



This article appeared in a journal published by Elsevier. The attached copy is furnished to the author for internal non-commercial research and education use, including for instruction at the authors institution and sharing with colleagues.

Other uses, including reproduction and distribution, or selling or licensing copies, or posting to personal, institutional or third party websites are prohibited.

In most cases authors are permitted to post their version of the article (e.g. in Word or Tex form) to their personal website or institutional repository. Authors requiring further information regarding Elsevier's archiving and manuscript policies are encouraged to visit:

<http://www.elsevier.com/authorsrights>



ELSEVIER
MASSON



Disponible en ligne sur
ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France
EM|consulte
www.em-consulte.com

Médecine Nucléaire 37 (2013) 503–506

**Médecine
Nucléaire**
Imagerie Fonctionnelle et Métabolique

Article original

Évaluation de l'exposition des travailleurs du service de radioimmuno-analyse du Bénin aux rayonnements ionisants de l'iode 125

Assessment of occupational exposure to iodine 125 radiations at Benin radioimmunoassay laboratory

R.T. Soglo^{a,b}, K.M. Amoussou-Guenou^{b,*}, E. Sosu^{a,c}, E.O. Darko^{a,c}, J.H. Amuasi^{a,c}

^a School of nuclear and allied sciences, university of Legon, Accra, Ghana

^b Service des radio-immunodosages, faculté des sciences de la santé, université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin

^c Ghana atomic energy commission, radiation protection institute, Accra, Ghana

^d Hôpital de la mère et de l'enfant lagune, ministère de la santé, Cotonou, Bénin

Reçu le 3 septembre 2013 ; accepté le 12 septembre 2013

Disponible sur Internet le 17 octobre 2013

Résumé

L'exposition aux rayonnements ionisants des travailleurs manipulant l'iode 125(¹²⁵I) au service des radio-immunodosages du Bénin a été évaluée d'octobre 2012 à avril 2013, pour déterminer le niveau de radio-sûreté de ce laboratoire. Les équivalents de dose à la peau, au corps entier et aux extrémités des travailleurs ont été mesurés au moyen de la dosimétrie par thermoluminescence. Les mesures ont été effectuées selon deux modalités. Pour la première modalité, trois travailleurs permanents et deux étudiants ont porté des bagues de dosimètre à la base de l'index des deux mains. Ces bagues ont été utilisées sur une période de quatre mois. Pour la deuxième modalité, trois travailleurs permanents et trois étudiants ont porté des badges de dosimètre en regard de la poitrine. Ces badges ont été renouvelés mensuellement pendant six mois. L'exposition aux rayonnements ionisants des bagues et badges a été mesurée au Ghana. L'équivalent de dose moyen le plus élevé à la base de l'index des deux mains des travailleurs permanents était de $142,75 \pm 89,54$, microSV/2 mois et celui des étudiants était de $34,69 \pm 29,23$, microSV/2 mois. L'exposition à la peau des travailleurs était en-deçà du tiers des limites de dose prescrite pour les travailleurs permanents (500 mSv/an) et pour les étudiants (150 mSv/an). L'exposition du corps entier des travailleurs permanents et des étudiants était, respectivement, comprise entre 0,12 et 0,23mSv/mois, puis entre 0,11 et 0,16mSv/mois. Les travailleurs du service des radio-immunodosages du Bénin sont faiblement exposés aux rayonnements ionisants. Ils ne courent aucun risque d'effet déterministe.

© 2013 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Mots clés : RIA ; Dosimètre thermoluminescent ; Limite de dose ; Bénin

Abstract

Occupational radiation dose of staff handling ¹²⁵I assessment at the Benin radioimmunoassay laboratory, have been undertaken from October 2012 to April 2013 to determine level of radiation safety. Equivalent dose to skin, whole body and extremities, were measured by the mean of thermoluminescence dosimetry. Firstly, three permanent workers and two students were provided with finger ring dosimeters to wear at index finger base of both hands. Ring dosimeters were used for four months. Secondly, three permanent workers and three students were provided with badge dosimeters to wear at the chest level. Badge dosimeters were renewed monthly for six months. The exposed ring and badge dosimeters were evaluated in Ghana. Permanent workers highest average equivalent dose received at index finger base of both hands was 142.75 ± 89.54 , microSV/2 months and that of students was 34.69 ± 29.23 , microSV/2 months. Workers skin exposure was below one third of prescribed dose limits for permanent workers (500mSv/yr) and students (150mSv/yr). Whole body exposure, expressed in mSv/month, of permanent workers and students, respectively ranged from 0.12 to 0.23 and from 0.11 to 0.16. Radio-immuno-assay laboratory workers are weakly exposed to ionizing radiation. They are safe from deterministic effect risk.

© 2013 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Keywords: RIA; Thermoluminescence dosimeter; Dose limit; Benin

* Auteur correspondant.

Adresses e-mail: agkuassimarcellin@yahoo.fr, romtin819@yahoo.fr (K.M. Amoussou-Guenou).

1. Introduction

En 1977, Rosalyn Yalow a reçu le prix Nobel de médecine et de physiologie grâce à la découverte de la technique de radioimmunoanalyse (RIA). Cette technique d'immunoanalyse utilisait des traceurs tels que le tritium (^3H) et le carbone (^{14}C). De nos jours, la majorité des RIA sont basées sur l'utilisation des réactifs marqués à l'iode (^{125}I). En effet, l'iode 125 peut être utilisé pour marquer une large variété de substances telles que les pesticides, les herbicides, les polluants environnementaux, les molécules biochimiques et les médicaments. Les substances marquées à ^{125}I sont stables et utilisables pour au moins trois mois [1].

Au Bénin, les réactifs marqués à ^{125}I sont utilisés au service des radio-immunodosages (SeRiD). Dans ce laboratoire de recherche, situé à la faculté des sciences de la santé (FSS) de Cotonou, vingt-quatre différentes analyses in vitro sont réalisées. Les dosages de la fonction thyroïdienne, des marqueurs tumoraux et des hormones de la fertilité sont les plus fréquents au SeRiD. Un total de 16 MBq ^{125}I est stocké dans les réfrigérateurs du laboratoire.

Cette utilisation des réactifs marqués à ^{125}I au SeRiD est utile pour les populations, mais le risque pour les travailleurs mérite d'être évalué. En effet, ^{125}I , dont la demi-vie est 59,4 jours, se désintègre par capture électronique suivie d'une émission de rayonnement ionisant γ . En pratique, ^{125}I est considéré comme un émetteur γ (raie principale 35,5 keV) et X (raie principale 27 keV) [2,3]. La connaissance de l'équivalent de dose reçue par les travailleurs de SeRiD s'avère très importante dans leurs efforts pour minimiser les effets stochastiques et éviter les effets déterministes liés à l'utilisation des rayonnements ionisants γ et X émanant de ^{125}I .

Depuis juillet 2009, date de la création du SeRiD, aucune évaluation de la dose de radiation reçue par les travailleurs du centre n'a été faite et archivée, faute d'un laboratoire de dosimétrie au Bénin. Afin de déterminer le niveau de radio-sûreté dans le laboratoire, la présente étude vise à mesurer, par la dosimétrie thermoluminescente, les équivalents de dose reçus à la peau, aux extrémités et au corps entier des travailleurs.

2. Matériel et méthodes

La méthodologie utilisée dans ce travail est celle définie dans « Practical Radiation Technical Manual : Individual monitoring » et publiée par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) [4].

2.1. Matériel

2.1.1. Bague de dosimètre thermoluminescent

Des bagues de dosimètre thermoluminescent (DTL) de type DTL-100, constituées de disques de DTL et de supports de disques de DTL, ont été utilisées pour mesurer l'équivalent de dose aux extrémités. Le disque de DTL est composé d'une puce de 3 mm² de surface sur 1 mm d'épaisseur de fluorure de lithium dopé au titane et au magnésium. La puce est incrustée

dans un disque d'épaisseur 0,5 mm avec un diamètre d'environ 15 mm au moyen d'un emballage en polytétrafluoroéthylène [4].

2.1.2. Badge de dosimètre thermoluminescent

Le badge de dosimètre utilisé est composé de carte de DTL-100 et de support de carte de DTL. La carte de DTL est formée de plaque en aluminium dans laquelle deux détecteurs thermoluminescents, contenant l'élément radiosensible fluorure de lithium dopé au titane et au magnésium, sont incrustés. Le support de carte de DTL est une cassette faite en plastique, munie de deux filtres métalliques [4]. Le support protège les détecteurs de la lumière et de la contamination. L'équivalent de dose au corps entier Hp(10) est mesuré par le détecteur situé derrière la partie bombée du support, tandis que le détecteur situé à la partie circulaire du support de carte de DTL mesure l'équivalent de dose à la peau Hp(0,07).

2.1.3. Lecteurs de dosimètres thermoluminescents

Dans le présent travail, deux types de lecteurs de DTL ont été utilisés. Le Harshaw 4500 pour la mesure de l'équivalent de dose aux extrémités et le Harshaw 6600 pour la mesure de l'équivalent de dose au corps entier et à la peau. Le Harshaw 6600 aurait pu être le seul lecteur de DTL utilisé mais ses composants de lecture de bague de DTL n'étaient pas fonctionnels [5,6].

2.2. Méthodes

2.2.1. Équivalent de dose aux extrémités

Deux étudiants et trois travailleurs permanents ont porté chacun une bague de dosimètre à la base de l'index de chaque main. Il leur a été conseillé de porter les bagues de DTL sous les gants, pour éviter une possible contamination radioactive et pour se conformer aux conditions de travail habituelles [7]. Avant le début de la mesure de l'équivalent de dose aux doigts, les disques de dosimètre ont été étalonnés. Des DTL d'étalonnage ont été générés pour l'étalonnage du lecteur Harshaw 4500 puis des DTL de terrain ont été générés pour être utilisés au SeRiD, Cotonou, Bénin. Seules les puces dont les variations de sensibilité étaient moins de $\pm 10\%$ ont été sélectionnées. Les bagues de dosimètre ont été utilisées pendant quatre mois en deux séquences de deux mois. Elles ont été évaluées avec le Harshaw 4500 à Kwame Nkrumah university of science and technology (KNUST) à Kumasi, Ghana. Une bague de contrôle a été utilisée pour mesurer le bruit de fond et la radiation du voyage entre Cotonou, Bénin et KNUST, Kumasi, Ghana. Quand les bagues de DTL ne sont pas utilisées, elles sont gardées dans un endroit où le niveau de radiation est inférieur au bruit de fond [7].

2.2.2. Équivalent de dose au corps entier et à la peau

Trois étudiants et trois travailleurs permanents ont porté chacun un badge de DTL dans la poche située en regard de la poitrine. Avant le début de la mesure de l'équivalent de dose au corps entier et à la peau des travailleurs du SeRiD, les cartes de DTL ont été étalonnées. Seules les cartes ayant une sensibilité

de moins de $\pm 10\%$ ont été sélectionnées. Les badges de DTL ont été renouvelés mensuellement, pendant une période de six mois. Ils ont été évalués avec le Harshaw 6600 à la radiation protection institute (RPI), Accra, Ghana. Un badge de contrôle a été utilisé pour mesurer le bruit de fond et la radiation du voyage entre Cotonou, Bénin et RPI, Accra, Ghana. Quand les badges de DTL ne sont pas utilisés, ils sont gardés dans un endroit où le niveau de radiation est inférieur au bruit fond.

3. Résultats

3.1. Équivalent de dose aux extrémités des travailleurs

L'évaluation de l'équivalent de dose reçue à la base de l'index des deux mains a été faite pour trois travailleurs permanents de sex-ratio 0,5 et deux étudiants. Au cours des deux séquences de mesure où 193 séries de dosages ont été effectuées, l'équivalent de dose Hp(0,07) cumulé sur deux mois était compris entre 16,64 et 249,49 μSv pour les travailleurs permanents et entre 0,64 et 68,40 μSv pour les étudiants. L'équivalent de dose moyen cumulé le plus élevé sur deux mois à la base de l'index des deux mains des travailleurs permanents était de $142,75 \pm 89,54 \mu\text{Sv}$. Il était de $34,69 \pm 29,23 \mu\text{Sv}$ chez les étudiants. Les équivalents de dose moyens de l'exposition professionnelle des travailleurs de SeRiD, à la main gauche et à la main droite sont présentés dans le [Tableau 1](#).

3.1.1. Équivalent de dose à la peau Hp(0,07) et au corps entier Hp(10) des travailleurs

Sur la période d'étude d'une durée de 6 mois, les équivalents de dose mensuels Hp(0,07) et Hp(10) des trois travailleurs permanents étaient, respectivement, compris entre 0,08 et 0,19 mSv et 0,12 et 0,23 mSv. Ces mêmes paramètres étaient, respectivement, compris entre 0,06 et 0,11 mSv et entre 0,11 et 0,16 mSv pour les trois étudiants de sex-ratio 0,5. Le travailleur permanent le plus exposé au corps entier a reçu un équivalent de dose moyenne Hp(10) de $0,21 \pm 0,02 \text{mSv}$. Le travailleur permanent le plus exposé à la peau a reçu un équivalent de dose moyenne Hp(0,07) de $0,16 \pm 0,02 \text{mSv}$. En revanche, l'étudiant le plus exposé au corps entier a reçu un équivalent de dose moyenne Hp(10) de $0,14 \pm 0,02 \text{mSv}$ et Hp(0,07) de $0,08 \pm 0,02 \text{mSv}$.

Tableau 1
Équivalent de dose moyenne à la base de l'index des mains gauche et droite.
Mean equivalent dose at index finger base of left and right hands.

Main	Équivalent de dose moyenne (μSv) accumulée en 2 mois				
	Travailleurs permanents			Étudiants	
Droite	TP1	TP2	TP3	E1	E2
Gauche	116,3	94,27	73,55	16,3	0,64
	169,3	97,7	92,53	43,89	0,7

TP1 : travailleur permanent n° 1 ; TP2 : travailleur permanent n° 2 ; TP3 : travailleur permanent n° 3 ; E1 : étudiant n° 1 ; E2 : étudiant n° 2.

4. Discussion

Les travaux retrouvés dans la littérature ne permettent pas une comparaison avec les résultats de notre étude. Ces travaux décrivent pour la plupart la dose de rayonnement ionisant que recevrait un travailleur situé à une distance précise de la source d'iode 125 ou la dose calculée par le logiciel Code Monte-Carlo (MCNPX) [3].

Il ressort des résultats du présent travail que l'équivalent de dose Hp(0,07) aux extrémités reçu par les travailleurs du SeRiD a augmenté au cours de la deuxième séquence de mesures de décembre 2012 à février 2013 où 103 séries d'échantillons ont été analysées par rapport à la première séquence de mesures d'octobre 2012 à décembre 2012 où le nombre de séries d'échantillons analysées était de 90. Ce constat pourrait s'expliquer par l'accroissement du nombre de dosages effectués.

L'équivalent de dose reçu à la base de l'index de la main gauche des travailleurs au SeRiD, Cotonou, Bénin, est supérieur à celui de la main droite comme l'indique le [Tableau 1](#). En effet, les travailleurs du SeRiD sont tous droitiers. Pour prélever la solution d'iodure de sodium, ils gardent le flacon contenant la solution d'iodure de sodium à prélever avec la main gauche. Il conviendrait que les travailleurs s'exercent à l'usage des deux mains afin de réduire l'exposition à la main gauche.

Les résultats de la présente étude permettent de déduire que si les travailleurs permanents du SeRiD adoptaient les mêmes pratiques et procédures tout au long de l'année, leur équivalent

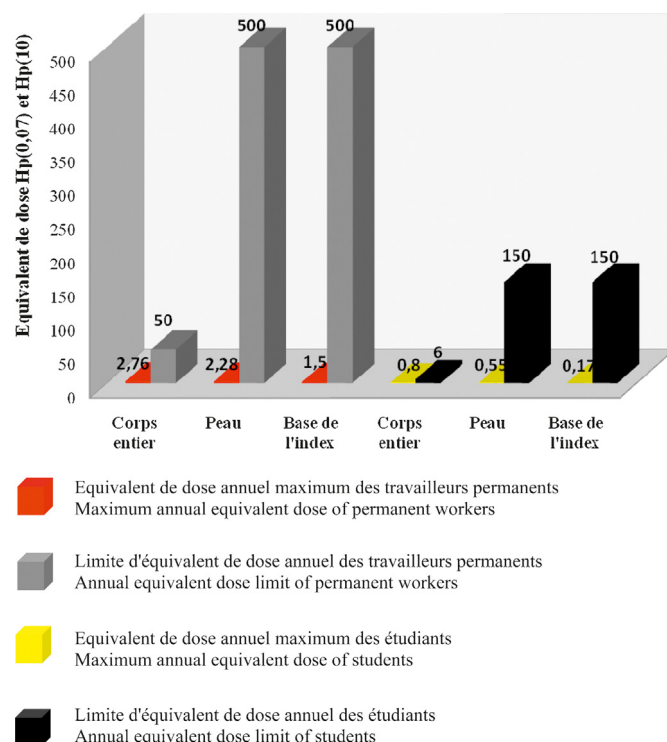


Fig. 1. Comparaison entre l'équivalent de dose annuel maximum des travailleurs et la limite d'équivalent de dose annuel exigée.
Comparison between annual maximum equivalent dose of workers and the required annual equivalent dose limit.

de dose à l'index de la main, à la peau, et, au corps entier, n'excéderait pas, respectivement, 1,5 mSv/an, 2,28 mSv/an et 2,76 mSv/an. Concernant les étudiants du SeRiD dont la durée moyenne du stage est de cinq mois, ces paramètres seraient au maximum de 0,17 mSv/an, 0,55 mSv/an et 0,80 mSv/an, respectivement.

La comparaison entre l'équivalent de dose annuelle maximum des travailleurs et la limite d'équivalent de dose exigée [8] pour les travailleurs permanents et les étudiants montre, comme indiqué à la Fig. 1, que les travailleurs du SeRiD sont faiblement exposés aux rayonnements ionisants. Le niveau de radio-sûreté dans le laboratoire est acceptable.

5. Conclusion

Cette étude a permis aux travailleurs du service des radio-immunodosages (SeRiD), Cotonou, Bénin, d'obtenir la toute première évaluation de leur exposition aux rayonnements ionisants dans le cadre de leur fonction. À partir de ces données, un programme de radioprotection pour une meilleure surveillance des travailleurs pourrait être élaboré, de même que le développement de la culture de radio-sûreté dans le laboratoire. Sur la période d'étude, les travailleurs étaient faiblement exposés aux radiations émanant de l'iode 125 car les doses

reçues à la base de l'index, à la peau, et au corps entier étaient en-deçà du tiers des limites de doses prescrites.

Déclaration d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cet article.

Références

- [1] Law B. *Immunoassaya practical guide*. UK: Taylor & Francis; 2005.
- [2] Lawson R. *An introduction to radioactivity*. UK: Manchester royal infirmary; 1999.
- [3] Aubert B, Biau A, Deligne J-M, Donadille L, Gambini D-J, Gauron C, et al. *Radioprotection : radionucléides, Iode-125*. Paris: Groupe Corlet; 2009.
- [4] International atomic energy agency. *Practical radiation technical manual, individual monitoring*. Vienna: IAEA; 2004.
- [5] Thermo fisher scientific Inc., Harshaw 4500. Thermo fisher scientific, 2007. <https://static.thermoscientific.com/images/D16603.pdf>.
- [6] Thermo fisher scientific Inc., Harshaw 6600. Thermo fisher scientific, 2007. <https://static.thermoscientific.com/images/D19645.pdf>.
- [7] Pant GS, Sanjay KS, Rath GK. Finger doses for staff handling radiopharmaceuticals in nuclear medicine. *Med Nucl* 2006;34:169–73.
- [8] Agence internationale de l'énergie atomique, bureau international du travail. *Évaluation de l'exposition professionnelle due aux sources externes de rayonnements*. Vienne: Collection normes de sûreté de l'AIEA n°SR-G-1.3; 2004.