



Article Original

Grandeurs Dosimétriques en Scanner Pédiatrique dans Deux Centres d'Imagerie Médicale de la Ville de Douala

Dosimetric values of pediatric CT in two medical imaging centers in the city of Douala

Samuel Mbozo'o Mvondo^{1,2*}, Yannick Onana¹, Aminou Mohamadou¹, Jérémie Mbo Amvene¹, Mathurin Neossi Guena², Ngaroua, Antoinette Ngo Dimbeg², Nko'o Amvene Michael Robert³, Samuel Nko'o Amvene³

¹Faculté de Médecine et des Sciences Biomédicales de Garoua, Université de Ngaoundéré

²Faculté des Sciences, Université de Ngaoundéré.

³Faculté de Médecine et des Sciences Biomédicales, Université de Yaoundé 1

*Auteur correspondant : Samuel Mbozo'o Mvondo

Departement de Radiologie et d'Imagerie Médicale

Faculté de Médecine et des Sciences Biomédicales de Garoua

Université de Ngaoundéré

BP : 317 Ngaoundere

Téléphone : +237 673 738 644 /

696 771 566

E-mail : a_promex@yahoo.fr

Mots clés : Scanner, Pédiatrie, Niveaux de Référence Diagnostiques (NRD), Dose d'irradiation.

Key words: Pediatrics, Diagnostic Reference Levels (DRL), Radiation dose.

RÉSUMÉ

Introduction. Les procédures de radio-diagnostic représentent plus de 97% de l'exposition aux rayonnements ionisants d'origine artificielle, dont la tomographie assistée par ordinateur (TDM) est l'une des principales sources. La population pédiatrique est plus radio-sensible aux rayonnements ionisants que celle des adultes. Le but de cette étude était de déterminer les doses d'irradiation délivrées aux enfants lors des différents scanners effectués la ville de Douala et de les comparer aux Niveaux de Référence Diagnostiques (NRD) pédiatriques internationaux. **Matériels et méthodes.** Il s'agissait d'une étude transversale et descriptive réalisées sur une période de cinq mois dans 2 centres à Douala. Les paramètres techniques (kV, mAs et pitch) ainsi que les valeurs théoriques de dose absorbée (CTDI_w et DLP) ont été déterminés pour la TDM chez des patients âgés de 0 à 15 ans. **Résultats.** Sur un total de 78 patients inclus, majoritairement de sexe masculin, la tension était supérieure à 120 kV dans 35,90% des cas, constituant un dépassement important des NRD selon les recommandations de la SFIPP et de l'IRSN. De même les IDSV et PDL contrastaient également avec les NRD, avec une différence pouvant aller jusqu'à 40 mGy pour les IDSV et 1127 mGy.cm pour les PDL. **Conclusion.** Les doses d'exposition délivrées aux enfants lors d'examen tomographiques sont au-dessus des NRD recommandés pour une certaine partie des examens. Des efforts de justification et d'optimisation des procédures radiologiques demeurent, par ailleurs, encore nécessaires pour réduire les doses délivrées en pédiatrie.

ABSTRACT

Introduction. Radiology procedures represent more than 97% of the ionizing radiation exposure of artificial origin, of which CT-scan practice is one of the main source. The pediatric population is more radio-sensitive to ionizing radiation than that of adults. The aim of this study was to determine the radiation doses delivered to children during the various CT examinations carried out in the city of Douala and to compare them with international pediatric diagnostic reference levels (DRLs). **Patients and Methods.** This was a cross-sectional and descriptive study carried out over a period of five months in 2 centers in Douala. The technical parameters (kV, mAs and pitch) as well as the theoretical absorbed dose values (CTDI_w and DLP) were determined for CT in patients aged 0 to 15 years. **Results.** Out of a total of 78 patients included, mostly male, the voltage was greater than 120 kV in 35.90% of cases, constituting a significant exceedance of the NRDs according to the recommendations of the SFIPP and IRSN. Similarly, IDSVs and PDLs also contrasted with NRDs, with a difference of up to 40 mGy for IDSVs and 1127 mGy.cm for PDLs. **Conclusion.** The exposure doses delivered to children during CT scans are above the recommended DRLs for some part of the scans. Efforts to justify and optimize radiological procedures are also still necessary to reduce the doses delivered to pediatrics.

INTRODUCTION

Les procédures de diagnostic en radiologie constituent la principale source médicale de rayonnements ionisants produits, avec près de 97 % de l'exposition artificielle [1]. Parmi ces méthodes, la tomographie assistée par ordinateur (TDM) est responsable de 43 à 58% de la dose totale collective

d'irradiation médicale [2], bien qu'elle ne représente qu'environ 10 % de la proportion de la totalité des examens en imagerie [1], et plus précisément chez les enfants varie entre 6 % et 11 %, aux états-unis [3]. Les indications les plus courantes d'un examen TDM chez l'enfant sont habituellement les bilans de traumatismes et la suspicion d'une pathologie tumorale [4]. Ainsi, il

s'agit d'une technique demeurant très irradiante, paradoxalement aux avancées technologiques dans le domaine, et donc le recours impose de s'entourer de plusieurs précautions, telles qu'énoncées par le principe d'ALARA (As Low As Reasonably Achievable). Ce principe est appelé à céder le pas progressivement à un meilleur compromis bénéfice/risque tel que stipulé par le modèle AHARA (As High As Reasonably Achievable)[5], afin de limiter les effets déterministes et stochastiques, liés aux rayonnements ionisants [6]. De manière générale, les enfants sont plus radiosensibles que les adultes en raison de leur croissance et de leur expérience de vie plus longue [2], notamment aux risques stochastiques restant théoriques à ce niveau de dose délivrée habituellement en radio-diagnostic [7]. Toutefois, certaines études réalisées aux États-Unis ont permis de mettre en évidence une augmentation de 0,35% du risque de décès à l'âge adulte, de suite d'un cancer radio-induit, consécutif à des scanner effectués durant la petite enfance [8]. Au Cameroun, malgré le développement du parc scanographique, et des activités de sensibilisation de l'Agence Nationale de Radioprotection (ANRP), il persiste une absence de conformité aux niveaux de référence diagnostique (NRD), et une variabilité relative des protocoles d'examen, selon les différents services [9]. L'objectif général de ce travail était d'évaluer les doses d'exposition délivrées aux les enfants lors des examens TDM à l'Hôpital Gynéco-Obstétrique et Pédiatrique de Douala (HGOPED) et au Centre d'Imagerie et de Diagnostic Médical St Joseph (CIDM St Joseph), plus spécifiquement de déterminer les profils de doses délivrées aux patients, et de comparer les profils de doses relevées aux Niveaux de Référence Diagnostique (NRD) internationaux.

MATERIEL ET METHODES

Type et population d'étude

Il s'agissait d'une étude transversale et descriptive allant d'août 2019 à décembre 2019 soit une période de 05 mois, effectuée dans les services de radiologie et d'imagerie médicale de l'Hôpital Gynéco-Obstétrique et Pédiatrique de Douala (HGOPED), et du Centre d'Imagerie Médicale et Diagnostic Saint Joseph de Bonamoussadi (CIDM St Joseph).

Les acquisitions étaient réalisées sur deux appareils de 16 barrettes: un scanner de marque Hitachi, et de marque General Electrics, dotés de protocoles pour enfants, et offrant la possibilité de modifier le pitch, la tension et la charge.

Étaient inclus dans notre étude tous les enfants âgés de 0 à 15 ans venus au service d'imagerie médicale pour un examen scanographique dont les parents ont consenti à participer à l'étude.

Étaient exclus de notre étude les enfants dont les données étaient manquantes telles que le poids et les paramètres techniques.

Recueil des données

L'échantillonnage a été non probabiliste, et de type consécutif. Les patients ont été sélectionnés au fur et à mesure de leur arrivée dans les centres d'imagerie

médicale. Dès la réception d'une demande de scanner, et jusqu'à la réalisation de l'examen, les données extraites ont été collectées à l'aide d'un questionnaire préalablement conçu, par un manipulateur de radiologie. Il s'agissait des données démographiques-anthropométriques, cliniques et tomodynamométriques.

Les critères démographiques- anthropométriques étaient l'âge, le sexe, et le poids (kg).

Les renseignements cliniques étaient les motifs de consultation, et les indications d'examen.

Les paramètres techniques étaient la tension du tube (kV), la charge (mAs) et le pitch. Ils étaient entrés en machine par un manipulateur de radiologie sous la supervision du radiologue. L'examen était réalisé, les grandeurs dosimétriques étaient calculées à la fin de l'examen : le Produit dose-longueur (PDL), et l'indice de dose scanographique au volume IDSV, en anglais CTDI (*Computed Tomography Dose Index*) [10] :

- Produit dose-longueur en mGy.cm. Il était défini par : $PDL = IDSP_{vol} \times L$ pour une acquisition, où L était la longueur explorée. Dans le cas d'acquisitions hélicoïdales (T largeur de coupe, A nombre de mA, t temps d'acquisition en s) :

$$PDL = (IDSP_n) \times T \times A \times t.$$

- Indice de Dose de Scanographie (IDS). Il s'agissait du CTDI (*Computed Tomography Dose Index*), il s'exprime en mGy. En théorie : L'Indice de Dose de Scanographie était égal à l'intégrale du profil de dose (D(z)), pour une coupe unique, calculée le long de l'axe (z), représentant l'axe de rotation du scanner, divisée par l'épaisseur de coupe nominale T.

$$IDS = \frac{CTDI}{T} \int_{-\infty}^{+\infty} D(z) dz$$

Analyse des données

Le logiciel d'enquête et d'analyse des données Sphinx plus² V5 a été utile dans chacune des quatre grandes étapes de réalisation de cette enquête (en dehors de la phase de collecte) : la réalisation du questionnaire, la saisie des réponses, le traitement des données statistiques.

Considérations éthiques

Cette étude a reçu l'accord du comité d'éthique et déontologique de l'administration de HGOPED. Le consentement éclairé a été obtenu auprès des autorités légales des enfants et les autorisations de mener ces recherches ont été obtenues auprès des administrations des formations hospitalières.

RESULTATS

Données démographiques et anthropométriques

104 patients sur les 1 117 patients ayant effectués un scanner dans nos 2 centres, étaient tout au plus âgés de 15 ans, soit 9,13% des TDM durant la période de notre étude. 26 patients ont été exclus pour données manquantes, et 78 patients ont été définitivement inclus, dont 43 à HGOPED, et 35 au CIDM St Joseph. Le sexe masculin était prédominant avec un effectif de 46 patients (58,97%), soit un sex ratio de 1,43. Les patients

ayant un poids compris entre 24 et 31 kg étaient majoritaires, avec 19 sur 78 patients, soit 24,40%. La moyenne d'âge était de 6,5 ans, et la tranche d'âge la plus représentée était les 1-5 ans, avec 28 sur 78 patients soit 35,89%.

Données cliniques

Les différentes indications étaient principalement dominées par le traumatisme crânien (30 sur 78 patients soit 39 %), suivi de bilan de microcéphalie (10 sur 78 patients soit 14%), et de bilan de convulsion (6 sur 78 patients soit 8%). Le scanner cérébral était l'examen demandé, chez 66 sur 78 patients soit 84,60%, suivi du scanner abdomino-pelvien chez 7 patients (9%).

Paramètres techniques et données dosimétriques des examens

Dans nos 2 centres de recrutement, les paramètres techniques les plus utilisés lors des examens chez nos 78 patients étaient une tension variant entre 80 et 99 kv chez 30 patients (38,5%) tel que représenté par la figure 1, une charge comprise entre 150-199 mAs chez 20 patients (26,90%) comme illustré par la figure 2, et un pitch de 2 chez 43 patients (56,4%) représenté par la figure 3. Quant aux données dosimétriques les plus fréquentes, il s'agissait des IDSV en dessous de 100 mGy (87,20 %, n = 68) comme le démontre la figure 4, et des PDL compris entre 400 et 799 mGy (30,80, n = 24) illustrés par la figure 5.

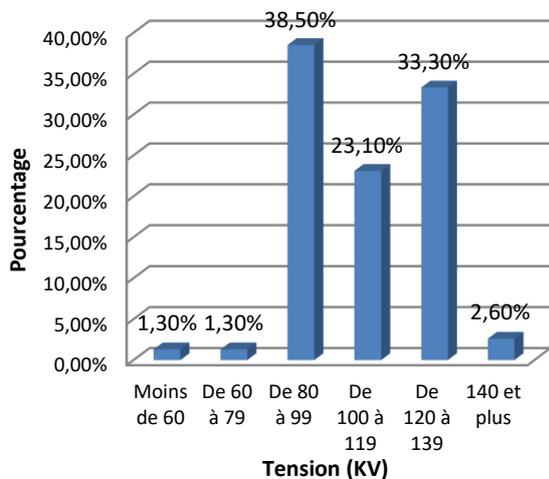


Figure 1 : Répartition des tensions relevées lors des scanners

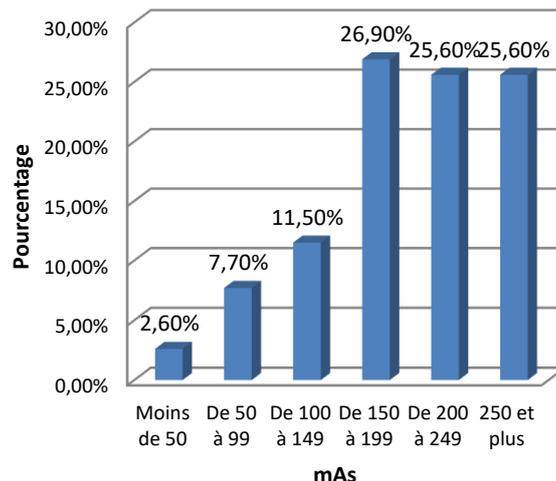


Figure 2 : Répartition des intensités relevées lors des différents scanners.

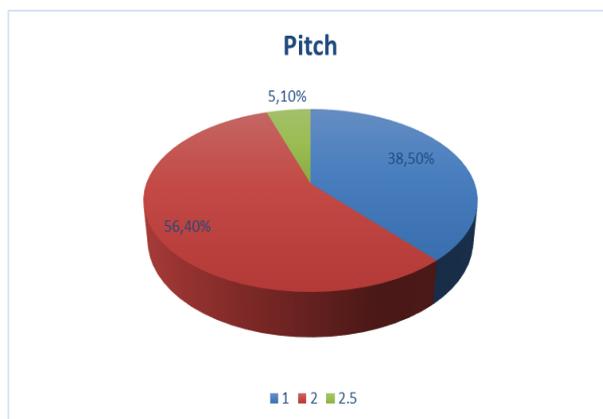


Figure 3 : Pourcentage des valeurs du pitch

Répartition des examens en fonction des KV et mAs.

Les moyennes des kilovoltages et des charges électriques de notre population totale étaient respectivement de 84,8 kV et 110,7 mAs pour les scanners cérébraux, de 90 kV et 112,5 mAs pour les scanners abdomino-pelviens, et de 87,5 kV et 87,5 mAs pour les scanners thoraciques (tableau I).

Tableau I : Paramètres techniques et grandeurs dosimétriques au cours des scanners en fonction de l'âge

| Paramètres et Grandeurs dosimétriques | Tranches d'âge (années) | | | | Moyennes |
|---------------------------------------|-------------------------|-------|--------|---------|----------|
| | [0-1[| [1-5[| [5-10[| [10-15[| |
| SCANNER CÉRÉBRAL | | | | | |
| Kilovoltage (KV) | 93,33 | / | 61 | 100 | 84,8 |
| Charge électrique (mAs) | 84 | / | 98 | 150 | 110,7 |
| IDSV (mGy) | 19,3 | / | 25,5 | 11,5 | 18,8 |
| PDL (mGy.cm) | 88,5 | / | 860,5 | 908 | 619 |
| SCANNER THORACIQUE | | | | | |
| Kilovoltage (KV) | / | 100 | / | 75 | 87,5 |
| Charge électrique (mAs) | / | 100 | / | 75 | 87,5 |
| IDSV (mGy) | / | 36 | / | 3 | 19,5 |
| PDL (mGy.cm) | / | 63 | / | 83 | 73 |
| SCANNER ABDOMINO-PELVIEN | | | | | |
| Kilovoltage (KV) | / | 80 | / | 100 | 90 |
| Charge électrique (mAs) | / | 150 | / | 75 | 112,5 |
| IDSV (mGy) | / | 81 | / | 3 | 42 |
| PDL (mGy.cm) | / | 353 | / | 3 | 178 |

Répartition des 75e percentile des indicateurs de doses (IDSV et DLP)

Le tableau IV regroupe la répartition des 75e percentile des indicateurs de doses (IDSV et DLP) en fonction de l'âge et du type d'examen. Concernant les 75èmes percentiles des IDSV, ils variaient entre 3 et 47 mGy, et étaient plus élevés au cours des scanners abdomino-pelviens réalisés chez les patients de 5 à 10 ans. Quant aux 75èmes percentiles des DLP, ils étaient compris entre 353 à 1726 mGy.cm, principalement lors de scanners cérébraux des patients âgés entre 10 et 15 ans. (tableau II)

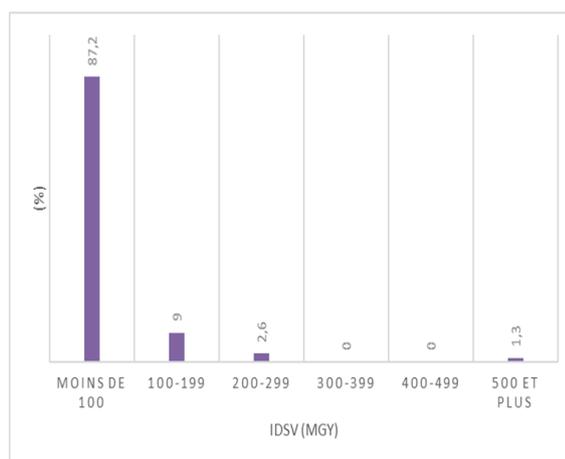


Figure 4 : Répartition des IDSV

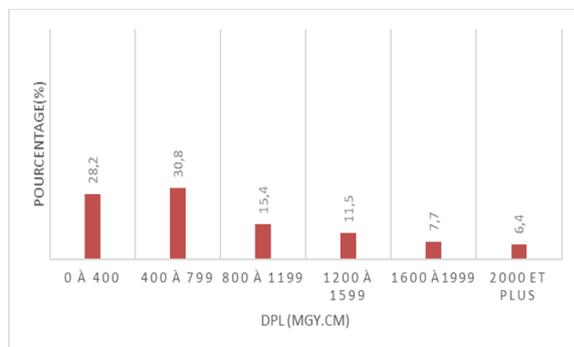


Figure 5 : Répartition des DLP

Tableau II : Répartition des 75e percentile d'IDSV en fonction de l'examen et de l'âge.

| Type d'examen | Age | IDSV (mGy) | PDL (mGy.cm) |
|------------------|---------|------------|--------------|
| Abdomino-Pelvien | [0-1[| 29 | 104 |
| | [5-10[| 47 | 1567 |
| | [10-15[| 20 | 1302 |
| Cérébral | [0-1[| 27 | 731 |
| | [1-5[| 52 | 755 |
| | [5-10[| 54 | 1344 |
| | [10-15[| 83 | 1726 |
| Rachis | [10-15[| 35 | 479 |
| Lombaire | [5-10[| 30 | 353 |
| TAP | [10-15[| 3 | 479 |
| | [5-10[| 30 | 645 |
| Thoracique | [10-15[| 3 | 914 |

DISCUSSION

Cette étude qui est une de premières en radio-pédiatrie dans la ville de Douala, a permis de rappeler la place importante qu'occupe la radioprotection, dans le justification et l'optimisation des examens tomodensitométriques chez les enfants. Il s'agit d'une technique d'imagerie en constante expansion notre milieu, et même dans les pays plus développés [11]. Il demeure important de préciser que les travaux portant sur les doses administrées doivent être effectués régulièrement afin de les comparer aux NRD [12], tel que le rappelait Ongolo et al, dans une récente étude initiale à Yaoundé [9].

Les scanners pédiatriques représentaient 9,31% de l'ensemble des TDM effectuées, ce qui diffère légèrement des 14 % que retrouvait Ongolo-Zogo et al, probablement en raison d'une fréquentation plus importante dans des établissements hospitaliers relativement plus anciens. Près de 36% de nos patients étaient âgés en 1 à 5 ans, correspondant à une tranche d'âge relativement radiosensible, tel que le stipule Neige et al, avec un risque de survenue de cancer, 7 fois supérieur pour des patients âgés de 1 an, par rapport à des enfants de 10 ans [13].

Les examens les plus demandés étaient les scanners cérébraux et abdomino-pelviens, similaires aux résultats de la littérature [14], rappelant ainsi l'estimation du risque de mortalité par cancer attribuables à l'exposition aux rayonnements d'un scanner chez un enfant de 1 an, étant respectivement de 0,18 % et de 0,07 % pour des TDM abdomino-pelviennes et cérébrales [8]. Chez nos patients également, comme dans la plupart des autres études radio-pédiatriques, les traumatismes crâniocéphaliques constituaient la grande majorité des indications [4]. Les autres indications telles que les bilans de microcéphalie et de convulsion, pouvaient être recherchés à l'aide d'autres examens tel que l'imagerie par résonance magnétique (IRM), comme le stipulait Ongolo et Al [9].

Concernant les paramètres techniques, il est important de souligner que dans 35,90% des cas, la tension était supérieure à 120 kV, constituant ainsi un dépassement important des NRD selon les recommandations de la SFIPP et de l'IRSN en France [15]. Quant aux données dosimétriques, les IDSV et surtout les PDL étaient supérieurs aux NRD pour beaucoup d'examen, et davantage dans la tranche d'âge des 1 à 5 ans. De même concernant les 75e percentiles de ces données, on retient que les PDL de la quasi-totalité des examens, contrastaient largement avec NRD [14]. Cette différence pouvant aller jusqu'à 40 mGy pour les IDSV et 1127 mGy.cm pour les PDL. Dans notre contexte, en pratique courante, ce dépassement des NRD pourrait être corrigé par une diminution des paramètres techniques, et une adoption réelle des protocoles pédiatriques dédiés dans les scanners récents, qui ne vont pas dégrader la qualité informative des images [9,10]. De plus, une meilleure sensibilisation des médecins prescripteurs, associée à une formation continue du personnel des services de

radiologies permet d'agir sur plusieurs facteurs, notamment comportementaux (prise en charge de l'enfant, accueil des parents), et organisationnels (coordination de l'équipe, variation des pratiques selon les manipulateurs, validation des indications, et les protocoles des médecins [11]). Toutefois, une évaluation des connaissances des patients concernant la radioprotection lors des examens radiologiques pourraient faire l'objet de travaux futurs, et contribuer à une plus large sensibilisation.

L'une des limites de notre étude est liée la mauvaise complétude de dossiers médicaux qui a limité le recrutement de quelques sujets en raison de la perte de données, réduisant ainsi la taille de la population d'étude. Par ailleurs, la relative jeune existence des 2 centres recrutements ouverts il y a moins de 5 ans, pourrait contribuer à la non observance des mesures et protocoles en général, et chez les enfants en particulier.

CONCLUSION

Les doses d'exposition délivrées aux enfants lors d'examens tomographiques sont au-dessus des NRD recommandés pour une certaine partie des examens. Des efforts de justification et d'optimisation des procédures radiologiques demeurent, par ailleurs, encore nécessaires pour réduire les doses délivrées en pédiatrie.

CONFLITS D'INTERET

Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêt.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Tous les auteurs ont contribué à la rédaction, lu et approuvé la version finale du manuscrit.

REMERCIEMENTS

Nous remercions tous les médecins radiologues ainsi que les techniciens des services de radiologie et d'imagerie médicale, qui ont contribué à la collecte des données analysées dans le cadre de cette étude.

REFERENCES

1. IRSN_Rapport_Exposition_Population_2006.pdf [Internet]. [cité 25 juill 2021]. Disponible sur: https://www.irsln.fr/FR/expertise/rapports_expertise/Documents/radioprotection/IRSN_Rapport_Exposition_Population_2006.pdf
2. Radiation Booklet [Internet]. [cité 25 juill 2021]. Disponible sur: <https://www.unscear.org/unscear/en/publications/booklet.html>
3. Brenner DJ, Hall EJ. Computed Tomography — An Increasing Source of Radiation Exposure. *New England Journal of Medicine*. 29 nov 2007;357(22):2277-84.
4. Merzenich H, Krille L, Hammer G, Kaiser M, Yamashita S, Zeeb H. Paediatric CT scan usage and referrals of children to computed tomography in Germany—a cross-sectional survey of medical practice and awareness of radiation related health risks among physicians. *BMC Health Services Research*. 25 févr 2012;12(1):47.
5. Thrall JH. Radiation Exposure in CT Scanning and Risk: Where Are We? *Radiology*. 1 août 2012;264(2):325-8.
6. MACSF.fr. Scanner et imagerie diagnostique : réduire l'irradiation [Internet]. MACSF.fr. [cité 30 juill 2021]. Disponible sur: <https://www.macsf.fr/responsabilite-professionnelle/Prevention-des-risques/reduire-irradiation-en-imagerie-diagnostique>
7. Couzon F, Gulyayeva Nsair L, Russel Robillard AS. Optimisation des doses en radio-pédiatrie lors des cystographies et TOGD. *Radioprotection*. avr 2018;53(2):123-31.
8. Brenner D, Elliston C, Hall E, Berdon W. Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT. *AJR Am J Roentgenol*. févr 2001;176(2):289-96.
9. Ongolo-Zogo P, Mokubangele CM, Moifo B, Fotsin JG. Évaluation de la dose patient en scanographie pédiatrique dans deux hôpitaux universitaires à Yaoundé Cameroun. *Radioprotection*. oct 2012;47(4):533-42.
10. Noël F, Nadon N, Association des physiciens et ingénieurs biomédicaux du Québec, Comité de radioprotection. Étude des doses en tomodensitométrie: rapport d'étude. Montréal: \$Association des physiciens et ingénieurs biomédicaux du Québec; 2009.
11. Buchanec R, Rocourt DN, Bouden H, Lasselin S, Moeneclaey L, Rebullida D, et al. Optimisation dosimétrique des scanners de l'enfant suivi dans notre CLCC. :34.
12. Bibbo G, Brown S, Linke R. Diagnostic reference levels of paediatric computed tomography examinations performed at a dedicated Australian paediatric hospital. *J Med Imaging Radiat Oncol*. août 2016;60(4):475-84.
13. Journy N. Analyse de la relation entre l'exposition aux rayonnements ionisants lors d'examens de scanographie et la survenue de pathologie tumorale, au sein de la cohorte « Enfant Scanner » [Internet] [These de doctorat]. Paris 11; 2014 [cité 1 août 2021]. Disponible sur: <https://www.theses.fr/2014PA11T065>
14. Noël F, Nadon N, Association des physiciens et ingénieurs biomédicaux du Québec, Comité de radioprotection. Étude des doses en tomodensitométrie: rapport d'étude. Montréal: \$Association des physiciens et ingénieurs biomédicaux du Québec; 2009.
15. Références Radioprotection – SFIPP [Internet]. [cité 1 août 2021]. Disponible sur: <https://sfip-radiopediatrie.org/groupe-radioprotection/references-radioprotection/>