailleuse enceinte assujettie à son permis, une fois la grossesse déclarée.

Malgré ces recommandations, il est possible qu'une exposition d'une travailleuse enceinte atteigne les limites d'exposition proposées par la CIPR ou la norme fixée par la CCEA du Canada. Ces tâches doivent alors faire l'objet d'un réaménagement, d'un ajustement ou d'une affectation préventive jusqu'à la fin de la grossesse afin de prévenir une exposition additionnelle.

De plus, les causes d'exposition pour sa fonction devraient faire l'objet d'une étude dans le but de les réduire de façon sécuritaire selon le principe ALARA. Les tâches les plus à risque sont décrites dans le document, mais cette description n'a pas la prétention d'être exhaustive. L'analyse des lectures de dosimétrie les plus récentes, avant et pendant la réaffectation ou le réaménagement des tâches, semble pour l'instant la meilleure méthode d'évaluation du risque d'exposition pour un travailleur.

En cas d'allaitement, des recommandations devraient être formulées vis-à-vis l'iode radioactif, où les risques d'incorporation et de diffusion dans le lait maternel sont présents.

## **RÉFÉRENCES**

1991 *Recommandations of the International Commission on Radiological Protection Annals of the ICRP*. 21 : 1-3. 1991. 201 pages.

1997 *Recommandations of the International Commission on Radiological Protection Annals of the ICRP*. Sept. Décemb. 1997

ALDRICH, J.E., LENTLE, B.C., Vo, C. *Radiation doses from medical diagnostic procedure in Canada*. CCRP INFO-670. Energie Atomique Canada, 1997.

BLANCHETTE, J. *Radiation et radioprotection : quelques notions de base*. Objectif prévention, 19 (1) : 17-21, 1996.

BRATEMAN, L., SHAWKER, T.H., CONCA D.M. *Potential hazard to ultrasonographers from previously administered radionuclides*. Radiology, 134 : 479-482, 1980.

BRENT, R.L. *The effect of embryonic and fetal exposure to X-Ray, microwaves, and ultrasound*. Clinical obstetrics and Gynecology, 26 (2) : 484-510. 1983.

BURKS, J., GRIFFITH, P., McCORMICK, K., MILLER, R. *Radiation exposure to nursing personnel from patients receiving diagnostic radionuclides*. Heart and Lung, 11 (3) : 217-220. 1982.

CIRAULO, D.L., MARINI, C.P., LLOYD, G.T., FISHER, J. *Do surgical residents, emergency medicine physicians, and nurses experience significant radiation exposure during the resuscitation of trauma patients?* The Journal of Trauma, 36 (5) : 703-705. 1994.

*Considération à prendre envers les usagers des services de médecine nucléaire*. Avis de radioprotection. Ordre des technologues en radiologie du Québec. 1996.

DOLL, R., WAKEFORD, R. *Risk of childhood cancer from fetal irradiation*. Review article. The British Journal of Radiology, feb : 130-139. 1997.

GAGNON, G. *Exposition au rayonnement X : mesures de protection pour les travailleurs de la santé*. Objectif prévention 19 (1) : 22-24. 1996.

GRUNDLER, C. *Pregnant nurses should be excused from cases involving radiation*. AORN Journal, 43 (3) : 686-687. 1986.

*Guide d'application de la réglementation*. Lignes directrices pour satisfaire à l'exigence de maintenir les expositions au niveau le plus faible qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre. Commission de contrôle de l'énergie atomique. Canada 1997.

- HUNT, V.R. *Occupational radiation exposure of women workers*. Preventive medicine, 7 : 294-310. 1978.
- MANUEL DE RADIOPROTECTION. *Usage de radiations ionisantes en milieu hospitalier*. Association des physiciens et ingénieurs biomédicaux du Québec. 1990.
- McABEE, R.R., GALLUCCI, B.J., CHECKOWAY, H. *Adverse reproductive outcomes and occupational exposures among nurses*. AAOHN Journal, 41 (3) :110-199.1993.
- MOUNTFORD, P. J., STEELE, H.R. *Fetal dose estimates and the ICRP abdominal dose limit for occupational exposure of pregnant staff to technetium<sup>99m</sup> and iodine<sup>131</sup> patients*. European Journal of Nuclear medicine 22 (10) : 1173-1179. 1995.
- MYERS, D., BARSY, P., WILSON, R. Canada : *Vivre avec le rayonnement*. Publication rédigée pour la CCEA, Ottawa, Groupe Communication Canada-Edition, 1995. p. 17.
- NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS. « *Radiation protection for medical and allied health personnel* », NCRP report no 105, Bethesda, NCRP Publication 1989, p. 64.
- PITYN, P.J., KING, M.E., VANDERWERF, R. *Apparent versus real exposures of nuclear medicine technologists during aerosol lung ventilation scanning*. American Industrial Hygiene Association Journal, 57 : 202-204.1996.
- Rapport de 1996 sur les radioexpositions professionnelles au Canada*. Santé Canada. 1996.
- RENAUD, L., BLANCHETTE, J. *Le travailleur hospitalier et le patient de médecine nucléaire*. Objectif-prévention, hiver : 6-8.1993.
- RENAUD, L., BLANCHETTE, J., GALAND, C. *Étude de la radioprotection du personnel non-contrôlé en milieu hospitalier*. Commission de contrôle de l'énergie atomique Canada. 1993. 57 pages.
- ROMAN, E., DOYLE, P., ANSELL, P., BULL, D., BERAL, V. *Health of children born to medical radiographers*. Occupational and environmental medicine, 53 : 73-79. 1996.
- RUSSELL, J.G.B. *Pregnancy and ionising radiation*. British Medical Journal, 305, (14) : 1172-1173. 1992.

ST-GERMAIN, J. *Radiation monitoring with reference to the medical environment.*  
Health Physics, 69, (5) : 728-749 : 1995.

*Women and Occupational Health risks.* WHO, 1983. HYGIE, 11 : 23-34, 1983/4.

WOOTON, R. *Radiation safety in the animal house.* Review article. Laboratory animals,  
27 : 108-115. 1993.

**ANNEXE I**

**TABLEAU COMPARATIF DE PROPORTIONS RAPPORTÉES  
DE CERTAINES CONDITIONS RETROUVÉES À LA NAISSANCE  
INCLUANT UNE EXPOSITION À 10 mSv DE RADIATION IONISANTE**

<b>CONDITIONS</b>	<b>PROPORTIONS RAPPORTÉES (/10000 NAISSANCES VIVANTES)</b>	<b>RISQUE (%)</b>
Prise chronique d'alcool et retard de croissance intra-utérin et anomalies du développement	3000-5000/10000	30-50%
Tabagisme et retard de croissance intra-utérin	400-600/10000	4-6%
Anomalies du développement	200-400/10000	2-4%
Retard de croissance intra-utérin	200-300/10000	2-3%
Infections virales	50-150/10000	0,5-1,5%
Anomalies chromosomiques	50/10000	0,5%
Exposition aux radiations ionisantes de 10 mSv	0-10/10000	0-0,1%

Extrait de Mossman, K.L. et Hell, L.T. *Radiation risks in pregnancy*. Review obstetrics and gynecology, vol. 60, no. 2. 1982. p. 240.

## ANNEXE II

**TABLEAUX D'ÉQUIVALENCE ET DE CONVERSION  
DES UNITÉS DE MESURE UTILISÉES EN RADIOPROTECTION**

<b>TERMINOLOGIE UTILISÉE</b>	<b>UNITÉ AMÉRICAINE</b>	<b>UNITÉ INTERNATIONALE</b>	<b>FACTEUR ÉQUIVALENT</b>
Exposition (E)	Roentgen (R)	Coulomb/kg (C/kg)	1 R = 2,58 X 10 <sup>-4</sup> C/kg
Absorption (D)	RAD	Gray (Gy)	1 RAD = 0,01 Gy
Dose Équivalente (H)	REM	Sievert (Sv)	1 REM = 0,01 Sv
Dose Effective (E)	REM	Sievert (Sv)	1 REM = 0,01 Sv

La désintégration des radionucléides s'effectue par l'émission de particules de radiations mesurées en électron Volt (eV). Leur énergie varie de 5 keV à plusieurs MeV. Le tableau suivant donne quelques exemples.

<b>RADIONUCLÉIDES OU RAYONNEMENT X</b>	<b>ÉNERGIE PHOTONIQUE (MeV)</b>
Cs <sup>137</sup>	0,66
Ir <sup>192</sup>	0,13 à 1,06
I <sup>125</sup>	0,035
I <sup>131</sup>	0,360
Au <sup>198</sup>	0,41
Tc <sup>99m</sup>	0,14
Co <sup>60</sup>	1,25 en moyenne
Ra <sup>226</sup> (en équilibre)	1,0
100 kV (rayons x)	0,1
6 MV (rayons x)	6
10 MV (rayons x)	10

Extrait de St-Germain, J. *Radiation Monitoring with reference to the medical Environment*. Health Physics, vol. 69, no. 5, 1995. p. 729.

### *ANNEXE III*

Le temps de désintégration :  $-dN/dt = \lambda N$

Où  $N =$  Nombre d'atomes radioactifs  
 $\lambda =$  Constante de désintégration  
 $t =$  Temps

Unité de mesure : becquerel (Bq)

Un becquerel est la quantité de radionucléides se désintégrant à un taux d'une transformation par seconde. [1 mCi = 37 MBq]

La demi-vie :  $t_{1/2} = 0,693/\lambda$

Où  $\lambda$  est une constante pour un radionucléide donné.

La dose de radiation :

Mesurée en énergie déposée dans les tissus biologiques en unité de Joules par kilogramme de tissu irradié. Cette énergie sert à former des ions (ioniser) dans la matière biologique. Son unité de mesure est le gray (Gy).

$$1 \text{ gray} = 1 \text{ J/kg}$$

Compte tenu du fait que les radiations ionisantes ne provoquent pas les mêmes effets aux tissus biologiques pour une dose identique en gray, la dose équivalente fut définie. Elle se mesure en sieverts.

$$\text{Sievert} = \text{gray} \times \text{facteur d'équivalence de radiations } (W_R)$$

Pour les radiations de type  $\beta$ ,  $\gamma$  et X,  $W_R = 1$ , et la dose en gray correspond à la même dose en sieverts.

## ANNEXE IV

**EFFETS SUR L'ENFANT À NAÎTRE  
D'UNE EXPOSITION AUX RADIATIONS IONISANTES**

<b>PÉRIODE APRÈS LA CONCEPTION</b>	<b>EFFETS</b>	<b>SEUIL</b>	<b>TAUX ATTENDU DANS LA POPULATION GÉNÉRALE (NAISSANCES VIVANTES)</b>	<b>RISQUE D'EXPOSITION SUPPLÉMENTAIRE</b>
Trois premières semaines	Aucun effet déterministe ou stochastique Avortement*	0,1 à 0,5 Sv*	?	?
3 <sup>e</sup> à la 8 <sup>e</sup> semaine	Tératogénicité (organes)	0,1 Sv **	1/50	?
	Avortement*	0,5 à 1,0 Sv	1/17	?
8 <sup>e</sup> à la 25 <sup>e</sup> semaine	Retard mental	0,1 Sv (-30QI/Gy au cerveau)	1/200	4/1000/Sv
	Avortement*	> 1,0 Sv*	1/17	?
7 <sup>e</sup> semaine jusqu'à la naissance	Cancer (enfance ou vie adulte)	?	1/3	1/10000/mSv

Extrait de la Publication 60 de la CIPR (ICRP, 1991).

\* Extrait de Romanova, L.K. et Zhorova, E.S. The effect of irradiation at low doses on human embryos and fetuses. Russian Journal of developmental biology, vol. 25, no. 3 1994, p. 174.

\*\* Risque tératogène théorique chez l'humain extrapolé à partir d'études animales.

Le 15 décembre 1998

Monsieur Jacques Blanchette  
Direction des services techniques  
2725, chemin Sainte-Foy  
Sainte-Foy (Québec)  
G1V 4G5

Monsieur,

Vous trouverez ci-joint le document « Recommandations pour la grossesse ou la travailleuse allaitante exposée aux radiations ionisantes ».

Le document, je l'espère, reflète la position de l'ensemble des intervenants consultés. Vous pouvez toujours me faire part de modifications que vous souhaiteriez y voir apporter. Je vous laisse jusqu'au 30 janvier 1999 le soin de m'en faire part. Après cette date, le document sera acheminé au comité médical en santé au travail du réseau publique.

Encore une fois, je tiens à vous remercier de votre collaboration et générosité dans l'aide que vous m'avez apportée à l'élaboration du document.

Souhaitant à tous un joyeux temps des fêtes et une année 1999 qui saura réaliser vos désirs les plus chers.

Veillez accepter, monsieur, l'expression de mes sentiments les meilleurs.

Robert Breton  
Médecin conseil  
en santé au travail

/fc