

## **Revue Des Doses d'Exposition Et Des Methode d'Optimisation En Tomodensitometrie (TDM) De l'Enfant Au Togo**

***M. Tchaou***

***G.N. Gnakadja***

Service de Radiologie et Imagerie Médicale CHU de Lomé, Togo

***B. N'timon***

Service de Radiologie et Imagerie Médicale CHU KARA, Kara, Togo

***L. Sonhaye***

Service de Radiologie et Imagerie Médicale CHU de Lomé, Togo

***A. Amadou***

Service de Radiologie et Imagerie Médicale CHU KARA, Kara, Togo

***L.K. Agoda-Koussema***

***K. Adjenou***

***K. N'dakena***

Service de Radiologie et Imagerie Médicale CHU de Lomé, Togo

doi: 10.19044/esj.2016.v12n6p56 [URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2016.v12n6p56](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2016.v12n6p56)

---

### **Abstract**

**Objectives:** To assess the justification of indications of CT scans and the exposure doses of children during CT scans.

**Methods:** Prospective study of 104 CT-scans of children collected over a period of 6 months.

**Results:** Female children were predominant with a sex ratio female / male of 1.2. The predominant age group was the 10 to 15 years (41%). The CT-Scan of the head was the most practiced exam, with 64.42% (67/104). When analyzing information according to the recommendations of the Guide of well practices of French Society of Radiology (SFR) and the French Society of Biophysics and Nuclear Medicine (SFBMN), only 77% of CT-Scans were justified. Almost half (49.04%) of CT-Scans had a CT-Dose Index (CTDI) and Dose Length Product (DLP) greater than the French reference norms defined for each group of age. The average values of CTDI and DLP are above the norms for all CT-scans of the skull, facial bones and sinuses.

**Conclusion:** The doses administered to children by CT-Scans are above accepted norms. Improved practices continue medical training of radiology

manipulators and the creation of a regulatory or an agency of radioprotection is necessary.

---

**Keywords:** CT-Scan, Dose, justification, children, Togo

---

### **Resume**

**Objectifs :** Evaluer la justification des indications ainsi que les doses d'exposition reçues par les enfants lors des examens TDM.

**Méthodologie :** Etude prospective de 104 TDM d'enfants colligées sur une période de 6 mois.

**Résultats :** Une prédominance féminine se dégageait avec une sex-ratio filles/garçons de 1,2. La tranche d'âge prédominante était celle 10 à 15 ans (41%). Les TDM de la tête étaient majoritaires, 64,42 % (67/104). L'analyse des indications selon les recommandations du Guide de Bon Usage de la Société Française de Radiologie (SFR) et la Société Française de Biophysique et de Médecine Nucléaire (SFBMN), seul 77% des TDM étaient justifiées. Près de la moitié (49,04%) des examens avaient un index de dose scénographique et un produit dose longueur (DLP) supérieure aux NDR françaises définis pour chaque tranche d'âge. Les valeurs moyennes des CTDI et des PDL sont supérieures aux NRD pour tous les scanners du crâne, du massif facial et des sinus.

**Conclusion :** Les doses administrées aux enfants par les TDM sont au dessus de normes admises. Une amélioration des pratiques et un renforcement des compétences des manipulateurs ainsi que la création d'un cadre réglementaire en radioprotection s'avèrent nécessaire.

---

**Mots clé :** TDM, Dose, justification, enfants, Togo

### **Introduction**

Ensemble des mesures de protection de l'homme et de son environnement contre les effets néfastes des rayonnements ionisants (RI), la radioprotection permet aux patients et aux travailleurs d'être protégés de ces rayonnements dans le cadre des pratiques médicales les utilisant, sans en limiter leurs effets bénéfiques. En effet, la protection des personnes exposées à des rayonnements ionisants à des fins médicales est bien réglementée dans les pays développés. (Vrousos C, 2004). En Europe de façon générale et en France en particulier, elle est réglementée par le décret n° 2003-270 du 24 mars 2003, pris en application de la directive 97-43 Euratom du Conseil du 30 juin 1997 relative à la protection sanitaire des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants lors d'expositions à des fins médicales (Conseil de l'union européenne, 1997 ; Vrousos C, 2004). La tomodensitométrie (TDM) représente désormais une part prépondérante des

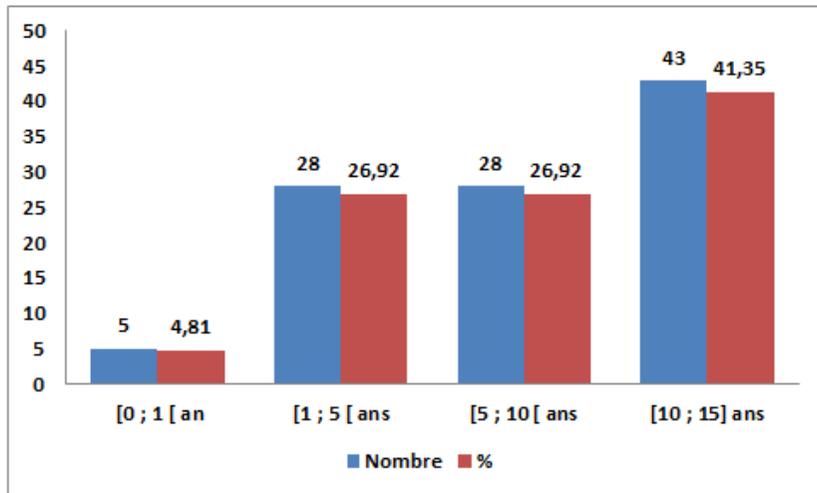
expositions diagnostiques aux rayons X et plus du tiers des expositions médicales (Brenner DJ et Hall EJ, 2007). Au Togo, l'introduction de la TDM est récente, et date de l'année 2000, avec un scanner séquentiel. Depuis on a assisté à une augmentation du parc de scanner qui se chiffre à ce jour à 6 appareils. Avec, l'augmentation du parc des machines de TDM, notre pays se dirige inéluctablement vers la situation des pays développés ; en témoigne les résultats d'une étude réalisée à Lomé, où les TDM pédiatriques représentaient déjà 12,97% de l'ensemble des examens tomodensitométriques réalisés en un an (Adambounou K, 2015). Il s'avère alors nécessaire de faire l'état des lieux des doses d'exposition et de la radioprotection des enfants lors des examens tomodensitométriques, afin d'envisager la réduction des doses qui en radiologie pédiatrique est un objectif qui date de nombreuses années (Robinson, 1986). C'est ainsi que ce travail a été initié, avec pour objectifs d'évaluer la justification des indications ainsi que les doses d'exposition reçues par les enfants lors des examens TDM.

### **Methodologie**

Il s'agit d'une étude monocentrique, prospective descriptive, observationnelle qui s'est déroulée de décembre 2014 à juin 2015 dans le service de radiologie et imagerie médicale du CHU de Kara. Elle a concerné tous les patients âgés de 0 à 15 ans ayant passé un examen tomodensitométrique durant la période d'étude. Tous les examens étaient réalisés sur un seul et même appareil scanner de 16 barrettes de marque GENERAL ELECTRIC, mis en service en juillet 2011. Les paramètres étudiés portaient sur le patient (âge, sexe, région anatomique explorée), la demande de l'examen (demandeur, indication, justification de l'examen sur la base du guide de bon usage de la Société Française de Radiologie) ; le déroulement de l'examen (conditions, tension aux bornes du générateur en kV, l'intensité du courant en mAs, les rapports de dose affichés par l'appareil notamment **l'index de dose scanographique par volume d'examen, en anglais CT-dose index (CTDI<sub>vol</sub>) en mGy**, et le produit dose longueur PDL en mGy.cm.

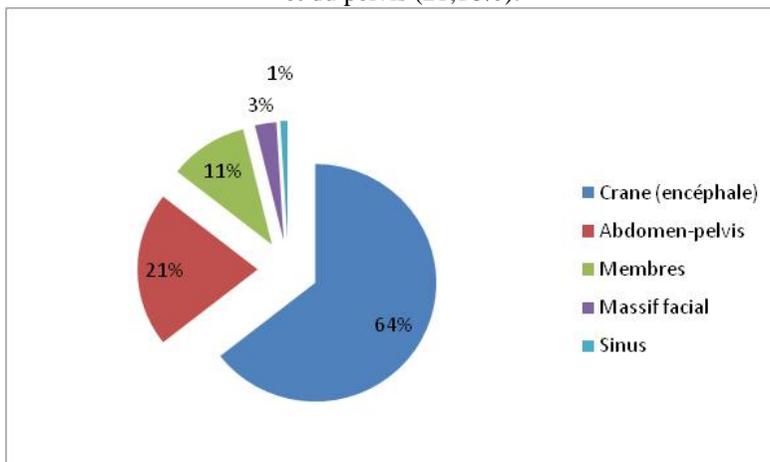
### **Resultats**

Un total de 104 TDM d'enfants avait été réalisé sur 673 examens de TDM durant la période d'étude, soit un taux de 15.45 %. Les filles étaient majoritaires avec 57 filles (55%) pour 47 garçons (45%), ce qui donne une sex-ratio filles/garçons de 1,2. La figure 1 présente le diagramme des âges des patients, ayant bénéficié d'une TDM, avec un pic dans la tranche 10 – 15 ans.



**Figure 1:** Diagramme des âges des enfants ayant bénéficié d'une TDM

La figure 2 illustre la répartition des examens en fonction des régions explorées, avec une prédominance des TDM du crâne représentant (64,42 %), suivis des examens de l'abdomen et du pelvis (21,16%).



**Figure 2 :** Répartition des examens TDM en fonction des régions et segments du corps explorés.

Les traumatismes crânio-encéphaliques étaient majoritaires (17,31%), suivis des masses abdominales et de la comitialité parmi les indications. (Tableau I).

**Tableau I: Répartition des examens en fonction de leurs indications**

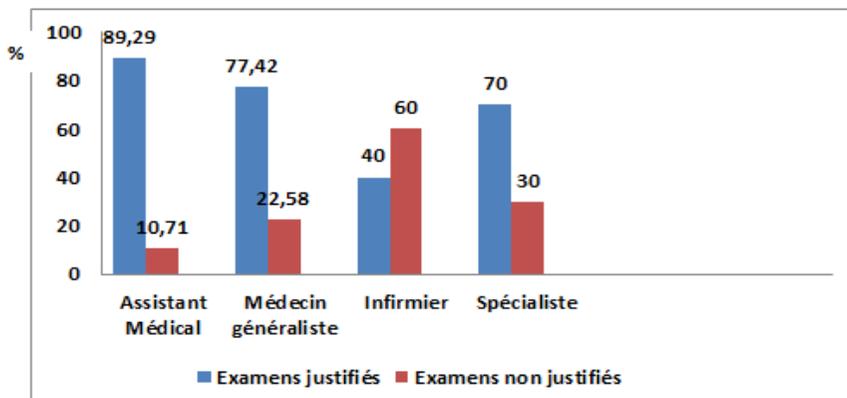
	Nombre	%
Traumatisme crânio-encéphalique (TCE)	18	17,31
Masse abdominale	17	16,35
Comitialité	14	13,46
Troubles neurologiques	12	11,54
Processus expansif intracrânien (PEIC)	12	11,54
Douleurs des membres	10	9,62
Syndrome infectieux	05	4,81
Ectopie testiculaire	04	3,84
Céphalées	03	2,88
Accident vasculaire cérébral (AVC)	01	0,96
Rachialgies	01	0,96
Retard psychomoteur	01	0,96
Douleurs abdominales	01	0,96
Autres	05	4,81
<b>Total</b>	<b>104</b>	<b>100</b>

Les médecins généralistes étaient les plus nombreux demandeurs de TDM (29,81%), suivis des assistants médicaux (26,92%). (Tableau II)

**Tableau II : Répartition des examens en fonction de la qualité des demandeurs**

	Nombre	%
Médecin généraliste	31	29,81
Assistant Médical	28	26,92
Neurologue	25	24,04
Chirurgien	07	06,73
Rhumatologue	07	06,73
Infirmier	05	04,81
Pédiatre	01	0,96
<b>Total</b>	<b>104</b>	<b>100</b>

L'analyse de la justification des explorations TDM révèle que 77 % des examens étaient justifiés et 23% non justifiés. La répartition des examens selon la qualification des demandeurs et le caractère justifié ou non de l'examen est illustrée sur la figure 3.



**Figure 3:** Répartition des examens selon la qualification des demandeurs et le caractère justifié ou non de l'examen

**L'analyse des procédures et des paramètres techniques indique que pour tous les examens réalisés, les logiciels de réduction de dose n'avaient pas été utilisés. Le « tube current modulation » a été utilisé pour toutes les explorations.** Toutes les TDM étaient réalisées avec des valeurs de HT conformes aux recommandations dosimétriques SFIPP/IRSN 2008 pour chaque tranche d'âge. Tous les examens avaient été réalisés avec une charge conforme aux normes.

Le tableau III présente la répartition des CTDI vol des examens TDM par tranche d'âge, selon la conformité ou non aux NRD définies par l'étude IRSN-SFIPP. Près de la moitié (49,04%) des examens avaient une CTDI vol supérieure aux NDR françaises.

**Tableau III** : Répartition des CTDI vol des examens par tranche d'âge et selon leur conformité ou non aux NRD.

Age (années) Examen	CTDI vol conforme ( $\leq$ NRD)				CTDI vol non conforme ( $>$ NRD)			
	< 1	1 - < 5	5 - < 10	10 - $\leq$ 15	< 1	1 - < 5	5 - < 10	10 - $\leq$ 15
Crâne (Cerveau)	01	09	13	08	04	11	06	15
Abdomen et Pelvis	-	08	-	10	-	-	-	04
Massif facial	-	-	-	-	-	-	03	-
Sinus	-	-	-	-	-	-	-	01
Membre (os)	-	-	-	04	-	-	06	01
<b>Total (%)</b>	<b>01(0,96)</b>	<b>17(16,35)</b>	<b>13(12,50)</b>	<b>22(21,15)</b>	<b>04(3,85)</b>	<b>11(10,58)</b>	<b>15(14,42)</b>	<b>21(20,19)</b>

Le tableau IV présente les valeurs moyennes des CTDI vol en mGy par tranche d'âge, selon les régions anatomiques explorées.

**Tableau IV** : CTDVI vol moyenne des examens par tranche d'âge.

Age (années) Examen	CTDI vol moyenne en mGy			
	< 1	1 - < 5	5 - < 10	10 - $\leq$ 15
Crâne (Cerveau)	22	36	32	46
Abdomen et Pelvis	-	1,5	-	4
Massif facial	-	-	41,84	-
Sinus	-	-	-	12,68
Membre (os)	-	-	7	12,82

Le tableau V présente la répartition des PDL des examens TDM par tranche d'âge, selon la conformité ou non aux NRD définies par l'étude

IRSN-SFIPP. La majorité des TDM du crâne (64,18%) et toutes les TDM du massif facial et des sinus avaient des PDL supérieures aux NDR françaises.

**Tableau V** : Répartition des PDL des examens par tranche d'âge et selon leur conformité ou non aux NDR.

Age (années) Examen	PDL conforme ( $\leq$ NRD)				PDL non conforme ( $>$ NRD)			
	< 1	1 - < 5	5 - < 10	10 - $\leq$ 15	< 1	1 - < 5	5 - < 10	10 - $\leq$ 15
Crâne (Cerveau)	04	09	07	04	01	11	12	19
Abdomen et Pelvis	-	08	-	10	-	-	-	04
Massif facial	-	-	-	-	-	-	03	-
Sinus	-	-	-	-	-	-	-	01
Membre (os)	Pas de norme				Pas de norme			

Le tableau VI présente les valeurs moyennes des PDL vol en mGy.cm par tranche d'âge, selon les régions anatomiques explorées.

**Tableau VI** : PDL moyennes des examens par tranche d'âge.

Age (années) Examen	PDL moyennes en mGy.cm			
	< 1	1 - < 5	5 - < 10	10 - $\leq$ 15
Crâne (Cerveau)	546	800	813	1072
Abdomen et Pelvis	-	64	-	284
Massif facial	-	-	250	-
Sinus	-	-	-	150
Membre (os)	-	-	350	450

## Discussion

L'utilité de la TDM dans la prise en charge médicale des patients quel que soit leurs âges est indéniable et son usage ne cesse de croître malgré son caractère très irradiant posant ainsi un problème de radioprotection plus délicat chez l'enfant. La scanographie représente désormais une part prépondérante des expositions diagnostiques aux rayons X et plus du tiers des expositions médicales (Brenner DJ et Hall EJ, 2007).

La fréquence des examens de tomodensitométrie pédiatrique au CHU Kara pendant notre période d'étude est de 15.45 %, fréquence presque égale à celle de Ongolo-Zogo P et al. (Ongolo-Zogo P, 2012) et voisine du 10,97% rapportée par Adambounou K et al. au Togo (Adambounou K, 2015) et du 11,7% de N'goan-Domoua et al. Côte d'ivoire (N'Goan-Domoua A, 2013) mais nettement supérieure à celle rapportée par Etard C et al. (Etard C, 2014) en France qui était 2,1% en 2010. La différence entre la fréquence de nos pays et celle de la France peut s'expliquer en partie par la disponibilité de l'IRM. En effet au Togo comme dans les autres pays africains sub-

sahariens l'IRM est très difficilement accessible aux populations, ce qui n'est pas le cas en France où elle est beaucoup plus utilisée pour l'exploration des pathologies pédiatriques dans la mesure où elle est non irradiante. De ce fait, les pathologies mieux explorées par l'IRM sont à défaut explorées par la TDM dans nos pays.

Dans notre série, la tranche d'âge 10 – 15 ans était la plus prédominante, comme le rapportent Etard C et al. (Etard C, 2014) pour leur série au sein de laquelle les enfants âgés de 10 à 15 ans étaient les plus exposés en France en 2010.

Les TDM du crâne sont les plus prescrites et réalisées (64,42 %), suivies des examens de l'abdomen et du pelvis (21,16%). Toutes les études qu'elles soient européennes (Etard C, 2014 ; Bernier MO, 2012) ou africaines (Adambounou K, 2015) sont unanimes sur cette prépondérance des TDM du pôle céphalique chez l'enfant. Les indications des TDM pédiatriques étaient variées et les traumatismes crânio-encéphaliques, majoritaires comme noté par Ongolo-Zogo P et al. (Ongolo-Zogo P, 2012) avec respectivement 17,31% et 22,8%, suivis des masses abdominales et de la comitialité. La comitialité représentait 13,46% des indications, proportion voisine de celle trouvée par Ongolo-Zogo P et al. (Ongolo-Zogo P, 2012), 15,8% pour cette indication.

Les médecins généralistes étaient les plus grands demandeurs de TDM (29,81%) suivis des assistants médicaux (26,92%). Le pourcentage d'examens prescrits par les paramédicaux (assistants médicaux et infirmiers) était de 31,73% et reste inférieur à celui d'examens prescrits par l'ensemble des spécialistes qui est 38,46%. Ce constat est bien raisonnable puisque les examens d'imagerie sont des gestes médicaux.

A l'analyse de la justification des différentes TDM, il ressort que 77% étaient justifiés, ce qui est un taux satisfaisant. En effet, le premier des principes de réduction de dose est la justification de l'examen proposé, c'est à dire la confirmation argumentée non seulement de l'indication clinique, mais aussi de la TDM comme technique d'imagerie la plus appropriée (SFR et IRSN, 2005).

En considérant la procédure de réalisation des TDM, nous avons noté que **les logiciels de réduction de dose n'ont pas été utilisés, mais plutôt le mode « tube current modulation » ; qui aussi permet de réduire les doses** (Dougeni E, 2012) Mais seulement, les paramètres d'exposition dans ce mode ne sont pas toujours ajustés de manière appropriée à la question clinique ou la taille du patient, en particulier pour les enfants. Une attention particulière devrait alors être accordée à la disponibilité de logiciels de réduction de la dose lors de l'achat des équipements d'imagerie à usage pédiatrique. En effet, un des aspects uniques de l'imagerie pédiatrique est la large gamme de la taille du patient et de son

poids, ce qui nécessite donc une attention particulière à l'optimisation et la modification des paramètres du matériel et des techniques d'imagerie.

Dans notre série, toutes les TDM étaient réalisées avec des valeurs de Haute Tension (HT) et une charge conformes aux recommandations dosimétriques SFIPP/IRSN 2008. Par contre dans la série de Ongolo-Zogo P et al. (Ongolo-Zogo P, 2012) la tension n'était conforme que pour 87,7 % des examens et la charge ne l'était que pour 91,2 % des examens.

L'amélioration parallèle de la pertinence des explorations ainsi que l'application fréquente du principe de précaution a conduit à augmenter massivement le nombre de scanners pratiqués. Cette explosion des indications a cependant un prix : l'irradiation accrue de la population. L'irradiation médicale est alors devenue la première cause d'irradiation de la population, et elle s'accroît rapidement (Ferretti G et Jankowski A, 2010). Par conséquent pour toute tomographie réalisée parce que bien justifiée, la dose délivrée doit être optimisée afin d'utiliser la dose la plus faible possible, tout en répondant à la question clinique.

En comparant nos résultats aux NRD françaises par tranche d'âge, 53,73% (36/67) des TDM de la tête, 18,19 % (4/22) des TDM abdomino-pelviennes, 63,63% (07/11) des scanners de l'appareil locomoteur, 100 % (04/04) des scanners du massif faciale et sinus avaient des valeurs de CTDI vol supérieures aux NRD françaises définies en fonction des tranches d'âge.

En ce qui concerne le DLP, 64,18% (43/67) des TDM de la tête, 18,19 % (4/22) des TDM de l'abdomen et du pelvis, 100 % (04/04) des scanners du massif facial et des sinus avaient des valeurs de DLP supérieures aux NRD françaises définies en fonction des tranches d'âge.

En considérant les moyennes, les moyennes des CTDI sont supérieures aux NRD pour tous les scanners du crâne, du massif facial et des sinus. Il en est de même pour les moyennes des PDL. Cette état de fait avait déjà été retrouvé au Togo, dans une réalisée sur les scanner pratiqués chez les adultes où les scanners de la tête étaient aussi majoritaires et avaient des moyennes de dose supérieures aux NRD (Tchaou M, 2015).

Le faible niveau des connaissances en radioprotection explique cette grande proportion d'examens en marge des recommandations alors que les scanographes offraient l'option d'ajuster les paramètres et d'utiliser des protocoles « enfants ». Ce constat est surtout très inquiétant quand on sait qu'étant encore tout petits, ces enfants pourraient dans le futur être exposé aux rayons X pour des raisons médicales, ce qui augmenteraient encore les risques puisque d'après une étude menée par l'université de Newcastle (Pearce MS, 2012), l'utilisation du scanner chez l'enfant, entraînant des doses cumulatives d'environ 50 mGy triple presque le risque de leucémie et des doses d'environ 60 mGy triplent le risque de cancer du cerveau. Au vu de ces constatations qui seraient dues au fait que les protocoles d'examens

utilisés ne s'adaptent pas toujours aux enfants, comme rapporté par Brisse H (Brisse H, 2006), des mesures de réduction de doses doivent être adoptées concernant ces examens. En plus, la formation du personnel exerçant en radiologie est également primordiale et efficace puisque selon une étude réalisée par Paolicchi F et al. (Paolicchi F, 2014), elle a permis une réduction significative des valeurs du CTDI vol et du PDL.

## **Conclusion**

Cette étude révèle du point de vue de la justification des TDM chez les enfants, que la conformité des indications avec le guide de bon usage des examens d'imagerie médicale n'est pas totale, mais satisfaisante. L'étude des constantes dosimétriques montre que la dose délivrée aux enfants, en TDM excède pour l'essentiel aux NRD français et belges surtout pour les scanners de la tête, du massif facial et de l'appareil locomoteur ; la TDM de la tête étant l'examen le plus pratiqué. L'analyse des différentes procédures montre qu'une amélioration des pratiques notamment par rapport aux paramètres techniques et aux protocoles, associée à une sensibilisation des différents demandeurs sur la justification des examens d'imagerie médicale et à un renforcement des compétences en radioprotection des manipulateurs en radiodiagnostic contribuera à une meilleure radioprotection des enfants. La création d'un cadre réglementaire permettant la radioprotection des patients mais aussi du personnel s'avère nécessaire, ceci aux moyens des contrôles périodiques et des évaluations des pratiques professionnelles.

## **References:**

- Adambounou K, Lawson-Evi K, Gnakadja N et al. (2015). Imagerie tomodensitométrique dans la prise en charge médicale des enfants au togo. J. Rech. Sci. Univ. Lomé (Togo), Série D, 17(1) : 251-8.
- Bernier MO, Rehel JL, Brisse HJ et al. (2012). Radiation exposure from CT in early childhood: a French large-scale multicentre study. Br J Radiol.; 85(1009):53-60.
- Brenner DJ, Hall EJ. (2007). computed tomography: an increasing source of radiation exposure. N. Engl. J. Med.; 357: 2277-84.
- Brisse H, (2006). Guide des Procédures Radiologiques SFR, INRS: critères de qualité et optimisation des doses en scanographie chez l'enfant. Accessible à l'URL [http://eassa.cordo.pagesperso-orange.fr/SFROPRI/TDM\\_enfant.pdf](http://eassa.cordo.pagesperso-orange.fr/SFROPRI/TDM_enfant.pdf). [Consulté le 12/10/2015].
- Conseil de l'Union Européenne. (1997). Directive 97/43 EURATOM du Conseil du 30 juin 1997 relative à la protection sanitaire des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants lors d'exposition à des fins médicales, Bruxelles, Belgique.

- Dougeni E, Faulkner K, Panayiotakis G. (2012). A review of patient dose and optimisation methods in adult and paediatric CT scanning. *Eur J Radiol.*; 81(4):665-83.
- Etard C, Aubert B, Mezzarobba M, Bernier MO. (2014). Exposure of the French paediatric population to ionising radiation from diagnostic medical procedures in 2010. *Pediatr Radiol.*; 44(12):1588 - 94.
- Etard C.(2010). The radiologist's responsibilities for the radiation protection of patients. *J Radiol.*; 91: 1207-11.
- Ferretti G, Jankowski A. (2010). Doses d'exposition des examens radiologiques thoraciques. *Rev Mal Respir.*; 27(6) : 644 - 50.
- N'Goan-Domoua A M, Kouame N, ZodT B et al. (2013). La tomodensitométrie dans la prise en charge des pathologies infantiles au CHU de Yopougon. *Revue intsciméd*; 15(1) : 20-4.
- Ongolo-Zogo P., Mpeke Mokubangele C., Moifo B. et al. (2012). Évaluation de la dose patient en scanographie pédiatrique dans deux hôpitaux universitaires à Yaoundé Cameroun. *Radioprotection*; 47(4) : 533-42.
- Paolicchi F, Faggioni L, Bastiani L et al. (2014). Optimizing the balance between radiation dose and image quality in pediatric head CT: findings before and after intensive radiologic staff training. *AJR Am J Roentgenol.* 2014; 202(6):1309-15.
- Pearce MS, Salotti JA, Little MP, et al. (2012). Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study . *Lancet.* Aug 4; 380(9840):499-505. Epub 2012 Jun 7. doi: 10.1016/S0140-6736(12)60815-0.
- Robinson AE, Hill EP, Harpen MD. (1986). Radiation dose reduction in pediatric CT. *Pediatr Radiol*;16(1):53-4.
- Société Française de Radiologie (SFR), Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN). (2005). Les procédures radiologiques : critères de qualité et optimisation des doses en radiologie pédiatrique, transposition de la directive Euratom 97/43. Accessible à l'URL <http://rontgen.sfrnet.org/sfropri/rXpedia.pdf>. [Consulté le 10/12/2015].
- Tchaou M, Sonhaye L, Agoda - Koussema L K et al. (2015). Dosimétrie et radioprotection des patients lors des examens tomodensitométriques au CHU Sylvanus OLYMPIO (CHU-SO) de Lomé (Togo) . *J. Rech. Sci. Univ. Lomé (Togo), Série D* ; 17(1) : 387-95.
- Vrousos C, Bernard Aubert, Dietrich Averbek et al. (2004). Priorités en radioprotection. Propositions pour une meilleure protection des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants. Mars 2004. Accessible à l'URL <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/044000102.pdf>. [Consulté le 10/12/2015]