

Estimation en vue d'optimisation de la dose d'irradiation en radiographie standard du thorax et de l'abdomen dans quatre hôpitaux de Yaoundé

Odette Ngano SAMBA^{1,2,3*}, Clémence Raïssa SIMO TCHATCHOUANG¹, Emmanuel FONGANG^{2,3}, Roméo TALLA FOGANG², Anicet BOUNA TEMGOUA³, Thérèse AZOUMBOU⁴ et Jean YOMI^{2,3}

¹ *Laboratoire de Structures Mésoscopiques et Multicouches, Département de Physique, Faculté des sciences, Université de Dschang, BP 69 Dschang, Cameroun*

² *Faculté de Médecine et des Sciences Biomédicales de l'Université de Yaoundé I, Cameroun*

³ *Service de Radiologie et d'Imagerie Médicale, Hôpital Général de Yaoundé, Cameroun*

⁴ *Service de Radiologie, Hôpital Jamot de Yaoundé, Cameroun*

* Correspondance, courriel : nosambacm@yahoo.fr

Résumé

La fréquence des examens de radiographie du thorax et de l'abdomen va grandissant dans les pays en voie de développement. Optimiser la dose d'irradiation délivrée, devient alors un impératif. L'objectif de cette étude, réalisée dans 4 hôpitaux, est l'évaluation des paramètres et des doses d'irradiation reçues par les patients en vue d'apporter des propositions à leurs optimisations. La dose à la surface d'entrée (DSE) est calculée à l'aide des paramètres radiologiques du patient (moyenne d'âge des patients estimée à 41 ± 2 ans), appliqués au modèle mathématique semi-empirique. 647 incidences du Thorax Postérieur-Antérieur (Thorax-PA) 76 %, du Thorax de profil (Thorax-P) 18% et de l'abdomen 6 % sont analysées. La filtration en millimètre d'Aluminium (mm Al) de 2 hôpitaux est inférieure aux recommandations ($\geq 2,5$ mm Al) de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA). Un hôpital présente la DSE acceptable selon les recommandations ($\leq 0,3$ mGy) de la Commission Européenne (CE) pour le Thorax-PA avec 0,30 mGy, tandis que 3 hôpitaux répondent aux recommandations ($\leq 0,4$ mGy) de l'AIEA. La DSE global est estimé à 0,38 mGy, 1,22 mGy et 12,66 mGy respectivement pour les incidences Thorax-PA, Thorax-P et Abdomen. Les DSE du Thorax-P de tous les hôpitaux répondent aux recommandations internationales tandis qu'on observe le contraire pour les DSE de l'abdomen. Disposer d'une filtration élevée, calibrer le système de traitement d'image, standardiser les protocoles d'irradiation, poursuivre les formations continues et inclure la physique médicale permettent de réduire la dose aux patients.

Mots-clés : *radiographie standard, thorax, abdomen, dose délivrée, patients, Yaoundé.*

Abstract

Chest and abdomen radiation dose assessment for optimization in common radiography of four hospitals in Yaoundé

The frequency of the chest and abdominal X-ray radiography is growing in developing countries. Optimizing the delivered radiation dose becomes then an imperative. The aim of this study, conducted in 4 hospitals, is the evaluation radiations parameters and doses received by patients in order to make proposals to their

optimizations. The Entrance Surface Dose (ESD) is calculated using the patient's radiological parameters (average age of patients estimated to 41 ± 2 years), applied to the semi-empirical mathematical model. 647 projections of Thorax Posterior-Anterior (Thorax-PA) 76 % of Thorax Lateral (Thorax-LAT) 18 % and 6 % of Abdomen are analyzed. The millimeter Aluminum filtration (mm Al) of 2 hospitals is lower than recommended (≥ 2.5 mm Al) by the International Atomic Energy Agency (IAEA). One hospital has the acceptable ESD as recommended (≤ 0.3 mGy) by the European Commission (EC) for Thorax-PA with 0.30 mGy while three hospitals meet the recommendations (≤ 0.4 mGy) of IAEA. The global ESD is estimated at 0.38 mGy, 1.22 mGy and 12.66 mGy respectively for Thorax-PA, Thorax-LAT and Abdomen. The Thorax-LAT ESD of all hospitals meets international recommendations while the opposite tendency for abdomen ESD was observed. Have a high filtration, calibrate the image processing system, standardize radiation protocols, pursue continuing education and include medical physics reduce the dose to patients.

Keywords : *common radiography, chest, abdomen, delivered doses, patients, Yaoundé.*

1. Introduction

L'application médicale des radiations ionisantes contribue majoritairement à l'irradiation des populations. En fait, une étude Européenne, qui représente bien la fréquence des examens radiologique effectuée par la population, montre que 76,8 % à 97 % des examens radiologiques sont ceux de la radiographie standard [1]. L'utilisation des rayonnements ionisants pour le diagnostic est indispensable, cependant il expose les patients aux risques radiques. C'est pourquoi l'évaluation de la dose d'irradiation délivrée aux patients est devenue impérative et sujet d'optimisation. Pour permettre d'atteindre cette optimisation, la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) a introduit, en 1996 dans sa publication 73, le concept de Niveau de Référence Diagnostique (NRD) [2]. Les NRDs offrent une relation directe avec la dose au patient et sont déterminés à partir d'études dosimétriques effectuées dans les conditions bien définies. Dans le cas de la radiologie conventionnelle, la grandeur dosimétrique utilisée est, entre autres, la dose à la surface d'entrée du patient. Le NRD représente alors le 3^{ième} quartile de toutes les doses à la surface d'entrée (DSE). Une valeur de dose spéciale au type de population étudiée, fixant une limite raisonnable, qui ne doit être dépassé que dans les cas de justifications particulières. Tout autre dépassement doit provoquer une mobilisation en vue d'optimiser les examens. L'optimisation incluant entre autres l'état des équipements, le suivie des critères de qualité proposées par les organismes internationales, les protocoles et procédures, la qualification du personnel et leur niveau de formation en radioprotection, le nombre de personnel par au nombre d'unités radiologique, etc. [3]. La recherche littéraire montre qu'au Cameroun, le NRD n'a pas encore été établi pour quelques examens radiologiques que ce soit. Les études de [4, 5] se sont axées sur la scannographie, tandis qu'une étude précédente en radiologie standard ne s'occupait que du squelette axiale [6]. Cette étude se propose d'évaluer la dose délivrée aux patients dans 4 formations hospitalières, pour repérer les insuffisances et donner des propositions pour une optimisation de la dose délivrée en radiologie standard du Thorax Postérieur-Antérieur (Thorax-PA), du Thorax de Profil (Thorax-P) et de l'abdomen sans préparation (Abdomen) au Cameroun.

2. Matériel et méthodes

L'étude a été menée dans 04 formations sanitaires très fréquentées à caractères publique (HOP1), parapublique (HOP2) et privés (HOP3 et HOP4). Elles devaient avoir réalisé au moins un contrôle effectif de la qualité des équipements radiographiques et disposé du dit rapport. Deux des formations sanitaires

(HOP3 et HOP4) disposaient des équipements radiologiques assistés par l'ordinateur (CR) avec écran radioluminescent à mémoire, tandis que les deux autres disposaient des équipements radiologiques analogiques (AR) avec le couple écran film conventionnel comme récepteur d'image (**Tableau 1**). La filtration totale des tubes à rayons X variait entre 1,9 et 2,5 mm Al, et le rendement des tubes entre 52,09 et 66,51 µGy / mAs.

Tableau 1 : Caractéristiques techniques des équipements de radiologie par formation sanitaire

Équipement Radiologie de	HOP1	HOP2	HOP3	HOP4
Marque	GE	TOSHIBA	SCHIMADZU	SCHIMADZU
Modèle	E740FX	E7240FX	1/ 2P13DK-85	1.2U16CS-31
N° de série	1K580	5M348	83702	Cm6958c17017532-24315
Date de fabrication	Octobre 2001	Janvier 2006	Août 2008	Juillet 2011
Date d'installation	2001	2006	Mai 2009	Janvier 2012
Filtre inherent (mm Al)	1,5	1,3	1,5	1,5
Filtre additive (mm Al)	0,7	0,6	1	1
Filtration totale (mm Al)	2,3	1,9	2,5	2,5
Rendement du tube (µGy / mAs)	58,37	66,51	52,09	57,47
Récepteur de l'image	Couple Écran-Film (sensibilité Bleue)	Couple Écran-Film (sensibilité Bleue)	Écran Radio Luminescent à Mémoire	Écran Radio Luminescent à Mémoire

Le contrôle de qualité des appareils radiologiques des hôpitaux et la détermination du rendement de chaque tube radiologique a été effectué à l'aide de l'instrument de contrôle de qualité 'Diavolt universal all-in-one QC Meter', L981810 calibré de l'Agence Nationale de Radioprotection Camerounaise (ANRP). Les résultats du contrôle de qualité montrant la conformité à la précision de la tension des tubes avec la plus grande déviation autour de 7 %, acceptable selon la Commission Européenne [3]. Deux incidences du thorax (Thorax-PA et Thorax-P) et une incidence de l'abdomen sans préparation Antéro-Postérieure (Abdomen) sont incluses dans cette étude. Les données ont été collectées pour les patients d'âge ≥ 15 ans. Pour chaque incidence radiologique, l'âge, le poids, le kilovoltage (kV), la charge (mAs) et la distance foyer-film (DFF) étaient relevés. L'épaisseur de la région à examiner était mesurée et la distance foyer peau (DFP) calculée par soustraction de cette épaisseur de la DFF. La dose à la surface d'entrée pour chaque type d'examen est calculée selon la formule de [7]. Ces derniers avaient trouvé une conformité entre les doses obtenues par la **Formule 1** et les dosimètres thermoluminescents de ± 20 %.

$$DSE = Otp * \left(\frac{kV}{80}\right)^2 * mAs * \left(\frac{100}{DFP}\right)^2 * FRD \tag{1}$$

Otp étant le rendement du tube en mGy / mAs calculé à 80 kV, à une distance de 100 cm. Le facteur de retro diffusion (FRD) de 1,35 a été adopté pour toutes les incidences en conformité avec les données de la littérature [3]. Dans son rapport 109, La Commission Européenne recommande le 3^{ème} quartile de dose comme

niveau de référence [8]. Les variables quantitatives étaient exprimées en effectif ou pourcentage d'effectif, minimum (Min), médiane (Med), moyenne (Moy), maximum (Max), 1^{er} quartile (1^{er} Qrt) et 3^{ième} quartile (3^{ième} Qrt). Toutes les dispositions ont été prises pour préserver l'éthique médicale.

3. Résultats

La distribution de la DSE des 04 formations hospitalières se résume dans le **Tableau 2**. La DES moyenne du Thorax PA, de profil et de l'Abdomen sont respectivement de 0,33 mGy, 0,77 mGy et 8,68 mGy. Il faut noter la valeur du rapport maximum sur minimum de la DES, qui va de 7,00 pour le Thorax-PA à 19,88 pour l'Abdomen.

Tableau 2 : Types d'examens et DSE dans les 04 formations hospitalières

Type d'examen	DSE (mGy)								
	Min	Max	Med	1 ^{er} Qrt	3 ^{ième} Qrt	Moy	Max / Min (Patients)	3 ^{ième} / 1 ^{er} Qrt	Ecart - type
Thorax_ PA	0,11	0,77	0,31	0,26	0,38	0,33	7,00	1,46	0,09
Thorax_ P	0,24	2,64	0,47	0,36	1,22	0,77	11,00	3,39	0,56
Abdomen	1,22	24,25	6,27	2,59	12,66	8,68	19,88	4,89	7,43

Ces résultats de la DSE ont été réalisés sur 647 radiographies donc la répartition par type d'examen et par hôpital est donnée dans le **Tableau 3**.

Tableau 3 : La répartition du nombre d'incidence par type d'examen et par structure sanitaire

Type d'examen	Nombre d'incidence				Total
	HOP1	HOP2	HOP3	HOP4	
Thorax PA	121	100	157	113	491
Thorax P	63	2	23	30	118
Abdomen	0	11	08	19	38
Total	184	113	188	162	647

En s'intéressant particulièrement à l'examen du Thorax de face qui représente 78 % des incidences de notre étude (**Figure 1**), il est à constater que 03 des 04 formations hospitalières ont des résultats de DES (0,30 mGy et 0,32 mGy et 0,39) se situant en dessous de celle (0,4 mGy) recommandées par l'AIEA [9] et une seule formation hospitalière (HOP1) pour celle (0,3 mGy) recommandées par la CE [3]. La **Figure 2** donne une comparaison de la DSE entre les différentes formations hospitalières et celles de l'AIEA et de la CE.

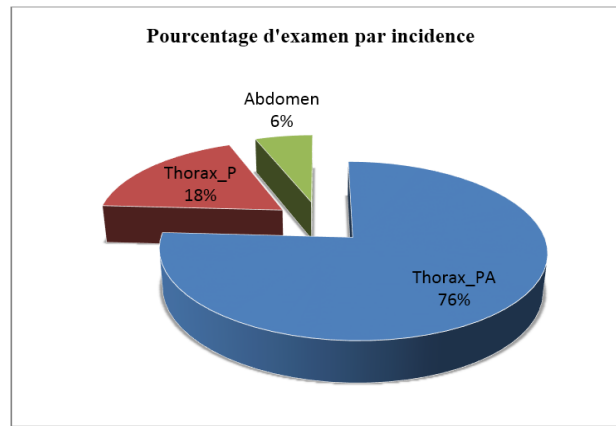


Figure 1 : La répartition en pourcentage d'incidence par type d'examen

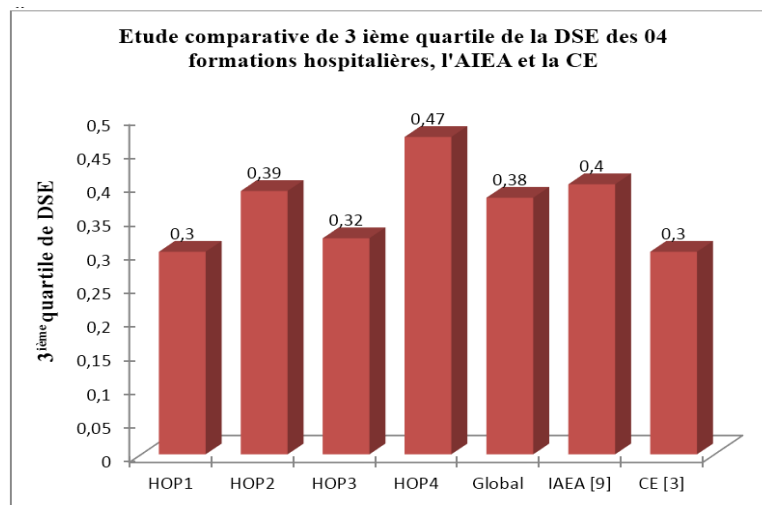


Figure 2 : Etude comparative du 3^{ème} quartile de dose délivrée aux patients pour la radiographie du thorax Postéro-anterieur entre les différentes formations sanitaires et les résultats de l'AIEA [9] et la CE [3]

Pour comprendre la variation de DSE entre les différentes formations sanitaires et la différence de dose délivrée entre les patients pour les mêmes incidences, nous nous sommes intéressés entre autres, aux paramètres cliniques et radiologiques des patients (*Tableau 4*) ayant participé à cette étude ainsi qu'aux conditions techniques et les procédures de traitements de l'image.

Tableau 4 : Paramètres cliniques et radiologiques des patients par incidence avec la valeur moyenne (minimum et maximum entre parenthèse)

Type d'examen	Âge (années)	Poids (kg)	Taille (cm)	kV	mAs	DFF (cm)	Epaisseur (cm)	DFP (cm)
Thorax _ PA	39,85 (15 - 86)	71,93 (40 - 120)	168,37 (132 - 192)	106,88 (100 - 130)	5,11 (1,6 - 12,50)	167,19 (125 - 200)	20,29 (13 - 36)	146,84 (106 - 183)
Thorax _ P	40,33 (16 - 82)	71,24 (40 - 114)	169,81 (150 - 192)	105,16 (100 - 130)	9,07 (5 - 20)	169,02 (130 - 200)	33,99 (22 - 47)	135,38 (110 - 170)
Abdomen	43,45 (21 - 80)	76,14 (56 - 94)	166,37 (150 - 182)	73,21 (60 - 80)	93,73 (20 - 200)	109,73 (100 - 180)	24,40 (18 - 38)	85,81 (62 - 152)

La moyenne et la plage de valeurs du kilovoltage sont de 73,21 (60 - 80) kV et 106, 88 (100 - 130) kV pour les examens de l'Abdomen et du Thorax PA respectivement. En outre, la moyenne et la gamme de la charge pour ces deux types d'examen sont de 93,73 (20 - 200) mAs pour l'Abdomen et de 5,11 (1,6 - 12,5) mAs pour le Thorax PA. Le **Tableau 5** donne la comparaison du DSE de notre étude avec celles des études internationales similaires.

Tableau 5 : Comparaison du 3^{ème} quartile de dose d'irradiation (en mGy) de cette étude à ceux des littératures

Type d'examen	Q ₃ (cette étude) 2016	AIEA 1996 [9]	CIPR 2001 [21]	Royaume Uni 2009 [22]	Italie 2005 [19]	Nigeria 2012 [17]	Malaisie 2013 [20]	Egypte 2014 [23]	Iran 2015 [18]
Thorax-PA	0,38	0,4	0,1 - 0,4	0,15	0,3	1,47	0,09	0,19 - 0,6	0,56
Thorax-P	1,22	-	1,5	0,6	-	2,49	1,8	-	1,76
Abdomen	12,66	10	4,3 - 10	4	3,7	29,99	7,4	2,24 - 3,84	5,58

- donnée indisponible

Pour le même type d'examen, le 3^{ème} quartile de la dose d'irradiation varie en fonction des pays, celui de cette étude étant tantôt supérieur tantôt inférieur aux données de la littérature.

4. Discussion

Le **Tableau 2** montre que les DSE du Thorax- PA (0,38 mGy) et du Thorax-P (1,22mGy) de cette étude, sont inférieure à aux DSE proposées par l'AIEA (0,4 mGy et 1,5 mGy respectivement) alors que la DSE obtenue pour l'Abdomen (12,66 mGy) est supérieure à celle de l'AIEA (10 mGy) [9]. Les résultats montrent qu'en dépit de la différence de technologie (appareils de radiologie analogiques (AR) et assistés par l'ordinateur (CR) qui existe entre les équipements de radiologie dans les différents hôpitaux, les doses d'irradiations sont comparables. Les variations de la DSE sont observées pour un même type d'examen dans différents hôpitaux. La plus grande variation en DSE est de l'examen de l'Abdomen avec un écart type de 7,43 contre une valeur de 0,09 pour le Thorax PA. Ce type de variation a déjà été observé dans certaines études antérieures [17, 18] qui présentent les variations de la DSE même dans différentes salles d'un service de radiologie. Dans cette étude, cette variation s'explique entre autres par la performance des équipements, les techniques radiologiques utilisées et le système de traitement de l'image. Les hôpitaux HOP1 et HOP2 possèdent des ARs avec une filtration totale de 2,3 mm Al et 1,9 mm Al respectivement tandis que HOP3 et HOP4 disposent des CRs de filtration totale 2,5 mm Al (**Tableau 1**).

Aucun des hôpitaux ne possède une filtration $\geq 3,0$ mm Al requise pour la réalisation du type d'examen du Thorax selon la recommandation de la CE [3], alors que 2 des 4 hôpitaux ont le minimum de filtration : $\geq 2,5$ mm Al recommandé par l'AIEA [9]. Selon la CE dans son livre Radioprotection 162 [19], HOP1 et HOP2 ont des équipements ne disposant pas de tous les critères d'acceptabilité pour l'utilisation diagnostique pour la même raison d'insuffisance de filtration. Ce critère doit être inclus dans nos priorités lors de l'achat des équipements. Une faible filtration est suivie d'une augmentation automatique et inutile de la dose au patient. Avec les machines plus performant disposant une filtration $\geq 3,5$ mm Al, il est possible pour l'examen de Thorax de monter jusqu'à 120 kV - 130 kV et de produire des images de bonne qualité diagnostique [20] avec moins de charge, donc de dose délivrée aux patients en utilisant le Contrôle Automatique de l'Exposition (AEC), une DFF de 180 cm et un système de traitement de l'image adéquat. Selon F.E. Stieve, une radiographie thoracique optimale, répondant à la demande d'une image harmonique doit être effectuée au kilovoltage entre 90 et 150 kVp afin de rendre l'os plus translucide, le contraste entre l'os et les tissus mous du poumon

étant réduite [21]. La limitation du kilovoltage autour de 100 kV permettait à nos équipements de réaliser des radiographies du thorax avec le contraste adéquat. Cependant, il est à noter que choisir la technique de haut kilovoltage augmente la pénétration du faisceau et permet l'utilisation d'un courant de tube inférieur, réduisant ainsi la dose. Ce qui n'a pas toujours été pris en compte lors de la réalisation de nos examens. La **Figure 2** montre qu'avec la technologie AR, l'HOP1 présente une DSE du Thorax PA de 0,30 mGy, inférieure à celles de L'HOP3 et l'HOP4 (0,32 mGy et 0,47 mGy respectivement) disposant des machines à technologie CR. En se référant aux paramètres radiologiques utilisés lors de ce type d'examen, tous les hôpitaux ont utilisés la technique de haut kilovoltage. La valeur élevée de la DSE à l'HOP2 (0,39 mGy) ne peut s'expliquer en dehors de la faible filtration, entre autres que par la DFF qui est courte (164 cm au lieu de 180 cm recommandé par la CE [3]), sachant que la dose au patient diminue avec l'augmentation maximum possible de la DFF lié à l'équipement. Le système de traitement d'image doit aussi être optimisé (en changeant le bain de façon optimale) pour éviter d'augmenter les mAs, de façon à réduire la dose. Il en est de même pour l'HOP4 (DFF = 150 cm) qui donne 46,9 % plus de dose aux patients par rapport à l'HOP3 pour le Thorax PA avec les équipements de même technologie (CR). Affecter de façon optimale la DFF selon le type d'examen est très important dans l'optimisation de la dose car il a été démontré dans la littérature qu'une relation directe existe entre une courte DFF, la diminution de la netteté géométrique de l'image et la dose plus élevée du patient [22]. Pour l'HOP3 (CR) et l'HOP4 (CR), une étude de l'algorithme de post traitement utilisé dans le système de traitement d'image et leur rajustement améliorera la qualité de l'image tout en minimisant la dose au patient [23]. Le poids moyen des patients (**Tableau 4**) ayant réalisés l'examen de l'abdomen est de 76,14 (56 - 94) kg, qui montre que la population de notre étude est semblable à celle du Soudan [17] avec 69,9 (60 - 80) kg et légèrement supérieure à celle de Malaisie [18] avec 60 (45 - 75) kg.

D'une part, la moyenne et la gamme de kilovoltage du même examen dans notre étude est de 73,21 (60 - 80) kV, similaire à celles du Soudan 71 (60 - 80) kV et légèrement inférieures à celles de Malaisie 77,4 (60 - 87). D'autre part, l'étude effectuée au Soudan a utilisé moins de charge 24,9 (12 - 40) mAs, tandis que celle de Malaisie a utilisé plus de charge 57 (13 - 100) mAs, ainsi que notre étude 93,73 (20 - 200) mAs pour des résultats de DES de 3,81 mGy pour le Soudan, 13,82 mGy pour la Malaisie et 12,66 mGy pour notre étude. Pour une DFF autour de 100 cm une filtration $\geq 2,5$ mm d'Al, diminuer la charge et la maintenir autour de (10 - 50) mAs pourrait diminuer la dose délivrée pour l'examen de l'abdomen sans préparation de plus de 50 %. Le rapport maximum sur minimum de la DSE (**Tableau 2**) entre patient atteint 19,88 pour l'examen de l'Abdomen tandis qu'il est de 11 pour l'examen du Thorax-P, l'examen du Thorax-PA présentant le plus petit rapport avec 7. Ces valeurs sont légèrement inférieures à celles obtenues dans les études similaires effectuées au Soudan (15 et 21 pour le Thorax-PA et l'Abdomen respectivement) [17]. Cependant pour l'examen de l'abdomen, ce rapport est supérieure à la valeur obtenue en Malaisie (14,7 pour Abdomen) [18], indiquant d'une part la non standardisation des protocoles d'irradiation dans les différents hôpitaux et d'autre part que la DSE de notre étude peut encore être réduite. Ceci à travers la sensibilisation des personnels de radiologie sur les risques radiques des irradiations, la participation active de la physique médicale en radiologie ainsi que l'institution des programmes de formation continue des personnels de radiologie. La comparaison réalisée dans le **Tableau 5** avec les résultats rapportés dans la littérature montre que nos résultats sont comparable, les DSE de cette étude étant tantôt inférieures à celles de la littérature [13, 16], tantôt supérieures à celles de la littérature [12, 14, 22].

5. Conclusion

Les paramètres d'expositions ont servis à estimer la DSE du thorax-PA, Thorax-P et Abdomen et ont été étudiés pour 2 équipements AR et 2 équipements CR. DSE du Thorax-P est inférieure à celle recommandée par

la CE, la DSE du Thorax-PA à celle recommandée par l'AIEA tandis que la DSE La de l'Abdomen à celle recommandée par l'AIEA. Les NRD Locales pour ces incidences ont été suggérés. Disposer d'une meilleure filtration pour les appareils AR et calibrer le système de traitement d'image pour les appareils CR, permettraient de réduire la charge et ainsi réduire la dose aux patients. La réduction de la DSE est encore possible en continuant la sensibilisation des professionnels de radiologie en matière de radioprotection, en standardisant les protocoles d'irradiation à travers les formations continues et séminaires, en introduisant les programmes d'assurance qualité dans les services de radiologie, incluant ainsi la physique médicale. Ces résultats sont à utiliser pour l'assurance qualité, les futures optimisations et donnent les informations utiles sur l'exposition des patients, utilisables pour la réalisation du NRD National.

Remerciements

Nous tenons à exprimer toute notre gratitude envers Pr. Luciano BERTOCCHI et Pr. Renato PADOVANI pour les discussions scientifiques fructueuses, l'Agence Nationale de Radioprotection du Cameroun pour les appareils de mesures et les Directeurs des hôpitaux pour avoir permis d'effectuer la récolte des données dans leurs institutions.

Références

- [1] - COMMISSION EUROPEENNE, « Medical Radiation Exposure of the European Population », *Radiation Protection*, N° 180, Part1 / 2, (2014) 40 - 46.
- [2] - COMMISSION INTERNATIONALE DE PROTECTION RADIOLOGIQUE, « Protection et Sûreté Radiologique en Médecine ». *Publication 73. Pergamon Press, Oxford, Grande-Bretagne*, (1996).
- [3] - COMMISSION EUROPEENNE, « European guidelines on quality criteria for diagnostic Radiographic images », EUR.16260EN. Luxembourg : *office for official publications of the European Communities*, (1996).
- [4] - P. ONGOLO-ZOGO, C. MPEKE MOKUBANGELE, B. MOIFO, J. F. GONSU, « Evaluation de la dose patient en scanographie pédiatrique dans deux hôpitaux universitaires à Yaoundé Cameroun ». *Radioprotection*, Vol. 47, N° 4, (2012) 533 - 542.
- [5] - G. E. GUEGANG, O. F. ZEH, B. MOIFO et al., « Evaluation des doses d'irradiation délivrées aux patients au cours de l'uroscanner réalisé pour le bilan de la lithiase des voies urinaires hautes ». *J Afr Imag Méd (6)*, 1 (2014) 31 - 37.
- [6] - O. N. SAMBA, R. TALLA FOGANG, A. DOUANLA BOGNING et al., « Évaluation de la dose d'irradiation délivrée aux patients lors de la radiographie standard du squelette axial ». *Afrique SCIENCE*, 11 (4) (2015) 87 - 94.
- [7] - M. DAVIES, H. McCALLUM, G. WHITE et al. « Patient dose audit in diagnostic radiography using custom designed software ». *Radiography*, 3 (1997) 17 - 25.
- [8] - COMMISSION EUROPEENNE, « Guidance on diagnostic Reference Levels (DRLs) for medical exposures », *Radiation Protection*, N° 109, Part1 / 2, (1999) 9 - 11.
- [9] - AGENCE INTERNATIONALE DE L'ENERGIE ATOMIQUE (AIEA), « International Basic Safety Standard for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources ». *Safety Series, No 115*. Vienna, Austria, (1996).
- [10] - I. I. SULIMAN, T. S. MOHAMMEDZEIN, « Estimation of adult patient doses for common diagnostic X-ray examinations in Wad-madani, Sudan : derivation of local diagnostic reference levels ». *Australas Phys Eng Sci Med*, 37 (2014) 425 - 429.

- [11] - K-H. NG, P. RASSIAH, H-B. WANG et al., "Dose to patients in routine X-ray examinations in Malaysia". *The British Journal of Radiology*, 71 (1998) 654 - 660.
- [12] - COMMISSION EUROPEENNE, "Criteria for Acceptability of Medical Radiological Equipment used in Diagnostic Radiology, Nuclear Medicine and Radiotherapy". *Radiation Protection*, N° 162, (2012) 23 - 32.
- [13] - L. DELRUE, R. GOSSELIN, B. ILSEN et al., « Difficulties in the Interpretations of Chest Radiography ». *Medical Radiology. Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, (2011) 27 - 49.
- [14] - F.-E. STIEVE, "Radiological requirements for the specification of image quality criteria". In Optimization of Image quality and Patient Exposure in Diagnostic Radiology. *BIR Report*, 20(1989) 221 - 238.
- [15] - M. M. RRHANI, "Diagnostic Imaging Quality Assurance". New Dehli, India. *Jaypee Brothers Medical Publ.* 95 (1995) 14 - 30.
- [16] - W. E. MUHOGORA, A. TRIANI, F. TOSO et al., « Comparison of image quality and patient dose for chest x-ray examinations on conventional and low cost computed radiography systems". *Radiography*, 18. (2012) 275 - 278.
- [17] - C. OLOWOOKERE, I. BABALOLA, M. OLAYIWOLA et al., "A Preliminary Radiation Dose Audit in some Nigerian Hospitals : Need for Determination of National Diagnostic Reference Levels (NDRLs)". *The Pacific Journal of Science and Technology*, Vol. 13. Nr., 1 (2012 May) 487 - 495.
- [18] - M. GHOLAMI, A. MAZIAR, H. R. KHOSRAVI et al., « Diagnostic reference levels (DRLs) for routine X-ray examinations in Lorestan province, Iran". *Int. J. Radiat. Res.*, Vol. 13 (1) (2015) 85 - 90.
- [19] - G. COMPAGNONE, L. PAGAN et C. BERGAMINI, "Local diagnostic reference lzvels in standard diagnostic X-ray examinations". *Radiat Prot dosim*, 113 (1) (2005) 54 - 63.
- [20] - RADIATION HEALTH AND SAFETY SECTION ENGINEERING SERVICES DIVISION MINISTRY OF HEALTH MALAYSIA, "Malaysian DRLS in Medical Imaging (Radiology)", (May 2013). Sur nahisham@moh.gov.my
- [21] - COMMISSION INTERNATIONALE DE PROTECTION RADIOLOGIQUE, « Diagnostic reference levels in medical imaging". *ICRP Committee 3, Draft*, (5 February 2001).
- [22] - D. HART, M. HILLIER, B. WALL, "National reference doses for common radiographic, fluoroscopic and dental X-ray examinations in the UK". *The British Journal of Radiology*, 82 (Jul 2009) 1 - 12.
- [23] - E. MASSOUD, H. M. DIAB, "Optimization of Dose to Patient in Diagnostic Radiology Using Monte Carlo Method". *J Cell SciTher*, 5 (1) (2014) 1 - 6.