



## ARTICLE ORIGINAL / RESEARCH ARTICLE

## Usage des Rayonnements ionisants en milieu médical à Cotonou (Benin)

*Use of ionizing radiation in the medical field in Cotonou (Benin)*

ADAMBOUNOU Kokou<sup>1,2\*</sup>, DEGBOEVI Armande<sup>1</sup>, HOUNDETOUGAN Giles David<sup>3</sup>, AMOUSSOU Komla<sup>1</sup>, ADIGO Amégninou Mawuko Yao<sup>1</sup>, AMOUSSOU-GUENOU Kuassi Marcellin<sup>3</sup>, ADJENOU Victor<sup>1</sup>

<sup>1</sup>: Service d'Imagerie Médicale, CHU Campus de Lomé (Lomé, TOGO)

<sup>2</sup>: Laboratoire de Biophysique et Imagerie Médicale (Lomé, TOGO)

<sup>3</sup>: Laboratoire de Biophysique et Médecine Nucléaire-Université d'Abomey Calavi (Cotonou, BENIN)

### Mots-clés :

rayonnements ionisants, radioprotection, techniques irradiantes, Bénin.

### Keywords:

ionizing radiation, radiation protection, irradiating techniques, Benin.

### \*Auteur

#### correspondant

Dr ADAMBOUNOU Kokou;  
05BP 633 Lomé - TOGO  
Email:  
kadambounou@yahoo.fr Tel:  
00228 90191633

### RÉSUMÉ

**Objectif** : Faire l'état des lieux des applications médicales des rayonnements ionisants dans la ville de Cotonou.

**Matériels et méthode** : Etude prospective du 16 avril au 22 juin 2018 dans les structures sanitaires disposant de générateurs ou sources de rayonnements ionisants utilisés à des fins médicales dans la ville de Cotonou. Les paramètres étudiés étaient : les caractéristiques des structures sanitaires utilisant les rayonnements ionisants, les infrastructures techniques et ressources humaines impliquées, et la mise en œuvre des mesures de radioprotection.

**Résultats** : Les rayonnements ionisants étaient utilisés respectivement dans 22 services pour les rayons X, et 1 service pour les rayons gamma. Ces services ne couvraient que les 2/3 des arrondissements. Les générateurs de rayons X comprenaient les appareils de radiologie classique (52,1%), de mammographie (19,6%), de radiologie dentaire (15,2%) et de scanner (8,7%). Ces appareils étaient acquis à l'état neuf dans 52,1% et utilisés dans 63,1% dans les structures privées. Ils étaient dominés par les marques Siemens (20,8%), Schimadzu (12,5%) pour la radiologie classique. Les scanners avaient un âge compris entre 5 et 9 ans et étaient de 16 barrettes dans 50%. Quatorze radiologues et 65 manipulateurs étaient recensés. Près des 2/3 des manipulateurs avaient moins de dix années d'expérience. Aucune structure n'utilisait de dosimètre. Seulement 2 structures sanitaires disposaient de pictogramme et de règlement de zone. Un peu plus de 1500 patients étaient exposés aux rayons X par semaine et 150 dosages radio immunologiques étaient réalisés par semaine.

**Conclusion** : L'usage des rayonnements ionisants était exclusivement à but diagnostique à Cotonou avec des mesures de radioprotection peu satisfaisantes.

### ABSTRACT

**Objective**: Take stock of the medical applications of ionizing radiation in the city of Cotonou.

**Materials and method**: Prospective study from April 16 to June 22, 2018 in health facilities with generators or sources of ionizing radiation used for medical purposes in the city of Cotonou. The parameters studied were: the characteristics of health structures using ionizing radiation, the

technical infrastructure and human resources involved, and the implementation of radiation protection measures.

**Results:** Ionizing radiation was used in 22 departments for X-rays, and 1 department for gamma rays, respectively. These services only covered 2/3 of the arrondissements. X-ray generators included conventional radiology (52.1%), mammography (19.6%), dental radiology (15.2%) and ct-scan (8.7%) devices. These devices were acquired in new condition in 52.1% and used in 63.1% in private structures. They were dominated by the Siemens (20.8%), Schimadzu (12.5%) brands for conventional radiology. The scanners were between 5 and 9 years old and were 16 bars in 50%. Fourteen radiologists and 65 manipulators were identified. Almost 2/3 of the manipulators had less than ten years of experience. No structure used a dosimeter. Only 2 health facilities had pictograms and zone regulations. Just over 1500 patients were exposed to X-rays per week and 150 radio immunoassays were performed per week.

**Conclusion:** The use of ionizing radiation was exclusively for diagnostic purposes in Cotonou with unsatisfactory radiation protection measures.

## 1. Introduction

Les rayonnements ionisants ont de nombreuses applications dans le domaine médical [1]. Il s'agit essentiellement des rayons X et gamma. Les rayons X sont utilisés en radiodiagnostic (radiologie conventionnelle et en tomodensitométrie) et en radiothérapie pour le traitement des cancers. Quant aux rayonnements gamma, ils sont utilisés non seulement en médecine nucléaire mais aussi en radiothérapie [2-4]. Dans le domaine médical, leur usage incontrôlé a révélé rapidement leur danger potentiel d'où la nécessité de radioprotection [5]. Les applications médicales des rayonnements ionisants ont été un des facteurs essentiels des progrès de la santé. L'imagerie radiologique (rayons X) et l'imagerie scintigraphique (rayons gamma) sont de nos jours des moyens techniques indispensables dans le diagnostic d'un grand nombre de pathologies, dans l'orientation des traitements et dans leur suivi [6,7]. Dans les pays développés, l'usage médical des rayonnements ionisants a connu d'énormes progrès contrastant avec la situation dans les pays en développement, où l'usage médical des rayonnements ionisants est encore à la traîne [2,8].

En république du Bénin, le premier appareil de radiologie a été installé après les indépendances en 1962, le premier scanner en 2001 et l'utilisation médicale des sources radioactives émettrices de rayonnement gamma en 2009. Depuis lors, les formations sanitaires utilisant les rayonnements ionisants se sont multipliées. Cependant, en l'absence d'une autorité de régulation véritablement fonctionnelle, l'inventaire et les conditions d'utilisation des rayonnements ionisants sont mal élucidés. Cette étude a donc été entreprise pour faire l'état des lieux des applications médicales des rayonnements ionisants à Cotonou, la capitale économique du Bénin et qui est la ville la plus industrialisée du Bénin.

## 2. Matériels et Méthodes

L'étude avait eu pour cadre la ville de Cotonou, au sud-est du Bénin. Au plan administratif, la ville de Cotonou est subdivisée en treize (13) arrondissements et cent quarante (140) quartiers [9].

Il s'était agi d'une étude transversale à visée descriptive réalisée pendant une période de deux (02) mois allant du 16 avril au 12 juin 2018 dans la ville de Cotonou. Toutes les structures sanitaires de Cotonou équipées de générateurs de rayons X ou de sources radioactives émettrices de rayons gamma et utilisés à des fins médicales ont été incluses dans cette étude. Les variables dépendantes étudiées étaient en rapport avec les infrastructures techniques émettant des rayonnements ionisants (générateurs de rayons X, sources radioactives) : types d'appareils et leurs caractéristiques. Quant aux variables indépendantes, elles étaient en rapport avec les caractéristiques des formations sanitaires, ainsi que les ressources humaines et les prestations des services des structures sanitaires utilisant les rayonnements ionisants. En raison de l'accès difficile à une liste officielle des centres de radiologie dans la ville de Cotonou, la méthode de la boule de neige a été utilisée pour identifier les structures utilisant des rayonnements ionisants. Les données ont été traitées avec Microsoft Word 2016 et les graphiques ont été effectuées avec Microsoft Excel 2016.

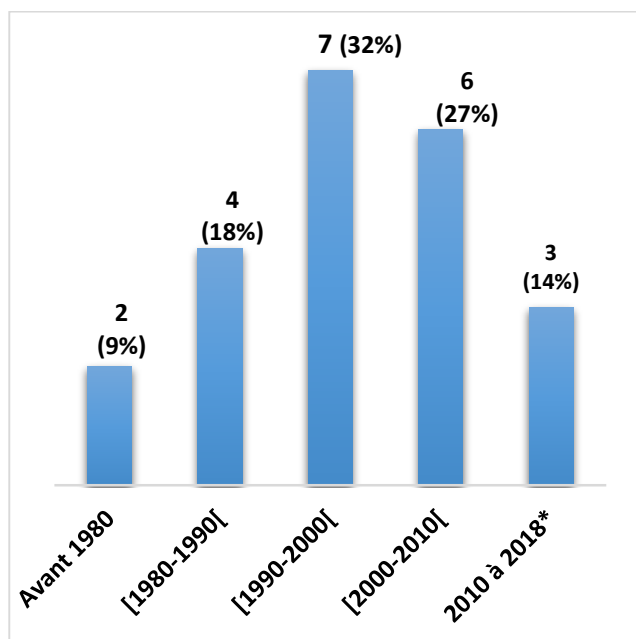
## 3. Résultats

### 3.1 Structures sanitaires utilisant les rayonnements ionisants à Cotonou

Vingt-deux structures sanitaires étaient dotées de services utilisant des générateurs de rayons X (radiodiagnostic) et une structure sanitaire utilisait des sources radioactives émettrices de rayonnements gamma. Aucune structure sanitaire n'utilisait des rayonnements ionisants à but

thérapeutique à Cotonou. Les générateurs de rayons X étaient installés majoritairement dans 16 centres privés (soit 72,2 %) contre 6 centres publics (soit 27,8 %).

Plus de la moitié des structures sanitaires de radiodiagnostic de Cotonou étaient installées entre 1990 et 2010 (**Figure 1**).



\* 12 juin 2018 (date de la fin de l'enquête)

**Figure 1:** Répartition des structures sanitaires de radiodiagnostic selon leur année de création.

Le seul centre utilisant les rayons gamma recensé était un service de médecine nucléaire in vitro parapublic qui a ouvert ses portes le 1er Juillet 2009. Au plan géographique, 4 arrondissements de Cotonou sur 13 soit 31 % ne disposaient d'aucune structure sanitaire utilisant les rayonnements ionisants à des fins médicales.

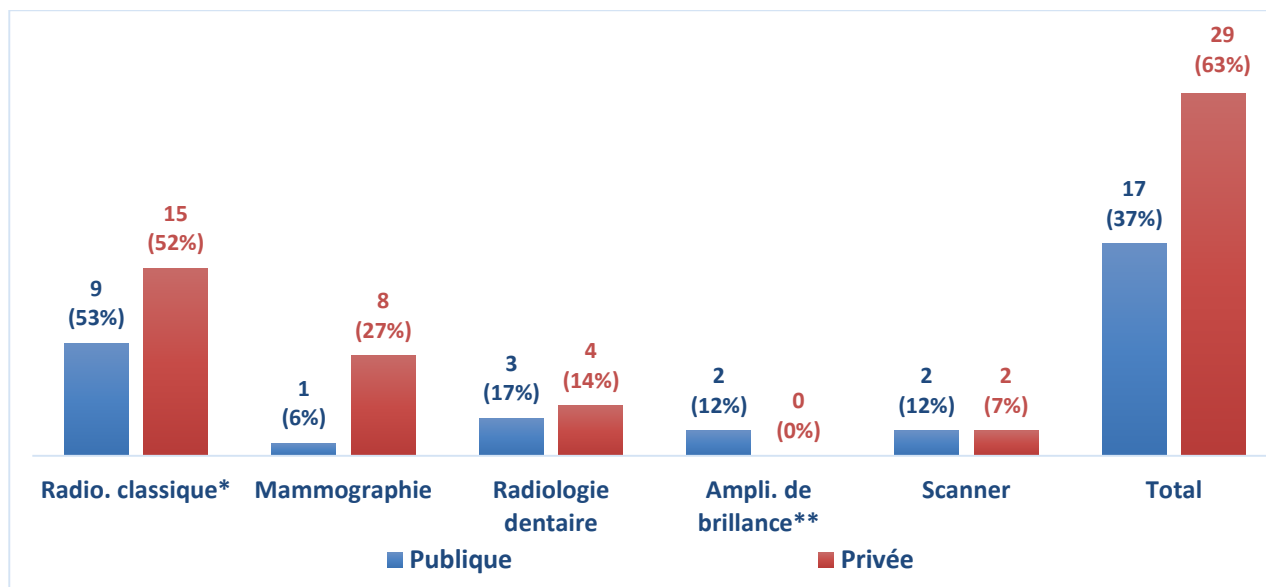
### 3.2 Infrastructures techniques générant ou détectant les rayonnements ionisants

Il y avait 46 générateurs de rayons X et un détecteur de rayonnement gamma (compteur gamma).

### 3.3 Générateurs de rayons X (Appareils de radiodiagnostic)

Appareils de radiodiagnostic selon le statut administratif des services

Les appareils de radiodiagnostic étaient dominés par les appareils de radiologie classique et se retrouvaient majoritairement dans les structures privées (**Figure 2**).



\*Radiologie classique\*\*Amplificateur de brillance

**Figure 1 :** Répartition de l'ensemble des infrastructures techniques de radio diagnostic

Appareils de radiodiagnostic selon leur état à l'acquisition  
Plus de la moitié des appareils de radiodiagnostic étaient acquis à l'état neuf (**Tableau I**).

**Tableau I. Répartition des appareils de radiodiagnostic selon leur état à l'acquisition**

	Occasion		Neuf		Total	
	n	%	n	%	n	%
<b>Radiologie classique</b>	10	41,7	14	58,3	<b>24</b>	<b>100</b>
<b>Mammographie</b>	6	66,7	3	33,3	<b>9</b>	<b>100</b>
<b>Radiologie dentaire</b>	3	42,9	4	57,1	<b>7</b>	<b>100</b>
<b>Amplificateur de brillance</b>	1	100	1	0	<b>2</b>	<b>100</b>
<b>Scanner</b>	0	0	4	100	<b>4</b>	<b>100</b>
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>43,5</b>	<b>26</b>	<b>56,5</b>	<b>46</b>	<b>100</b>

Appareils de radiodiagnostic non fonctionnel pendant l'enquête  
La majorité des appareils de radiodiagnostic non fonctionnels étaient en panne (**Tableau II**).

**Tableau II: Répartition des appareils de radiodiagnostic non fonctionnels selon les motifs**

	Panne		Hors d'usage		Total	
	n	%	n	%	n	%
<b>Radiologie classique</b>	4	50,0	0	0	<b>4</b>	<b>100</b>
<b>Mammographie</b>	3	37,5	0	0	<b>3</b>	<b>100</b>
<b>Radiologie dentaire</b>	0	0	1	100	<b>1</b>	<b>100</b>
<b>Scanner</b>	1	12,5	0	0	<b>1</b>	<b>100</b>
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>88,9</b>	<b>1</b>	<b>11,1</b>	<b>9</b>	<b>100</b>

Année d'utilisation des appareils de radiodiagnostic  
Plus de 80 % des appareils de radiodiagnostic avaient moins de dix ans d'utilisation (**Tableau III**).

**Tableau III: Répartition des appareils générateurs de rayons X selon leur année d'utilisation**

	Radiologie classique		Mammo- graphe		Radiologie dentaire		Scanner		Amplificateur de brillance		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
<b>[0-5 ans[</b>	7	29,2	2	22,2	2	28,6	0	0	0	0	<b>11</b>	<b>23,9</b>
<b>[5-10 ans[</b>	14	58,3	6	66,7	2	28,6	3	75	1	50	<b>26</b>	<b>56,5</b>
<b>≥ 10 ans</b>	3	12,5	1	11,1	3	42,8	1	25	1	50	<b>9</b>	<b>19,6</b>
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>100</b>	<b>9</b>	<b>100</b>	<b>7</b>	<b>100</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>100</b>	<b>46</b>	<b>100</b>

Appareils de radiologie classique

La majorité des appareils de radiologie classique (15 des 24) soit 62,5% utilisait systématiquement le mode analogique pour le traitement des images.

Les appareils de radiologie classique de marque SIEMENS étaient les plus utilisés à Cotonou avec une proportion de 5 sur 22, soit 20,8 % ; suivis des appareils de marque Shimadzu (3 sur 24 soit 12,5%) et des appareils de marque Magnum (2 sur 24 soit 8,3%). D'autres marques étaient retrouvées dans une proportion moindre (1 sur 24 soit 4,2 %) à savoir Général Electric Biomédical International, Trophy, Kodak, Acoma X Ray, Viomatica, YTB-1, Unistat GMM, Eva Chirax 70, Comed, Apelem, Carestram, Gendex et GMS.

### Appareils de mammographie

Les appareils de mammographie de marque Général Electric (4 sur 9) soit 44,5 % étaient les plus retrouvés à Cotonou, suivie des appareils de marques Mammo plus (2 sur 9) soit 22,5 %. Les Marques Lilym, Siemens et MSM étaient recensées avec pour chaque marque une proportion de 1 sur 9 soit 11,1 %.

### Appareils de radiologie dentaire

Sept différentes marques d'appareils de radiologie dentaire étaient recensées à Cotonou avec pour chaque marque un seul appareil. Il s'agissait des marques Siemens, Gendex, Carestram, Trophy, Planmecca, Owandy, et Endos.

### Appareils de scanner

Deux marques de scanner, Siemens et General Electric, étaient recensées à Cotonou en proportion égale (2 sur 4). Deux des 4 scanners disposaient de 16 barrettes, un disposait de 32 barrettes et un de 64 barrettes.

### Amplificateurs de brillance

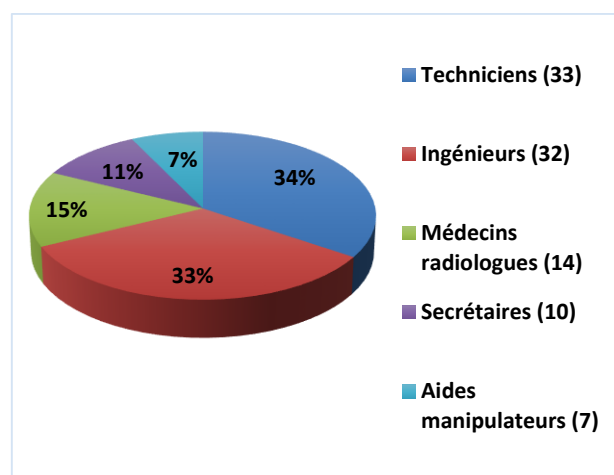
Deux marques APELEM et SIEMENS étaient recensées avec un amplificateur pour chacune des marques.

## 3.4 Détecteur de rayonnement gamma

Il s'agissait d'un compteur gamma acheté en 2009 à l'état neuf et de marque Stratec.

## 3.5 Ressources humaines

Au plan des ressources humaines, on avait dénombré dans les services de radiodiagnostic 96 travailleurs dominés par les techniciens et les ingénieurs en imagerie médicale (**figure 3**).



**Figure 3 :** Les ressources humaines selon la qualification

Tous les 14 médecins radiologues de la ville de Cotonou travaillaient dans le secteur public avec des vacations dans le privé. Plus de la moitié des médecins radiologues et manipulateurs professionnels (techniciens et ingénieurs en imagerie médicale) avaient au moins 10 ans d'expérience (**Tableau IV**).

**Tableau IV :** Expérience professionnelle des médecins radiologues et manipulateurs professionnels

	Médecins radiologues		Ingénieurs et techniciens		Total	
	n	%	n	%	n	%
< 10 ans	8	57,1	38	58,5	46	58,2
≥ 10 ans	6	42,9	27	41,5	33	41,8
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>100</b>	<b>65</b>	<b>100</b>	<b>79</b>	<b>100</b>

Le personnel du seul service de médecine nucléaire disponible à Cotonou comprenait un Professeur de Biophysique et Médecine Nucléaire, trois ingénieurs en analyses biomédicales, une technicienne supérieure en analyses biomédicales et une aide-soignante.

## 3.6 Mesures de radioprotection

Aucune structure sanitaire utilisant les rayonnements ionisants ne disposait de dosimètre.

Les équipements de protection individuelle dominés par les tabliers plombés se trouvaient majoritairement dans les structures sanitaires privées (**Tableau V**).

**Tableau V: Equipements de protection individuelle selon le statut administratif des structures sanitaires**

	Publiques		Privées		Total	
	n	%	n	%	n	%
<b>Tablier Plombé</b>	6	28,6	15	71,4	<b>21</b>	<b>100</b>
<b>Protège Gonades</b>	2	28,6	5	71,4	<b>7</b>	<b>100</b>
<b>Gants Plombés</b>	1	16,7	5	83,3	<b>6</b>	<b>100</b>
<b>Protège Thyroïde</b>	2	50	2	50	<b>4</b>	<b>100</b>
<b>Lunettes Plombées</b>	0	0	1	100	<b>1</b>	<b>100</b>
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>28,21</b>	<b>28</b>	<b>71,79</b>	<b>39</b>	<b>100</b>

Dix-sept centres sur les 22, soit 77,3%, avaient procédé à un zonage des locaux avec mise en place de signalisation lumineuse. Le règlement de zone et les pictogrammes étaient présents seulement dans 2 centres de radiodiagnostic, soit 9,1%. Aucun centre n'avait procédé au marquage de sol. Aucun équipement individuel de radioprotection n'avait été recensé dans le service des radio-immunodosages.

### 3.7 Estimation hebdomadaire des patients

Chaque semaine, 1510 patients étaient exposés aux rayons X à but diagnostique avec 900 patients (soit 60 %) dans les centres publiques et 610 (soit 40 %) dans les centres privés. Au total, 150 radio-immunodosages répartis sur les 24 paramètres dosés étaient réalisés par semaine. Les dosages radio-immunologiques les plus réalisés dans le service de médecine nucléaire in vitro étaient le dosage des marqueurs thyroïdiens (81 examens, soit 54 %), des marqueurs tumoraux (32 examens, soit 21,3 %), des hormones de la fertilité (28 examens, soit 18,7 %).

## 4. Discussion

Le choix limité de notre étude à la ville de Cotonou s'explique par la situation administrative de cette ville qui est la capitale économique de la république du Bénin où sont concentrées à la fois les grandes structures économiques de même que la population [9,10]. Les structures utilisant les sources de rayonnements ionisants étaient inégalement réparties sur l'ensemble des arrondissements de Cotonou. Quatre des treize arrondissements de Cotonou soit 31% ne disposaient d'aucune structure radiologique à des fins médicales alors qu'ils abritaient 30 % de la population de Cotonou [10]. Plusieurs études ont rapporté l'inégalité de

répartition des structures sanitaires dans la sous-région ouest africaine avec comme corollaire un réel problème d'accès physique pour les habitants de certaines régions [11,12].

Quarante-six (46) appareils générant les rayons X et un détecteur de source gamma à des fins médicales étaient recensés dont 19,1% étaient abandonnés ou en panne. Ce constat serait dû à un défaut de maintenance préventive d'une part et à l'indisponibilité des fiches techniques des appareils d'occasion ou des pièces de rechange d'autre part [13]. Le Bénin ne disposant pas d'unité de Scintigraphie, ni de radiothérapie, l'utilisation médicale des rayonnements ionisants se limite quasiment au radiodiagnostic dans le pays. Ce constat s'assimile à celui du Togo, pays limitrophe du Bénin selon une étude publiée en 2017 par Adambounou et al [12]. L'AIEA a dénoncé le manque d'appareil de radiothérapie pour le traitement du cancer dans 28 pays africains dont le Bénin alors que certains pays de la sous-région comme le Ghana, le Burkina-Faso et le Niger disposent d'un service de médecine nucléaire [14]. Plus tôt, une étude publiée en 2013 par Amoussou-Guenou et al, avait alerté que la plupart des évacuations sanitaires hors du Bénin de 2006 à 2011 ont été effectués essentiellement pour inexistence de scintigraphie et la radiothérapie au niveau national [15].

L'application des mesures de radioprotection n'était pas systématique dans les structures sanitaires utilisant les rayonnements ionisants dans la ville de Cotonou. Ainsi aucune structure équipée de rayonnements ionisants en source scellée ou non n'utilisait de dosimètre durant la période de notre enquête. Ces données contrastent avec les travaux de Adambounou et al en 2017 au Togo et ceux de Kouassi et al en 2005 en Côte d'Ivoire qui ont respectivement rapporté 32,2% et 58,9% du personnel utilisant les rayonnements ionisants était soumis à un suivi dosimétrique [12, 16]. En ce qui concerne l'utilisation de la signalisation lumineuse et l'affichage des règlements de zone, respectivement 77,3% et 9,1%



des structures respectaient les normes. Ces taux de conformité aux normes sont comparables à ceux rapportés dans d'autres pays voisins du Bénin [12, 16]. L'existence du matériel de protection individuelle est une réalité (tablier plombé, lunettes plombées, gants plombés, protège thyroïde, protège gonades). En effet 95,4% des structures disposaient de tabliers plombés. Par contre les protège gonades, les gants plombés, les protège thyroïdes, et les lunettes plombées n'étaient disponibles que respectivement dans les proportions de 31,8% ; 27,3% ; 18,2% et 4,5%. Ces résultats concordent avec les travaux de Adambounou au Togo en 2017 [12] et de ceux de Kouassi en Côte d'Ivoire en 2005 [15].

Au service des radio-immunodosages, mis à part la protection incluse dans la conception des locaux, aucune mesure spécifique de radioprotection n'est utilisée. Cependant une étude préliminaire menée par Soglo et al en 2013 dans ce service avait rapporté que les travailleurs étaient faiblement exposés aux rayonnements ionisants [17]. Il importe tout de même que les travailleurs de ce service observent les règles de radioprotection et soient soumis à une surveillance dosimétrique continue.

Notre étude a révélé qu'en moyenne 1510 patients étaient exposés dans les services de radiodiagnostic à des fins médicales chaque semaine soit 78520 patients annuellement correspondant à un taux de couverture d'environ 11,6% de la population de Cotonou. Ce taux de couverture est nettement en deçà des projections pour les pays en voie de développement [8]. Au service des radio-immunodosages 150 examens répartis sur les 24 paramètres dosés sont réalisés par semaine soit 7800 examens annuellement. Ces résultats mettent en exergue l'importance de la médecine nucléaire in vitro dans la prise en charge des patients au Bénin. Il serait souhaitable que le Bénin se dote rapidement d'un service de médecine nucléaire in vivo pour que l'imagerie scintigraphique soit mise à contribution dans la prise en charge médicale des patients notamment en oncologie et en cardiologie au Bénin

## 5. Conclusion

L'usage des rayonnements ionisants à Cotonou était exclusivement à but diagnostique. Les centres étaient inégalement répartis dans la ville et abritaient majoritairement par les appareils de radiologie classique. Les appareils de scanner représentaient une minorité et il n'existait aucun service de scintigraphie ni de radiothérapie. L'inexistence d'une autorité de régulation de l'utilisation des rayonnements ionisants a occasionné une défaillance dans l'application stricte des règles de radioprotection. Des efforts restent à faire tant par les autorités que par le personnel médical pour une

utilisation judicieuse des moyens d'imagerie médicale utilisant les rayonnements ionisants.

## Conflit d'intérêt

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt.

## 6. Références

1. Mettler Fa JR, Bhargavan M, Faulkner K, Gilley DB, Gray JE, Ibbott GS, Lipoti JA, Mahesh M, Mccrohan JL, Stabin MG, Thomadsen BR, Yoshizumi TT. Radiologic and nuclear medicine studies in the United States and worldwide: Frequency, radiation dose, and comparison with other radiation sources-1950-20. *Radiology* 2009 ; 253(2) : 520-31.
2. Arrivé L. Modalités radiologiques. In : imagerie médicale pour le clinicien. Arrivé L, Miquel A, Monnier-Cholley L et al. Elsevier Masson. Paris ; 2012 : 11-95.
3. Cordoliani YS. Foehrenbach H. Radioprotection en milieu médical : principes et mise en pratique. 3ème ed. Elsevier Masson. Paris ; 2014 : 230 p.
4. Bourguet P, Le Guludec D. Médecine nucléaire et diagnostic, l'imagerie métabolique et fonctionnelle. *Techniques hospitalières* 2009 ; 718 : 23-40.
5. Antoni R, Bourgeois R. Physique appliquée à l'exposition externe : dosimétrie et radioprotection, Springer-Verlag. Paris ; 2013 : 65-348.
6. Chen YM, Whitlow CT. Scope of diagnostic imaging. In: Basic radiology. Pope TL, Ott DJ. 2nd ed, Lange. New York : 2011 ; 1-14.
7. Dillenseger JP, Moerschel E. Guide des technologies de l'imagerie médicale et de la radiothérapie. Éditions Masson, 2009 (ISBN 978-2-294-70431-4).
8. Moifo B, Kamgnie MN, Fointama FN, Tambe J, Tebere H et al. Évaluation de la conformité des demandes d'examens d'imagerie médicale : une expérience en Afrique subsaharienne. *Médecine et Santé Tropicales* 2014, 24(4) : 392-6.
9. Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE) du Benin. Cahier des villages et quartier de ville, Recensement général de la population et de l'habitation. URL : <http://www.insae-bj.org> , publié le 10/11/2016
10. Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE) du Benin. Quatrième Enquête Démographique et de Santé (EDS IV), 2011-2012
11. Attolou S, Bendu J. Accessibilité géographique. *Revue de géographie de l'Université de Ouagadougou* ; décembre 2012 (001) : 14 p.
12. Adambounou K, Adigo AM, Agboblé YA, Atipoupou D, Kouvahe K, Sonhaye L, Tapsoba TL, Adjenou KV. Evaluation de la mise en œuvre des mesures de radioprotection des travailleurs exposés aux

- rayonnements ionisants en milieu médical au Togo. J. Rech. Sci. Univ. Lomé (Togo) 2017 ; 19 (2) : 489-97.
13. Rehel JL. Obligations du radiologue pour la radioprotection des travailleurs. J. Radiol 2010 ; 91 :1212-9.
  14. Agence Internationale de l'Energie Atomique. Directory of RAdiotherapy Centres (DIRAC) : Répertoire mondial des centres de radiothérapie. Publié le 28 septembre 2016, URL : <https://dirac.iaea.org/> consulté le 20 novembre 2018.
  15. Amoussou-Guenou KM, Fachinan OH, Gbénou S et al. Place de la scintigraphie et de la radiothérapie dans les évacuations sanitaires hors du Bénin de 2006 à 2010. Médecine Nucléaire 2013 ;37 :507-10.
  16. Kouassi YM, Wognin SB, N'gbesso R, Yeboue-Kouamen R, Tchicaya AF, Alla D, Bonny JS. Étude de l'observance des règles de radioprotection en milieu hospitalier à Abidjan. Arch Mal Prof Env 2005 ; 66 : 369-374.
  17. Soglo RT, Amoussou-Guenou KM, Sosu E et al. Évaluation de l'exposition des travailleurs du service de radioi-mmuonoanalyse du Bénin aux rayonnements ionisants de l'iode 125. Médecine Nucléaire 2013 ; 37 (10-11) :503-6.