

**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE UNIVERSITÉ MOLOUD
MAMMARI DE TIZI-OUZOU FACULTÉ DES SCIENCES**



**DÉPARTEMENT DE PHYSIQUE
HÔPITAL CHAHIDS MAHMOUD**



MEMOIRE DE MASTER

Filière : Physique

Spécialité : Physique Médicale

Présenté par :

TATA FATMA

Thème

*Établissement et optimisation des niveaux de référence diagnostiques
En Tomodensitométrie*

Présenté le 08 Juillet 2025, devant le jury composé de :

Mr. Djouder Madjid

Président de Jury

Mr .MERAD Ahmed

Examineur

Mme. BOUMAZA Lynda

Invitée

Mme .Ait Chikh Sounya

Encadrante

Année universitaire : 2024–2025

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à exprimer ma profonde gratitude au Dr S. MAHMOUDI, pour nous avoir ouvert les portes de l'Hôpital Chahids Mahmoudi et permis de mener à bien ce travail.

Je tiens à exprimer toute ma gratitude et mon profond respect à Madame Aït Chikh Sounya, mon encadrante, pour l'attention bienveillante, le temps précieux et l'accompagnement de grande qualité qu'elle m'a généreusement offerts. Ses conseils éclairés, sa rigueur scientifique et son soutien indéfectible ont été pour moi une véritable source d'inspiration tout au long de ce travail. Son écoute, sa patience et ses mots toujours justes ont su apaiser mes doutes et raviver ma motivation aux moments les plus décisifs. Je lui resterai éternellement reconnaissante.

Je remercie sincèrement le Docteur TOUTAOUI Abdelkader, Directeur de la Physique Médicale, dont l'expertise et l'engagement en font une figure emblématique du domaine en Algérie. Son soutien indéfectible et la pertinence de ses conseils ont grandement contribué à mon parcours durant ces années de master.

Je remercie également toute l'équipe des physiciens médicaux, notamment Monsieur Metchat Bilal, Monsieur Bencheikh Samir, et Madame Louelh Ryma, et Madame BOUMAZA pour le partage de leur expertise, leurs conseils, et leur esprit d'équipe. Chacun a contribué par des perspectives uniques à l'enrichissement de ce travail.

Enfin, je remercie toute l'équipe de radiothérapie pour l'ambiance de travail qu'elle a su instaurer, et qui nous a permis d'avancer dans les meilleures conditions.

Dédicaces

Avec une profonde émotion et une immense reconnaissance, je dédie ce travail à mes **chers parents**, qui ont été les piliers de mon parcours, mes guides silencieux, mes premiers soutiens. Leur amour inconditionnel, leurs prières constantes et leur encouragement sans faille ont nourri en moi la force d'aller au bout de mes rêves. Qu'ils trouvent dans ces pages le reflet de ma gratitude infinie.

Je le dédie également à mes **frères et sœurs**, pour leur présence, leur écoute et leur affection indéfectible. Merci d'avoir toujours été là, dans les moments de doute comme dans les moments de joie.

Je n'oublie pas mes **camarades et mes amies**, a allégé bien des journées d'effort. Un merci particulier à **Kamilya Chrf** pour sa bienveillance, ses conseils et sa présence sincère.

À toi, mon **cher mari**, je ne trouverai jamais les mots assez forts pour te dire merci. Ton soutien sans relâche, ton amour constant et ta patience infinie ont été le moteur de ma persévérance. Dans les instants les plus difficiles, ta foi en moi m'a portée. Ce travail est aussi le tien, dans chaque ligne, chaque page, chaque victoire.

Enfin, à mon frère **Halim**, ta présence, tes encouragements et ton soutien ont été précieux. Merci d'avoir toujours cru en moi.

Résumé

Ce mémoire s'inscrit dans le cadre de l'amélioration continue de la qualité et de la sécurité en imagerie médicale. Il porte sur l'établissement et l'optimisation des niveaux de référence diagnostiques (NRD) en tomodensitométrie, à partir des examens réalisés au sein de l'Hôpital Chahid Mahmoudi.

L'objectif principal est d'évaluer les doses délivrées aux patients adultes et pédiatriques à travers les indicateurs dosimétriques (CTDIvol et DLP), puis de proposer des recommandations en vue d'une optimisation.

Les données recueillies ont été analysées statistiquement, et comparées aux valeurs nationales et internationales de référence (Algérie, IRSN – France).

Ce travail s'inscrit dans une démarche de radioprotection et d'amélioration des pratiques cliniques, conformément aux recommandations de la CIPR et de l'AIEA.

Mots-clés :

Tomodensitométrie, Niveaux de référence diagnostiques (NRD), Dose patient, CTDIvol , DLP , Radioprotection , Optimisation

Abstract

This thesis is part of the ongoing improvement of quality and safety in medical imaging. It focuses on the establishment and optimization of Diagnostic Reference Levels (DRLs) in computed tomography, based on examinations conducted at the Chahid Mahmoudi Hospital.

The main goal is to evaluate radiation doses delivered to adult and pediatric patients using dosimetric indicators (CTDIvol and DLP), and to provide recommendations for optimization.

The collected data were statistically analyzed and compared to national and international reference values (Algeria, IRSN – France).

This work follows a radioprotection approach and aims at improving clinical practices, in accordance with ICRP and IAEA guidelines.

Keywords :

Computed tomography , Diagnostic Reference Levels (DRLs) , Patient dose , CTDIvol , DLP , Radiation protection , Optimization

Table des matières

Remerciements	
Dédicaces	
Résumé	
Abstract.....	
Liste des figures :	
Liste des tableaux :	
Introduction générale	1
Chapitre I.....	2
I.1. Introduction.....	3
I.2. Principe de fonctionnement du scanner.....	3
I.3. Paramètres d'acquisition	3
I.4. Mesures dosimétriques et indicateurs en tomodensitométrie.....	4
I.4.2. Dose absorbée (D).....	4
I.5. Indicateurs dosimétriques en tomodensitométrie.....	5
I.5.2. CTDI : Computed Tomography Dose Index	5
I.5.3. CTDI _w : CTDI pondéré	5
I.5.3 CTDI _{vol} : CTDI volumique	5
I.5.4. DLP: Dose-Length Product	6
I.6. Risque de cancer lié aux radiations des scanners médicaux	6
I.6.2. Mécanismes biologiques de cancérogenèse.....	6
I.6.3. Modèle linéaire sans seuil (LNT)	6
I.7. Niveaux de Référence Diagnostiques (NRD).....	7
I.7.2. Cadres réglementaires (Algérie et international)	7
Chapitre II : Matériel et Méthodes	9
II.1. Introduction.....	10
II.2. Deux scanners GE Revolution Evo de même modèle.....	10
II.3. Caractéristiques de scanner	10
II.4. Mesure du CTDI (Indice de Dose Tomographique).....	11
II.5. Les Paramètres d'acquisition	11
II.6. Le Matériel utilisés pour la mesure du CTDI.....	11
II.7. Méthodes.....	13
II.7.1. Mesure en air libre (CTDI air).....	14
II.7.2. Mesure dans le fantôme (CTDI _{vol}).....	14
II.8. Population étudiée pour déterminer les niveaux de référence diagnostiques (NRD).....	15
II.9. Collecte des données dosimétriques.....	15
II.10. Méthode de calcul des niveaux de référence diagnostiques (NRD).....	16

II.11.	Répartition des 17 Groupes Homogènes d'Indication (GHI) selon les Régions Anatomiques	17
II.12.	Comparaison des niveaux de référence diagnostiques (NRD) entre les valeurs locales, nationales et internationales.....	18
II.12.2.	Niveaux de référence diagnostique pédiatrique internationale de l'ASN	18
II.12.3.	Niveaux de référence diagnostique internationale de l'IRSN	19
II.12.3.1.	Synthèse des analyses réalisées en scanographie chez l'adulte, par examen (CTDI vol en mGy) L'IRSN 202119	
II.12.3.2.	Synthèse des analyses réalisées en scanographie chez l'adulte, par examen (DLP en mGy·cm) L'IRSN 202119	
III.1.	Introduction.....	21
III.2.	Résultantes mesure du CTDI (Indice de Dose Tomographique).....	21
III.3.	Les paramètres d'acquisition des données scanographiques	21
III.1.	Résultats de calcul des niveaux de référence diagnostiques (NRD adultes par régions anatomiques 22	
III.1.2.	Etude et estimation de la dose	22
III.2.	Scanner thoracique	24
III.2.2.	Étude et estimation de la dose	24
III.3.	Scanner CORO.....	26
III.3.2.	Étude et estimation de la dose	26
III.4.	Scanner urographie.....	28
III.4.2.	Étude et estimation de la dose	28
III.5.	Scanner cervical	30
III.5.2.	Interprétation des histogrammes CTDIvol et PDL – Scanner cervical (adultes).....	31
III.6.	Scanner abdomino-pelvien	31
III.6.2.	Étude et estimation de la dose	32
III.7.	Scanner TAP – CTDIvol et DLP.....	33
III.7.2.	Étude et estimation de la dose pour examen scanner TAP	33
III.8.	Scanner TAP – CTDIvol et DLP.....	34
III.8.2.	Étude et estimation de la dose pour examen scanner TAP	34
III.8.3.	Interprétation des histogrammes CTDIvol et PDL – Scanner TAP (thoraco-abdomino-pelvien, adultes) 35	
III.9.	Scanner Lombaire adultes – CTDIvol et DLP.....	35
III.10.	Scanner SINUS – CTDIvol et DLP.....	37
III.10.2.	Étude et estimation de la dose pour examen scanner sinusien	37
III.11.	Scanner ROCHERS – CTDIvol et DLP.....	38
III.11.2.	Étude et estimation de la dose pour examen scanner des rochers	39
III.12.	Valeurs dosimétriques de la médiane et P75 (CTDIvol et PDL) pour les principaux examens scanner réalisés à l'hôpital.....	40
III.12.2.	Analyse globale	41
	PDL – Médiane vs P75	41

CTDIvol – Médiane vs P75	42
III.13. Comparées les données Hôpital à l'étude nationale	43
III. 15. Etude des doses mesurées à l'Hôpital avec l'étude nationale	43
III.14. Comparaison des doses P75 (CTDIvol et PDL) avec les références IRSN (France) international 45	
III.14.2. Analyse comparative des doses d'irradiation scanner entre un hôpital local et les niveaux de référence de l'IRSN.....	45
III.15. Comparaison CTDIvol P75 – Groupe 2 : TAP et examens associés	48
III.16. Analyse des résultats dosimétriques par groupe d'indication clinique (GHI)	49
III.16.2. Résultats dosimétriques par GHI examen cervical.....	49
III.16.3. Résultats dosimétriques par GHI examen Lombaire.....	49
III.16.4. Résultats dosimétriques par GHI examen cérébral	50
III.16.5. Résultats dosimétriques par GHI examen thoracique	50
III.16.6. Résultats dosimétriques par GHI examen URO.....	51
III.16.7. Résultats dosimétriques par GHI examen ABD PLV	51
III.16.8. Résultats dosimétriques par GHI examen TAP.....	51
III.16.9. Résultats dosimétriques par GHI examen Rochers	52
III.17. Doses dosimétriques (CTDIvol et PDL) selon les indications cliniques – Examens du crâne et du rachis cervical.....	52
III.1.1. Interprétation	54
III.2. Analyse dosimétrique selon l'indication clinique – Examens thoracoabdomino-pelviens et lombaires 55	
III.2.1. Distribution des doses P75 (CTDIvol et PDL) selon l'indication	55
III.2.2. Interprétation	56
III.3. Comparaison des doses délivrées en tomodensitométrie dans l'hôpital aux Niveaux de Référence Diagnostiques (NRD) de la SFPM	57
1. Tête et Cou.....	57
2. TAP et URO.....	58
III.21.1. Interprétation.....	58
III.4. Les résultats dosimétriques (CTDIvol et DLP) pour les différents types d'examens scanner réalisés chez les enfants	59
III.4.1. Doses scanner cérébral pédiatrique selon la tranche d'âge	59
III.4.2. Variation des doses (CTDIvol P75 et PDL P75) en scanner cérébral selon la tranche d'âge chez l'enfant 59	
III.5. Scanner abdomino-pelvien pédiatrique	60
III.6. Scanner thoracique pédiatrique.....	62
III.6.1. Variation des doses (CTDIvol P75 et PDL P75) en scanner thoracique selon la tranche d'âge chez l'enfant 62	
III.6.2. Interprétation	63
III.7. Scanner rochers pédiatriques	64

Ce tableau 38 présente les valeurs dosimétriques médianes (P50) et les 75 ^e percentiles (P75) du CTDIvol et.....	64
du PDL, en fonction de l'âge des enfants examinés par scanner rochers pédiatrique	64
III.25.1 Interprétation	65
III.8. Scanner TAP pédiatrique.....	65
III.9. Les résultats totaux dosimétriques (CTDIvol et DLP) pour les examens scanner réalisés chez enfants par groupes	67
III.9.1. Analyse des doses en scanner pédiatrique – Groupes 1 et 2 Groupe 1 : Cérébral, Rochers	67
III.9.2. Histogrammes comparatifs des doses pédiatriques.....	68
III.10. Comparaison des doses P75 avec les niveaux de référence ASN	69
III.10.1. Comparaison des CTDI P75 avec les niveaux de référence ANS.....	71
III.10.2. Comparaison des PDL P75 avec les niveaux de référence ANS.....	72
III.10.3. Interprétation	72
Conclusion	73
Analyse box plots pour les principaux examens scanner réalisés à l'hôpital	74
analyse des Boxplots par groupes de scanner séalisé à l'Hôpital	77
Interprétation des boxplots dosimétriques.....	78
Interprétation des boxplots du Groupe 1 (Tête et cou).....	78
Interprétation des boxplots du Groupe 2 (Thoraco-abdomino-pelvien)	79
Bibliographies.....	82

Liste des abréviations :

NRD : Niveaux de Référence Diagnostiques

TDM : Tomodensitométrie

CTDI : Computed Tomography Dose Index

CTDIvol : Indice de dose tomographique volumique

CTDIw : CTDI pondéré

DLP : Dose-Length Product (Produit dose-longueur)

ICRP / CIPR : Commission Internationale de Protection Radiologique

AIEA : Agence Internationale de l'Énergie Atomique

IRSN : Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire

ASN : Autorité de Sécurité Nucléaire

ALARA : As Low As Reasonably Achievable (Aussi bas que raisonnablement possible)

SFPM : Société Française de Physique Médicale

mGy : Milligray (unité de dose absorbée)

mGy·cm : Milligray-centimètre (unité de produit dose-longueur)

PMMA : Poly(méthacrylate de méthyle) – matériau simulant les tissus

DFOV : Display Field of View

kV : Kilovoltage

mA : Milliampérage

NCB : Névralgie cervico-brachiale

CRA : Crâne

URO : Urographie

CORO : Scanner coronarien

SIN : Scanner des sinus

Liste des figures :

- Figure 1 : Scanner GE Revolution Evo
- Figure 2 : Fantôme de la région tête
- Figure 3 : Fantôme de la région pelvis
- Figure 4 : Le fantôme positionné au niveau de la table
- Figure 5 : Mesure en air libre (CTDI_{air})
- Figure 6 : Mesure dans le fantôme (CTDI_{vol})
- Figure 7 : Image de la console
- Figure 8 : Histogramme des valeurs CTDI_{vol} scanner cérébral (adultes)
- Figure 9 : Histogramme des valeurs PDL scanner cérébral (adultes)
- Figure 10 : Histogramme des valeurs CTDI_{vol} scanner thoracique (adultes)
- Figure 11 : Histogramme des valeurs PDL scanner thoracique (adultes)
- Figure 12 : Histogramme des valeurs CTDI_{vol} scanner abdomino-pelvien (adultes)
- Figure 13 : Histogramme des valeurs PDL scanner abdomino-pelvien (adultes)
- Figure 14 : Histogramme des valeurs CTDI_{vol} scanner urographique (adultes)
- Figure 15 : Histogramme des valeurs PDL scanner urographique (adultes)
- Figure 16 : Histogramme des valeurs CTDI_{vol} scanner cervical (adultes)
- Figure 17 : Histogramme des valeurs PDL scanner cervical (adultes)
- Figure 18 : Histogramme des valeurs CTDI_{vol} scanner sinus (adultes)
- Figure 19 : Histogramme des valeurs PDL scanner sinus (adultes)
- Figure 20 : Histogramme des valeurs CTDI_{vol} scanner des rochers (adultes)
- Figure 21 : Histogramme des valeurs PDL scanner des rochers (adultes)
- Figure 22 : Comparaison des valeurs CTDI_{vol} médiane et P75 par type d'examen
- Figure 23 : Comparaison des valeurs PDL médiane et P75 par type d'examen
- Figure 24 : Comparaison des doses mesurées à l'hôpital avec les niveaux de référence nationaux en Algérie
- Figure 25 : Histogramme comparatif des doses P75 (PDL) entre l'hôpital et les niveaux de référence IRSN groupe 1 (Tête et Cou)
- Figure 26 : Histogramme comparatif des doses P75 (CTDI_{vol}) entre l'hôpital et les niveaux de référence IRSN groupe 2 (TAP)
- Figure 27 : Boxplots des doses scanner pour les examens cervico-céphaliques
- Figure 28 : Boxplots des doses scanner pour les examens thoraco-abdomino-pelviens, abdomino-pelviens et lombaires en fonction de l'indication clinique
- Figure 29 : Histogramme du CTDI_{vol} P75 selon la tranche d'âge – Scanner cérébral pédiatrique

Figure 30 : Histogramme du PDL P75 selon la tranche d'âge – Scanner cérébral pédiatrique

Figure 31 : Histogramme du CTDIvol P75 selon la tranche d'âge – Scanner abdomino-pelvien pédiatrique

Figure 32 : Histogramme du PDL P75 selon la tranche d'âge – Scanner abdomino-pelvien pédiatrique

Figure 33 : Histogramme du CTDIvol P75 selon la tranche d'âge – Scanner thoracique pédiatrique

Figure 34 : Histogramme du PDL P75 selon la tranche d'âge – Scanner thoracique pédiatrique

Figure 35 : Histogramme du CTDIvol P75 selon la tranche d'âge – Scanner des rochers pédiatriques

Figure 36 : Histogramme du PDL P75 selon la tranche d'âge – Scanner des rochers pédiatriques

Figure 37 : Histogramme du CTDIvol P75 selon la tranche d'âge – Scanner TAP pédiatrique

Figure 38 : Histogramme du PDL P75 selon la tranche d'âge – Scanner TAP pédiatrique

Figure 39 : Histogramme comparatif du CTDIvol P75 par type d'examen

Figure 40 : Histogramme comparatif du PDL P75 par type d'examen

Figure 41 : Comparaison des valeurs CTDIvol P75 avec les niveaux de référence nationaux (ANS)

Figure 42 : Comparaison des valeurs PDL P75 avec les niveaux de référence nationaux (ANS)

Figure 43 : Boxplot des doses scanner abdomino-pelvien (adultes)

Figure 44 : Boxplot des doses scanner coronarien (adultes)

Figure 45 : Boxplot des doses scanner cervical (adultes)

Figure 46 : Boxplot des doses scanner cérébral (adultes)

Figure 47 : Boxplot des doses scanner lombaire (adultes)

Figure 48 : Boxplot des doses scanner des rochers (adultes)

Figure 49 : Boxplot des doses scanner des sinus (adultes)

Figure 50 : Boxplot des doses scanner TAP (adultes)

Figure 51 : Boxplot des doses scanner thoracique (adultes)

Figure 52 : Boxplot des doses scanner urographique (adultes)

Figure 53 : Boxplots comparatifs des doses scanner groupe 1 (Tête et Cou)

Figure 54 : Boxplots comparatifs des doses scanner groupe 2 (TAP)

Figure 55 : Boxplot des doses scanner pédiatrique cérébral

Figure 56 : Boxplot des doses scanner pédiatrique abdomino-pelvien

Figure 57 : Boxplot des doses scanner pédiatrique thoracique

Figure 58 : Boxplot des doses scanner pédiatrique des rochers

Figure 59 : Boxplot des doses scanner pédiatrique TAP

Figure 60 : Comparaison globale des doses P75 mesurées avec les niveaux de référence (adultes et pédiatrique)

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Caractéristiques du scanner utilisé

Tableau 2 : Paramètres d'acquisition utilisés pour la mesure du CTDIvol

Tableau 3 : Liste des 17 GHI dans 9 régions anatomiques retenues pour l'analyse et leurs abréviations

Tableau 4 : Niveaux de Référence Diagnostiques (NRD) adultes algériens et comparaison internationale

Tableau 5 : Niveaux de Référence Diagnostiques (NRD) en scanographie pédiatrique (par acquisition)

Tableau 6 : Synthèse des analyses dosimétriques par examen (CTDIvol en mGy) – Adultes

Tableau 7 : Synthèse des analyses dosimétriques par examen (PDL en mGy·cm) – Adultes – IRSN 2021

Tableau 8 : Résultats des écarts relatifs obtenus pour le CTDIvol et le PDL

Tableau 9 : Paramètres d'acquisition des données scanographiques

Tableau 10 : Résultats dosimétriques – Scanner cérébral (adultes)

Tableau 11 : Résultats dosimétriques – Scanner thoracique (adultes)

Tableau 12 : Résultats dosimétriques – Scanner coronarien (adultes)

Tableau 13 : Résultats dosimétriques – Scanner urographique (adultes)

Tableau 14 : Résultats dosimétriques – Scanner cervical (adultes)

Tableau 15 : Résultats dosimétriques – Scanner abdomino-pelvien (adultes)

Tableau 16 : Résultats dosimétriques – Scanner thoraco-abdomino-pelvien (TAP) (adultes)

Tableau 17 : Résultats dosimétriques – Scanner lombaire (adultes)

Tableau 18 : Résultats dosimétriques – Scanner sinusien (adultes)

Tableau 19 : Résultats dosimétriques – Scanner des rochers (adultes)

Tableau 20 : Valeurs globales dosimétriques médianes (P50) et 75^e percentile (P75) du CTDIvol et du PDL

Tableau 21 : Comparaison des doses mesurées à l'hôpital avec les niveaux de référence nationaux (Algérie)

Tableau 22 : Comparaison des doses P75 (CTDIvol et PDL) avec les niveaux de référence IRSN (France)

Tableau 23 : Résultats dosimétriques par GHI – Examen cervical

Tableau 24 : Résultats dosimétriques par GHI – Examen lombaire

Tableau 25 : Résultats dosimétriques par GHI – Examen cérébral

Tableau 26 : Résultats dosimétriques par GHI – Examen thoracique

Tableau 27 : Résultats dosimétriques par GHI – Examen urographique

Tableau 28 : Résultats dosimétriques par GHI – Examen abdomino-pelvien

Tableau 29 : Résultats dosimétriques par GHI – Examen thoraco-abdomino-pelvien (TAP) Tableau 30 : Résultats dosimétriques par GHI – Examen des rochers

Tableau 31 : Détail des doses par indication clinique – Examens du crâne et du rachis cervical

Tableau 32 : Doses dosimétriques (CTDIvol et PDL) selon les indications cliniques – Examens thoraciques, abdomino-pelviens, TAP et lombaires

Tableau 33 : Comparaison des doses mesurées avec les niveaux de référence diagnostiques (NRD) – Tête et Cou

Tableau 34 : Comparaison des doses mesurées avec les niveaux de référence diagnostiques (NRD) – TAP et urographique

Tableau 35 : Valeurs médianes (P50) et 75^e percentile (P75) du CTDIvol et du PDL selon la tranche d'âge – Scanner cérébral pédiatrique

Tableau 36 : Valeurs médianes (P50) et 75^e percentile (P75) du CTDIvol et du PDL selon la tranche d'âge – Scanner abdomino-pelvien pédiatrique

Tableau 37 : Valeurs médianes (P50) et 75^e percentile (P75) du CTDIvol et du PDL selon la tranche d'âge – Scanner thoracique pédiatrique

Tableau 38 : Valeurs médianes (P50) et 75^e percentile (P75) du CTDIvol et du PDL selon la tranche d'âge – Scanner des rochers pédiatrique

Tableau 39 : Valeurs médianes (P50) et 75^e percentile (P75) du CTDIvol et du PDL selon la tranche d'âge – Scanner thoraco-abdomino-pelvien (TAP) pédiatrique

Tableau 40 : Résultats dosimétriques globaux – Groupe 1 : Cérébral et Rochers

Introduction générale

Au cours des dernières décennies, l'imagerie médicale a connu un essor considérable, en particulier avec l'utilisation croissante de la tomodensitométrie (TDM), ou scanner. Cet outil diagnostique précieux permet une visualisation fine et rapide des structures internes du corps humain, jouant un rôle essentiel dans la prise en charge des urgences, des pathologies tumorales, neurologiques et traumatiques.

Cependant, cette avancée technologique s'accompagne d'un enjeu majeur : l'exposition accrue des patients aux rayonnements ionisants. Bien que les bénéfices diagnostiques soient indéniables, il est essentiel de veiller à ce que les doses délivrées soient justifiées et optimisées, conformément aux principes de radioprotection énoncés par la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR).

Dans ce contexte, les Niveaux de Référence Diagnostiques (NRD) ont été introduits comme un outil d'évaluation des pratiques. Ils permettent de comparer les doses reçues avec des valeurs de référence établies à partir d'observations cliniques, favorisant ainsi l'identification des écarts et l'amélioration continue des protocoles.

L'objectif de ce mémoire est d'établir et d'optimiser les NRD au sein du service de radiologie de l'Hôpital Chahid Mahmoudi de Tizi-Ouzou, à partir de données dosimétriques recueillies lors d'examens réalisés sur des patients adultes et pédiatriques. Une comparaison avec les normes nationales et internationales permettra d'évaluer la conformité des pratiques locales, et de proposer des recommandations d'optimisation.

Chapitre I :

Généralité sur la Tomodensitométrie

et Paramètres Dosimétriques

I.1. Introduction :

La tomodensitométrie (TDM), également appelée scanner, a été introduite dans les années 1970. Elle a profondément transformé l'imagerie médicale en permettant la visualisation des structures internes du corps humain sous forme de coupes fines. Contrairement à la radiographie conventionnelle, qui ne fournit qu'une image bidimensionnelle, la TDM permet d'obtenir des images détaillées dans plusieurs plans, facilitant ainsi le diagnostic médical.

Aujourd'hui, cette technique est largement utilisée dans divers domaines cliniques tels que les services d'urgence, l'oncologie, la neurologie et la traumatologie. Elle permet, entre autres, de détecter rapidement des lésions cérébrales, des embolies pulmonaires, des tumeurs, ou encore des hémorragies internes.

I.2. Principe de fonctionnement du scanner

Le scanner fonctionne à l'aide d'un tube à rayons X qui tourne autour du patient pendant que ce dernier avance progressivement sur la table d'examen. Les rayons X traversent les différentes structures du corps et sont captés par des détecteurs placés à l'opposé du tube. Les signaux ainsi recueillis sont transmis à un ordinateur qui les traite pour reconstruire les images couche par couche.

L'appareil est capable de générer des images en deux dimensions (2D), mais aussi en trois dimensions (3D) grâce à des logiciels de reconstruction spécifiques. Ces images offrent une visualisation précise des organes internes, des structures osseuses, ainsi que des vaisseaux sanguins, facilitant ainsi le diagnostic médical.

I.3. Paramètres d'acquisition

Lors d'un examen en tomodensitométrie, plusieurs paramètres influencent la dose de rayonnement reçue par le patient. Ces paramètres doivent être ajustés avec soin afin d'optimiser le rapport dose/qualité d'image.

□ Kilo voltage (kV) : il détermine l'énergie des rayons X. Une réduction du kV permet, dans certains cas (notamment chez les patients de faible corpulence), de diminuer la dose, tout en améliorant le contraste des tissus mous.

□ Milli ampérage (mA) : plus le mA est élevé, plus le nombre de photons X est important, ce qui améliore la qualité de l'image mais augmente également la dose. Une diminution du mA réduit la dose, mais peut entraîner une image plus bruitée.

□ Pitch : le pitch est le rapport entre l'avancée de la table et la largeur du faisceau. Un pitch élevé permet de réduire la dose, mais peut altérer la qualité de l'image si trop élevé.

□ Épaisseur de coupe et collimation : des coupes plus fines permettent une meilleure résolution spatiale, mais augmentent la dose si les autres paramètres ne sont pas ajustés en conséquence

Ainsi, l'optimisation des paramètres d'acquisition est essentielle pour garantir une exposition minimale tout en assurant une qualité d'image suffisante pour un diagnostic fiable.

I.4. Mesures dosimétriques et indicateurs en tomодensitométrie

I.4.1. Mesures dosimétriques

L'évaluation des effets des rayonnements ionisants sur l'organisme nécessite l'utilisation de grandeurs dosimétriques adaptées. Ces grandeurs permettent de quantifier l'énergie déposée dans les tissus, de prendre en compte la nature du rayonnement, ainsi que la sensibilité des organes irradiés. Trois niveaux de grandeur sont utilisés en radioprotection : la dose absorbée, la dose équivalente, et la dose efficace. Ces indicateurs sont essentiels pour estimer les risques liés à l'exposition médicale et orienter les mesures de radioprotection.

I.4.2. Dose absorbée (D)

La dose absorbée représente la quantité d'énergie déposée par les rayonnements ionisants dans une masse donnée de matière.

Unité : Gray (Gy)

$$D = \frac{E}{m} \quad (1.1)$$

I.5. Indicateurs dosimétriques en tomodynamométrie

En tomodynamométrie, la mesure de la dose délivrée au patient repose sur des grandeurs physiques bien définies. Ces grandeurs permettent à la fois de quantifier la dose absorbée.

I.5.1. CTDI : Computed Tomography Dose Index

Le CTDI est une grandeur dosimétrique normalisée utilisée pour estimer la dose moyenne absorbée dans un fantôme standard, le long de l'axe z (axe du patient), pour une seule rotation du tube. Il est calculé en intégrant le profil de dose longitudinal délivré par un faisceau de rayons X à travers un fantôme cylindrique.

$$CTDI = \frac{1}{T} \times \int_{-50 \text{ mm}}^{+50 \text{ mm}} D(z) dz \quad (1.4)$$

(T = largeur de collimation, D(z) = dose en fonction de la position axiale z)

I.5.2. CTDI_w : CTDI pondéré

Le CTDI pondéré reflète la dose moyenne dans une coupe, en tenant compte de l'hétérogénéité entre le centre et la périphérie du fantôme.

$$CTDI_w = \left(\frac{1}{3} \times CTDI_{\text{centre}}\right) + \left(\frac{2}{3} \times CTDI_{\text{périphérique}}\right) \quad (1.5)$$

En pratique, cette intégrale est souvent approchée par la dose mesurée à l'aide d'une chambre crayon de 100 mm, d'où la notation CTDI₁₀₀.

I.5.3 CTDI_{vol} : CTDI volumique

Le CTDI_{vol} représente la dose moyenne délivrée dans tout le volume scanné, en tenant compte du mode hélicoïdal (spirale). Il permet de normaliser la dose en fonction du pitch (rapport entre la progression de la table par rotation et la largeur de la collimation).

$$CTDI_{\text{vol}} = \frac{CTDI_w}{\text{pitch}} \quad (1.6)$$

$$\text{Pitch} = \frac{\text{déplacement de la table en une rotation (mm)}}{\text{largeur de la collimation (mm)}} \quad (1.7)$$

I.5.4. DLP : Dose-Length Product

Le DLP (produit dose-longueur) est la dose intégrée sur la longueur totale du segment scanné.

Il permet de comparer la dose entre examens de longueurs différentes avec la même technique.

$$DLP = CTDI_{vol} \times L \quad (1.8)$$

(Où L la longueur scannée en cm)

I.6. Risque de cancer lié aux radiations des scanners médicaux

Selon la Commission Internationale de Protection Radiologique (ICRP), même les expositions à faible dose peuvent augmenter légèrement le risque de cancer, surtout en cas d'expositions répétées [1]. Il est donc essentiel de comprendre les mécanismes biologiques associés et d'adopter des stratégies de protection optimales.

I.6.1. Mécanismes biologiques de cancérogenèse

Lorsqu'un patient subit une exposition aux rayons X lors d'un examen TDM, plusieurs phénomènes biologiques peuvent survenir :

I.6.1.1. Cassures de l'ADN

Les rayonnements peuvent provoquer des cassures simple-brin, généralement réparées ou des cassures double-brin, plus complexes, qui peuvent engendrer des erreurs génétiques durables [1].

I.6.1.2. Mutations génétiques

Des erreurs de réparation de l'ADN peuvent affecter des gènes essentiels comme les gènes suppresseurs de tumeurs ou les proto-oncogènes, facilitant ainsi l'apparition de tumeurs [1].

I.6.2. Modèle linéaire sans seuil (LNT)

La relation dose-risque est décrite par le modèle linéaire sans seuil (Linear No-Threshold, LNT), adopté par l'ICRP [1]. Ce modèle considère que toute dose, même très faible, présente un risque, proportionnel à l'exposition. Ce principe justifie l'application stricte des règles de justification et d'optimisation (principe ALARA : As Low As Reasonably Achievable).

I.7. Niveaux de Référence Diagnostiques (NRD)

I.7.1. Introduction

Les niveaux de référence diagnostiques (NRD) sont des valeurs indicatives utilisées en imagerie médicale pour évaluer si les doses délivrées aux patients sont globalement justifiées et optimisées. Ils ne sont pas des limites réglementaires strictes, mais plutôt des seuils statistiques que les professionnels doivent essayer de ne pas dépasser dans des conditions normales d'examen [1] [2].

En général, les NRD sont définis sur la base du 75^e percentile des doses observées dans plusieurs centres, ce qui signifie que 75 % des établissements se situent en dessous de cette valeur [2]. Cela permet d'identifier facilement les pratiques qui utilisent des doses anormalement élevées, et de favoriser l'optimisation des protocoles.

I.7.2. Cadres réglementaires (Algérie et international)

La radioprotection est une discipline essentielle dans le domaine de la radiologie, car elle vise à réduire les risques associés aux radiations ionisantes, qu'elles proviennent des examens médicaux, des traitements ou d'autres sources. À cet effet, divers cadres réglementaires ont été mis en place au niveau international, afin d'assurer une gestion optimale de l'exposition aux radiations.

- **ICRP (Commission Internationale de Protection Radiologique)** : elle recommande les NRD comme outil de surveillance de l'exposition médicale, et définit les principes de justification et d'optimisation [2].
- **AIEA (Agence Internationale de l'Énergie Atomique)** : elle soutient l'utilisation des NRD dans les pays membres pour améliorer la radioprotection [3].
- **Union Européenne (EURATOM)** : la directive 2013/59/Euratom impose aux pays membres de mettre en place des NRD nationaux, révisés régulièrement [4].

- **France (ASN – IRSN)** : les NRD sont définis par arrêté (2011) et décision réglementaire (2019), en particulier dans le domaine du scanner médical [5].
- **Algérie**, des études récentes ont permis de proposer des NRD locaux, à partir de données recueillies dans différents hôpitaux publics et privés. Ces données sont regroupées et analysées pour chaque type d'examen, selon les recommandations de l'AIEA et de la SFPM

Chapitre II : Matériel et Méthodes

II.1. Introduction

L'étude a été réalisée au sein du service de radiologie de l'Hôpital Chahid Mahmoudi de Tizi Ouzou, sur une période allant de janvier à mai 2025. Ce service est équipé de deux scanners GE Revolution Evo, utilisé pour les examens diagnostiques.

L'appareil utilisé capable de réaliser des examens en coupes fines avec reconstructions multiplanaires. Il permet aussi d'enregistrer automatiquement les indicateurs dosimétriques (CTDIvol et DLP) à la fin de chaque examen [8].

II.2. Deux scanners GE Revolution Evo de même modèle



Figure 1 : scanner GE Revolution Evo

II.3. Caractéristiques de scanner

Le tableau 1 : ci-dessous présente les caractéristiques techniques du **GE Revolution EVO**

Caractéristiques	GE Revolution EVO
Gamme de tension (kV)	80 – 140
mAs maximal	740
Champ de vue (FOV) (mm)	500
Nombre de barrettes (canaux)	64
Matrice de reconstruction	512 × 512

Tableau 1: Caractéristiques du scanner utilisé

II.4. Mesure du CTDI (Indice de Dose Tomographique)

Cette étude a été réalisée par deux étudiantes, Mlle Benhamou Nesrine et Mlle Ould Ahmed Sabrina, dans le cadre de leur master en physique médicale à l'Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediène. Le thème de leur travail est intitulé : "Assurance qualité autour des installations radiologiques fixes". Dans cette section, nous présenterons le matériel utilisé, ainsi que les résultats obtenus concernant la quantification de l'écart entre les valeurs mesurées du CTDI (Computed Tomography Dose Index) et du DLP (Dose-Length Product) et celles affichées.

II.5. Les Paramètres d'acquisition

Le tableau 2 : ci-dessous présente les paramètres relatifs au **CTDI_{vol}** pour deux types d'examen, à savoir pour la tête (16 cm) et pour le corps (32 cm).

Paramètre	CTDI (Tête – 16 cm)	CTDI (Corps – 32 cm)
Type de filter	Head	Body
DFOV (cm)	17.8	34.9
Temps de rotation (s)	1	1
Collimation (mm)	1.25	1.25
Pitch	0.516	0.984

Tableau 2: Paramètres d'acquisition utilisés pour la mesure du CTDI

II.6. Le Matériel utilisés pour la mesure du CTDI

II.6.1. Système dosimétrique

- Fantôme

Deux fantômes PMMA cylindriques en poly (méthyl méthacrylate) sont utilisés pour simuler respectivement la région crânienne (diamètre 16 cm) et De la région pelvis (diamètre 32 cm). Chaque fantôme comporte cinq alésages (un central et quatre périphériques disposés à 90°) conçus pour accueillir la chambre d'ionisation et les tiges de matériau calibré.

- **Chambre d'ionisation Crayon**

La chambre d'ionisation utilisée est une chambre de PTW Model TM30000 qui est un modèle cylindrique spécifiquement conçue pour la dosimétrie en tomodensitométrie (CT). Elle permet la mesure de la charge ionique sur une longueur de 10 mm, avec un volume sensible de 3.14cm^3 . Elle est compatible avec les électromètres de la marque PTW, elle peut être utilisée pour des mesures dosimétriques dans l'air ou dans fantômes cylindriques (Figure 1).



Figure 1 : Chambre d'ionisation de type « crayon »

- **L'électromètre** : De type PTW UNIDOS E [Réf T10008], [SN 082005]



Figure 2 : Electromètre



Figure 4 : Fantôme de la région tête

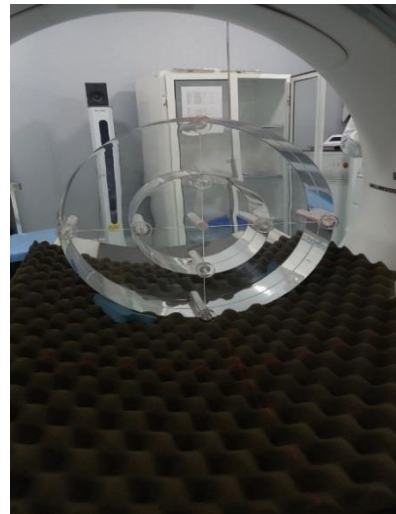


Figure 5: Fantôme de la région pelvis

II.7. Méthodes

Le fantôme est positionné au niveau de la table de l'appareil, puis aligné grâce aux repères laser selon les axes transversal et longitudinal. Les quatre tiges de PMMA sont insérées dans les alésages périphériques, laissant l'alvéole centrale libre pour la chambre d'ionisation. (Figure 6)

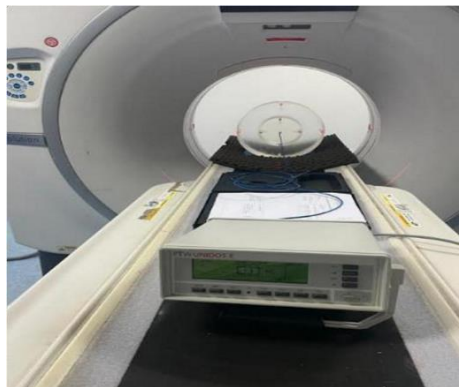


Figure 6: Le fantôme est positionné au niveau de la table

La calibration appropriée de l'électromètre est sélectionné dans la bibliothèque intégrée. Les valeurs de température et de pression ambiantes sont saisies afin de corriger la densité de l'air. Un contrôle zéro est effectué avant chaque série de mesures.

II.7.1. Mesure en air libre (CTDI air)

La chambre d'ionisation est positionnée parallèlement à l'axe de rotation, sans atténuation par le fantôme. Un patient fantôme est créé sur la console, puis sont réalisées des acquisitions axiales et hélicoïdales (figure 7).

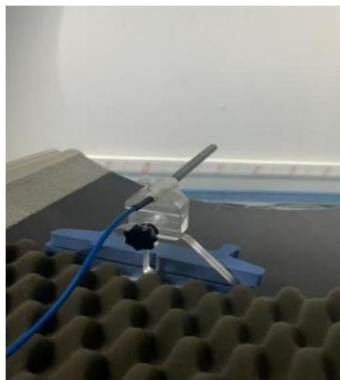


Figure 7 : Mesure en air libre (CTDI air)

II.7.2. Mesure dans le fantôme (CTDIvol)

La chambre est successivement placée dans l'alésage central, puis dans chacun des quatre alésages périphériques. À chaque position, les mêmes séries d'acquisitions (axial et hélicoïdal, identiques en kV et mAs) sont effectuées. (figure.8)

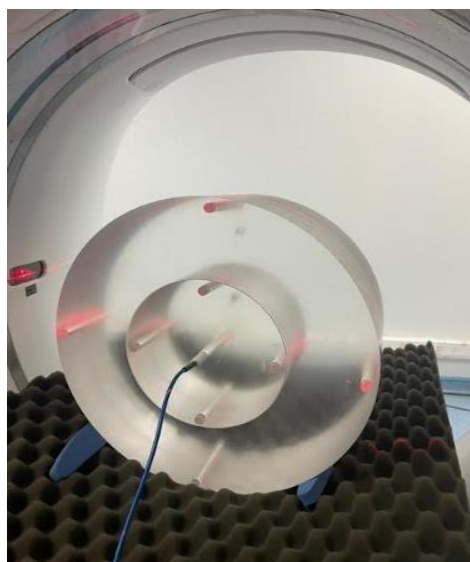


Figure 8 : Mesure dans le fantôme (CTDIvol)

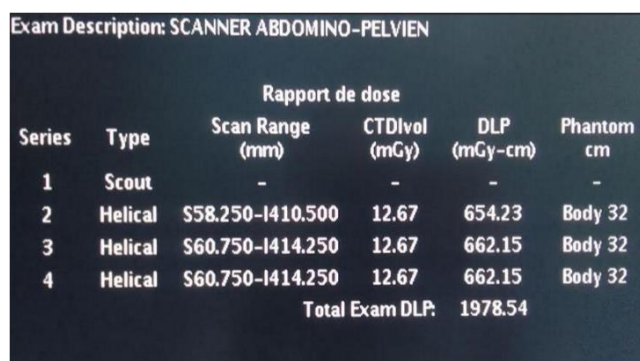
II.8. Population étudiée pour déterminer les niveaux de référence diagnostiques (NRD)

L'analyse porte sur deux groupes de patients :

Patients adultes total = 416 examens ayant réalisé un scanner cérébral, thoracique, TAP, abdominopelvien, lombaire, cervical, CORO, URO, sinus, rochers.

Patients pédiatriques ayant réalisé un scanner cérébral, thoracique, TAP, abdominaux pelvien, sinus, rochers. Regroupés par tranches d'âge (0–1 an, 1–5 ans, etc.), selon les recommandations de l'AIEA [3]

Pour chaque examen, les doses ont été relevées à partir de la console du scanner après chaque acquisition. (Figure 9)



Exam Description: SCANNER ABDOMINO-PELVIEN					
Rapport de dose					
Series	Type	Scan Range (mm)	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy-cm)	Phantom cm
1	Scout	-	-	-	-
2	Helical	\$58.250-1410.500	12.67	654.23	Body 32
3	Helical	\$60.750-1414.250	12.67	662.15	Body 32
4	Helical	\$60.750-1414.250	12.67	662.15	Body 32
Total Exam DLP:				1978.54	

Figure 9: Image de la console

Les examens ont été sélectionnés de façon rétrospective, sur une période de plusieurs mois (préciser), à partir du registre du service de radiologie.

II.9. Collecte des données dosimétriques

Pour chaque patient, les données suivantes ont été collectées :

Type d'examen, Sexe et âge, CTDIvol (mGy), DLP (mGy·cm), Longueur de scan (cm), Pitch, Collimation, KV, mA, Nombre d'image, Type acquisition, Rotation, Pathologie

Ces données sont regroupées sous forme de tableaux et présentées avec des histogrammes CTDIvol et DLP selon l'ID du patient, et des box plots par examen.

II.10. Méthode de calcul des niveaux de référence diagnostiques (NRD)

L'analyse statistique a été réalisée avec Microsoft Excel, en suivant les recommandations de la SFPM et de l'IRSN [5] [7]. L'ensemble des valeurs du CTDIvol et de DLP collectées pour chaque examen a été traité et triées par ordre croissant pour chaque catégorie d'examen.

II.10.1. Les étapes de traitement

de données Incluent deux

méthodes :

Méthode 1 : Par régions anatomiques, ex scanner cérébral.

Méthode 2 : Par indication clinique, ex TAP/Bilan Tumoral

II.10.2. Calcul du 75e percentile : le NRD local a été défini comme le 75e percentile des valeurs dosimétriques enregistrées. Le rang correspondant a été déterminé à l'aide de la formule suivante :

$$R = \frac{75}{100} \times (n+1) \quad (3.1)$$

Où n représente le nombre total de patients inclus dans l'échantillon pour un type d'examen donné. Lorsque le rang R n'est pas un entier, une interpolation linéaire a été appliquée entre les deux valeurs encadrant ce rang.

II.10.3. Calcul des statistiques descriptives :

Pour contextualiser les résultats, l'écart-type, la médiane et les quartiles ont également été calculés pour chaque série de données (CTDIvol et DLP).

- Les figures ont été réalisées sous forme d'histogrammes et boxplots(en annexe).
- Des tableaux lissants les valeurs individuelles CTDIvol et DLP
- Des histogrammes : CTDIvol et DLP selon les identifiants patients
- Des box plots montrant la dispersion des valeurs avec P50 et P75
- Des tableaux comparatifs NRD Hôpital / Algérie / IRSN /ASN

En comparant la médiane et le P75, on peut évaluer la dispersion des doses :

- Si le P75 est proche de la médiane, cela signifie que les doses sont assez

homogènes entre les patients.

- En revanche, si le P75 est nettement plus élevé, cela indique qu'il y a des patients qui reçoivent des doses beaucoup plus élevées que les autres, ce qui peut être le signe d'une variabilité des pratiques cliniques ou de protocoles différents.

II.11. Répartition des 17 Groupes Homogènes d'Indication (GHI) selon les Régions Anatomiques

Afin d'évaluer les niveaux de référence diagnostiques (NRD) en tomodensitométrie, une classification des examens selon des Groupes Homogènes d'Indication (GHI) a été retenue. L'analyse porte ici sur 17 GHI répartis dans 9 grandes régions anatomiques. [6] (tableau 3).

Région anatomique	GHI	Abréviations
Thorax, abdomen pelvis (TAP)	Bilan tumoral	TAP/BilanTumoral
	Recherche/bilan foyers infectieux	TAP/BilanInfectieux
	EXTENSION	TAP/EXTENSION
Oreilles/Rochers	Traumatisme et surdité	ROC/Trauma-Surd.
Mandibules/Maxillaire	Dentascan	MAX/Dentascan
Cou	Névrалgie cervico-brachiale (NCB), douleurs, cervicalgies, traumatismes	COU/NCB-Trauma
Thorax	Embolie pulmonaire (hors TRO)	THX/Embolie
	BPCO, emphysème, pneumothorax	THX/BPCO
	Maladie infectieuse, pneumopathie infectieuse	THX/Infectieux
	Recherche de métastases pulmonaires	THX/MétaPulm
Abdomen pelvis (AP)	Syndrome occlusif	AP/Occlus
	Douleurs abdominales, suspicion d'appendicite et de sigmoïdite, péritonites, perforation digestive	AP/Douleurs
	Colique néphrétique	AP/Colique
Pelvis	Pelvis scanner	GYN/Pelviscan
Thorax, abdomen pelvis (TAP)	Bilan tumoral	TAP/BilanTumoral
	Recherche/bilan foyers infectieux	TAP/BilanInfectieux
Corps entier	Polytraumatisés	URG/Polytrauma

Tableau 3: Liste des 17 GHI dans 9 régions anatomiques retenues pour l'analyse et leurs abréviations.

II.12. Comparaison des niveaux de référence diagnostiques (NRD) entre les valeurs locales, nationales et internationales

Dans le cadre de l'optimisation des pratiques en imagerie médicale, nous allons faire une comparaison des niveaux de référence diagnostiques (NRD) de l'hôpital Chahid Mahmoudi obtenue avec des niveaux de référence d'une étude nationale publiée [11] (tableau 4) ainsi que des (NRD) internationales, notamment l'IRSN (France) et l'ASN. [5]. [6].

II.12.1. Les niveaux de référence diagnostiques (NRD) d'une étude nationale

Exam	Etude		France		Erland		Italy		Japan	
	CTDI	DLP	CTDI	DL P	CTDI	DLP	CTD I	DL P	CTDI	DL P
Head	71	1282	46	850	65	1000	69	1312	85	1350
Thora x	16	555	9.5	350	10	400	15	569	15	550
Abd	18	671	–	–	15	680	18	555	–	–
AP	21	950	13	625	15	650	18	920	20	1000
LS	36	957	28	725	30	850	42	888	–	–
TAP	18	994	11	750	15	1000	17	1200	18	1300

Tableau 4: Niveaux de Référence Diagnostiques (NRD) adultes algériens et comparaison international

II.12.2. Niveaux de référence diagnostique pédiatrique internationale de l'ASN

Dans le domaine de la scanographie, la décision de l'ASN du 18 avril 2019 définit les modalités d'évaluation des doses délivrées aux patients et impose une mise à jour régulière des niveaux de référence diagnostiques (NRD). Cette réglementation a pour objectif de surveiller les pratiques, d'identifier les écarts aux valeurs de référence (tableau 5).[5]

Catégories	(0 à 1 an)		(1 à 5 ans)		(5 à 10 ans)		(10 à 18ans)	
	IDSV	PDL	IDSV	PDL	IDSV	PDL	IDSV	PDL
Encéphale	20	320	22	360	26	470	*	*
Rochers	*	*	43	240	51	330	*	*

Thorax	1,1	20	1,3	26	1,4	40	*	*
ABD PLV	*	*	2	65	2,5	95	4	180

Tableau. 5: NRD en scanographie chez enfant pour une acquisition

II.12.3. Niveaux de référence diagnostique internationale de l'IRSN

Les tableaux (6 et 7) présentent une synthèse des analyses dosimétriques réalisées en scanographie chez l'adulte en France, selon les données de l'année 2021 issues de l'IRSN (Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire) [4]. Ces analyses s'appuient sur deux indicateurs dosimétriques principaux le CTDI vol et PDL.

II.12.3.1. Synthèse des analyses réalisées en scanographie chez l'adulte, par examen (CTDI vol en mGy) L'IRSN 2021

Type d'examen	N 2021	NRD	75 ^e	50 ^e
Encéphale	431 (1245)	46	39,6	36,6
Thorax	406 (1176)	9,5	9,5	8,5
TAP	295 (775)	15	15	13
Abdomen-pelvis	389 (1049)	15	15	13
Sinus	(515)	16	14	11
Thorax-abdomen	(129)	15	13	11
CORO	(42)	15	13	10

Tableau 6 : Synthèse des analyses réalisées en scanographie chez l'adulte, par examen (CTDIvol mGy)

II.12.3.2. Synthèse des analyses réalisées en scanographie chez l'adulte, par examen (DLP en mGy·cm) L'IRSN 2021

Type d'examen	N 2021	NRD	75 ^e	50 ^e
Encéphale	431 (1415)	850	734	673
Thorax	406 (1176)	350	208	184
Thorax-abdomen-pelvis	295 (775)	800	712	593
Abdomen-pelvis	389 (1049)	525	475	405
Rachis lombaire	179 (489)	500	440	370
Sinus de la face	(515)	250	197	151
H Thorax-abdomen	(129)	500	393	315
Cœur (prospectif)	(42)	300	220	188
Cœur (rétrospectif)	(59)	850	540	405

Tableau 7 : Synthèse des analyses réalisées en scanographie chez l'adulte, par examen (PDL en mGy·cm) L'IRSN

Chapitre III : Résultats et discussions

III.1. Introduction :

Ce chapitre présente les valeurs dosimétriques (CTDIvol et DLP) enregistrées pour les différents types d'examens scanner réalisés chez les patients adultes et enfants.

Les résultats sont détaillés sous forme de tableaux et représentés graphiquement à travers des histogrammes et des box plots, afin de visualiser la distribution des doses et d'en extraire les médianes (P50) et les percentiles 75 (P75).

III.2. Résultantes mesure du CTDI (Indice de Dose Tomographique)

Les valeurs mesurées à l'aide d'un dispositif dosimétrique externe (CTDIvol et PDL) ont été comparées à celles affichées par l'appareil. Les écarts relatifs ont ensuite été calculés afin d'estimer la fiabilité de l'affichage dosimétrique pour CTDI vol la tolérance est de ± 20 . Les résultats obtenus sont regroupé dans le (tableau .8) suivant :

		Mesuré		affiché		Ecart (%)	
		CTDI-vol (mGy)	PDL (mGy.cm)	CTDI-vol (mGy)	PDL (mGy.cm)	CTDI-vol	PDL
<i>Scanner 1</i>	Body	28.32	474.38	23.87	495.45	18.64	4.25
	Tête	40.45	677.96	35.57	677.96	13.73	6.70
<i>Scanner 2</i>	Body	27.67	470.39	23.86	521.05	15.97	9.72
	Tête	42.01	693.27	38.41	792.57	9.38	12.52

Tableau 8: Résultantes des ecart relatif obtenu pour le CTDI –vol et PDL.

Discutions : Selon les recommandations internationales (IAEA, guide RP 162), nous sommes dans la tolérance

III.3. Les paramètres d'acquisition des données scanographiques

Le tableau (tableau .9) suivant présente les valeurs de (kV) et mA utilisées pour chaque type d'examen, reflétant la variabilité des réglages techniques selon la région anatomique.

Examen	kV	mA
Cérébral	120	249 – 340
TAP	120	249 – 447

Abdo-Pelvien	120	249
Cervical	120	249
Lombaire	120	249 – 450
Rochers	120 – 140	160 – 400
Sinus	120	60
Thoracique	120	249 – 415

Tableau 9: Paramètres d'acquisition des données scanographiques

III.1. Résultats de calcul des niveaux de référence diagnostiques (NRD adultes par régions anatomiques

III.1.1. Scanner cérébral

Ce tableau 10 synthétise les résultats dosimétriques obtenus sur un échantillon de 31 patients adultes ayant réalisé un scanner cérébral. Les mesures concernent les valeurs de CTDIvol (en mGy) et de DLP (en mGy·cm), avec les médianes (P50) et les 75^e percentiles (P75)

Calcul	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy·cm)
Médiane (P50)	79.38	1715.12
75^epercentile (P75)	81.13	1920.32

Tableau 10: Résultats dosimétriques – Scanner cérébral (adultes).

III.1.2. Etude et estimation de la dose

Ces histogrammes représentent les doses délivrées à 31 patients adultes lors d'un scanner cérébral. Les valeurs de P50 (médiane) et de P75 (75^e percentile) pour le CTDIvol et le DLP y sont clairement visibles, permettant d'observer la répartition et la dispersion des données dosimétriques. (Figure 10 et figure 11)

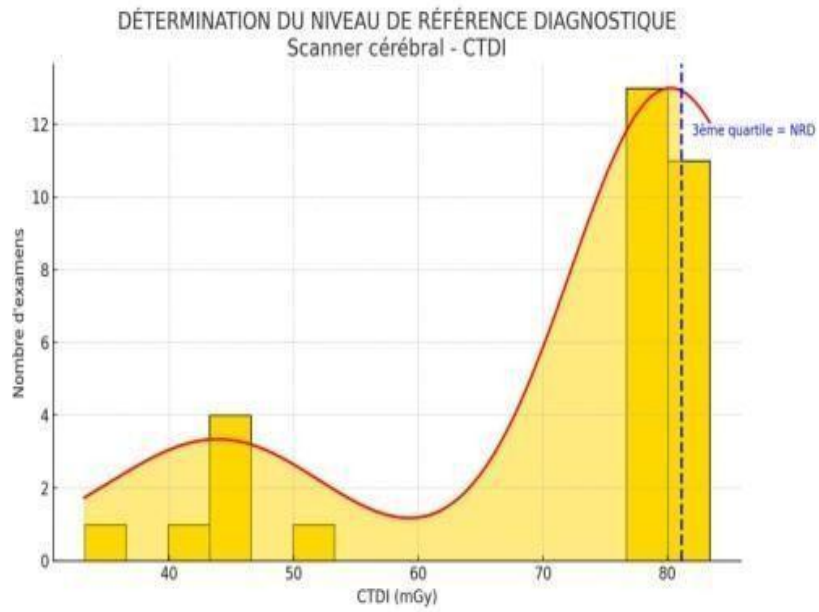


Figure 10 : Histogramme des valeurs CTDIvol scanner cérébral (adultes).

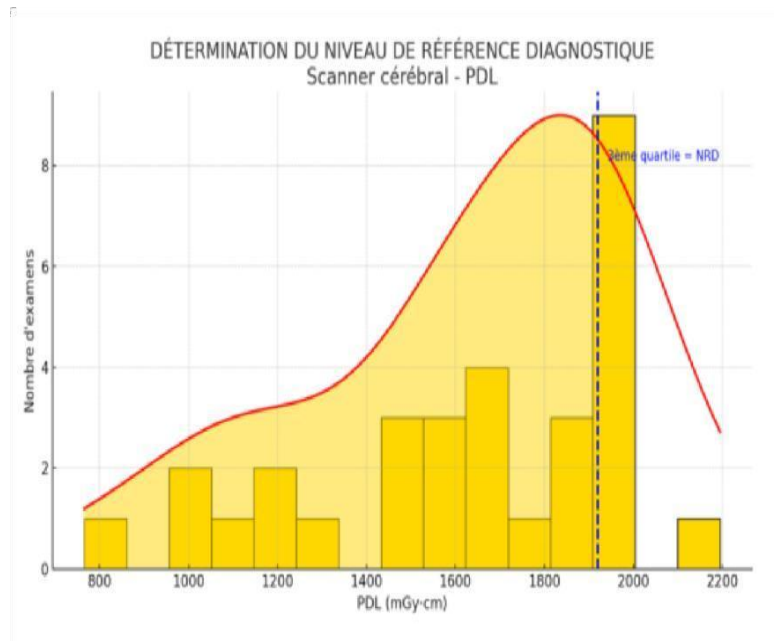


Figure 11 : Histogramme des valeurs PDL scanner cérébral (adultes).

III.1.3. Interprétation des histogrammes CTDIvol et PDL

- L’histogramme du CTDIvol montre une distribution concentrée autour de la médiane de 79,38 mGy, avec un 75^e percentile à 81,13 mGy. Cela signifie que les protocoles d’acquisition sont appliqués de façon homogène
- L’histogramme du PDL affiche une variabilité plus marquée, avec une médiane de 1715,12 mGy·cm et un 75^e percentile à 1920,32 mGy·cm. Cette dispersion plus large s’explique par des différences dans la longueur des examens (zone anatomique explorée, séquences répétées, protocoles adaptés à la pathologie).

III.2. Scanner thoracique

Ce tableau 11 synthétise les résultats dosimétriques obtenus sur un échantillon de 22 patients adultes ayant réalisé un scanner thoracique. Les mesures concernent les valeurs de CTDIvol (en mGy) et de DLP (en mGy·cm), avec les médianes (P50) et les 75^e percentiles (P75).

Mesure	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy·cm)
Médiane (P50)	9.26	416.69
75^e percentile (P75)	9.64	456.94

Tableau 11 : Résultats dosimétriques – Scanner thoracique (adultes).

III.2.1. Étude et estimation de la dose

Ces histogrammes représentent les doses délivrées à 22 patients adultes lors d’un scanner thoracique. Les valeurs de P50 (médiane) et de P75 (75^e percentile) pour le CTDIvol et le DLP y sont clairement visibles, permettant d’observer la répartition et la dispersion des données dosimétriques. (Figure 11 et figure 12)

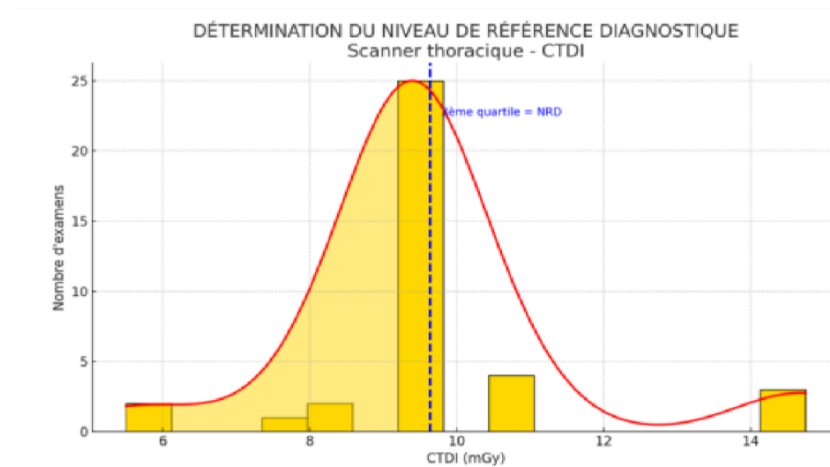


Tableau 11: Histogramme des valeurs CTDIvol scanner thoracique (adultes)

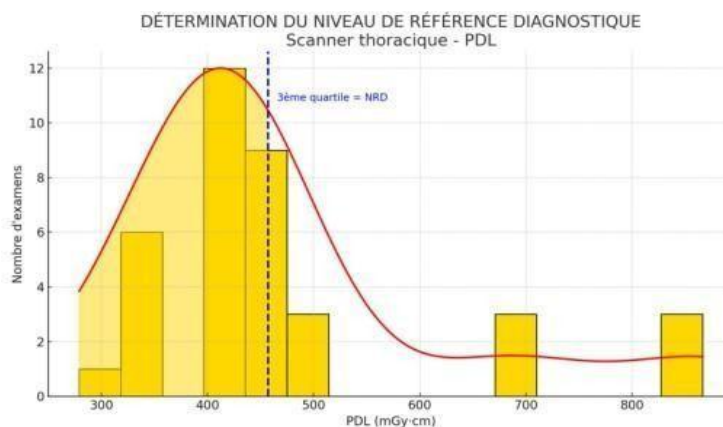


Tableau 12: Histogramme des valeurs PDL scanner thoracique (adultes)

III.2.2. Interprétation des histogrammes CTDIvol et PDL

- L'histogramme du CTDIvol montre une distribution resserrée autour de la médiane de 9,26 mGy, avec un 75^e percentile à 9,64 mGy. Cette dispersion traduit une bonne homogénéité dans l'application des protocoles thoraciques, souvent standardisés pour ce type d'examen
- L'histogramme du PDL présente une variabilité un peu plus marquée, avec une médiane de 416,69 mGy·cm et un 75^e percentile à 456,94 mGy·cm. Cette variation peut s'expliquer par des différences dans la longueur de balayage, influencées par la taille du thorax, les protocoles cliniques (scan simple, injecté), ou encore la nécessité de répéter certains

segments. Malgré cette dispersion, les valeurs restent dans une plage cohérente avec les recommandations de bonne pratique

III.3. Scanner CORO

Ce tableau. 12 présente les données pour 19 patients pour évaluer la dose au cours de scanners coronariens. Les mesures incluent les valeurs de CTDIvol (en mGy) et de DLP (en mGy·cm), avec les médianes (P50) et les 75^e percentiles (P75).

Mesure	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy·cm)
Médiane (P50)	20.09	415.37
75^e percentile (P75)	24.94	517.45

Tableau 12: Scanner coronarien (adultes)

III.3.1. Étude et estimation de la dose

Ces histogrammes représentent les doses délivrées à 19 patients adultes lors d'un scanner coronariens. Les valeurs de P50 (médiane) et de P75 (75^e percentile) pour le CTDIvol et le DLP y sont clairement visibles, permettant d'observer la répartition et la dispersion des données dosimétriques. (Figure 13 et figure14)

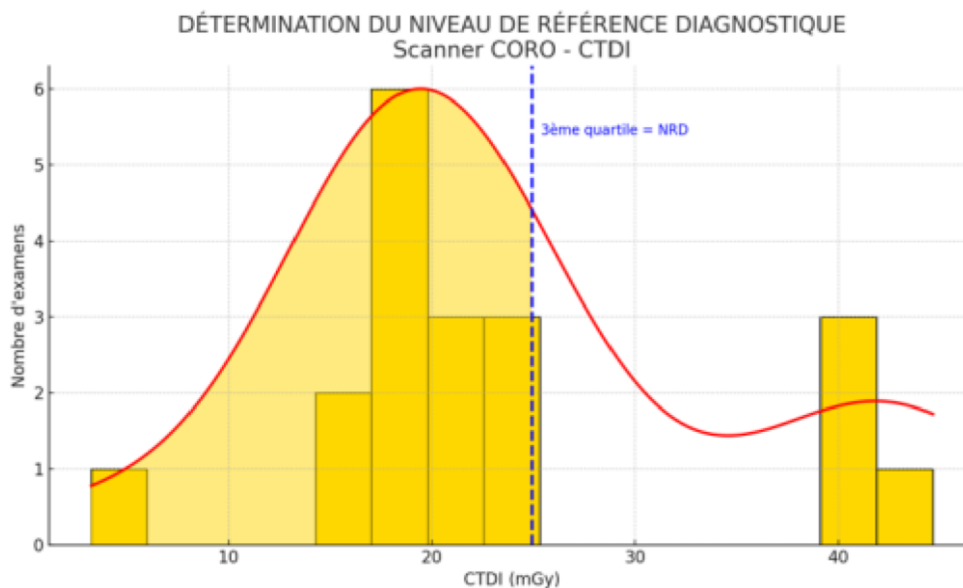


Figure 14: Histogramme des valeurs CTDIvol scanner CORO

Histogramme : PDL

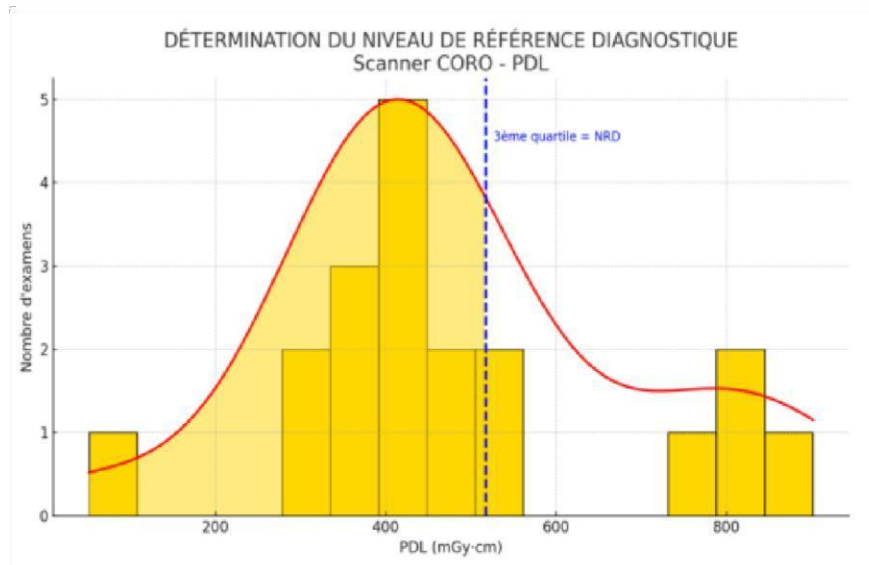


Figure 14: Histogramme des valeurs PDL scanner CORO (adultes)

III.3.2. Interprétation des histogrammes CTDIvol et PDL – Scanner coronarien (adultes)

- L'histogramme du CTDIvol présente une distribution modérément étalée, avec une médiane de 20,09 mGy et un 75^e percentile à 24,94 mGy. Cette légère dispersion est typique des examens coronariens, souvent influencés par des paramètres physiologiques du patient comme le rythme cardiaque, la masse corporelle ou la qualité de synchronisation avec l'ECG. Cela suggère une variabilité maîtrisée, résultant d'une adaptation technique individualisée pour optimiser la qualité d'image du cœur en mouvement.
- L'histogramme de PDL indique également une variabilité modérée, avec une médiane de 415,37 mGy·cm et un 75^e percentile de 517,45 mGy·cm. Ces valeurs traduisent les différences de longueur du balayage cardiaque, selon qu'il s'agisse d'un angioscanner coronarien simple ou d'un examen plus complet (incluant aorte thoracique ou artères pulmonaires), mais elles restent dans une plage acceptable.

III.4. Scanner urographie

Ce tableau .13 présent les données dosimétriques pour 31 patients ayant bénéficié d'un scanner urographie. Les mesures incluent les valeurs de CTDIvol (en mGy) et de DLP (en mGy·cm), avec les médianes (P50) et les 75^e percentiles (P75).

Mesure	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy·cm)
Médiane (P50)	12.41	668.72
75 ^e percentile (P75)	12.67	722.46

Tableau 13: Scanner urographie (adultes)

III.4.1. Étude et estimation de la dose

Ces histogrammes illustrent les doses délivrées à 31 patients adultes lors d'un scanner urographie. Les valeurs de P50 (médiane) et de P75 (75^e percentile) pour le CTDIvol et le DLP y sont clairement visibles, permettant d'observer la répartition et la dispersion des données (figure 14 et figure 15)

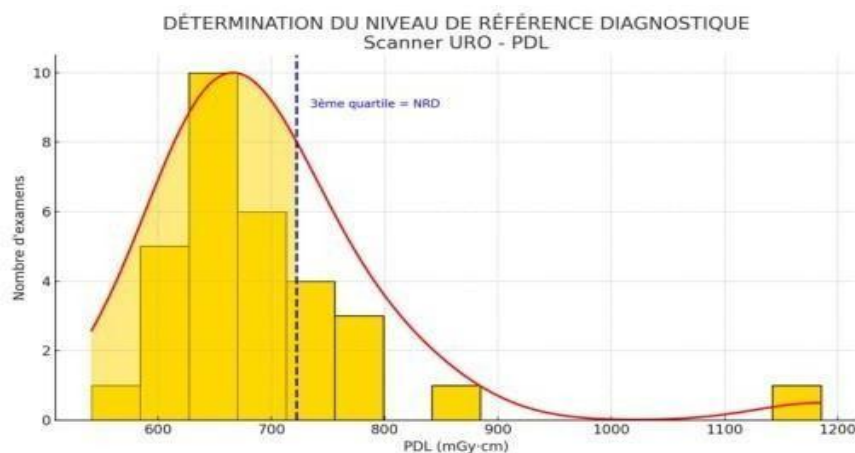


Figure 14: Histogramme des valeurs CTDIvol scanner urographie (adultes)

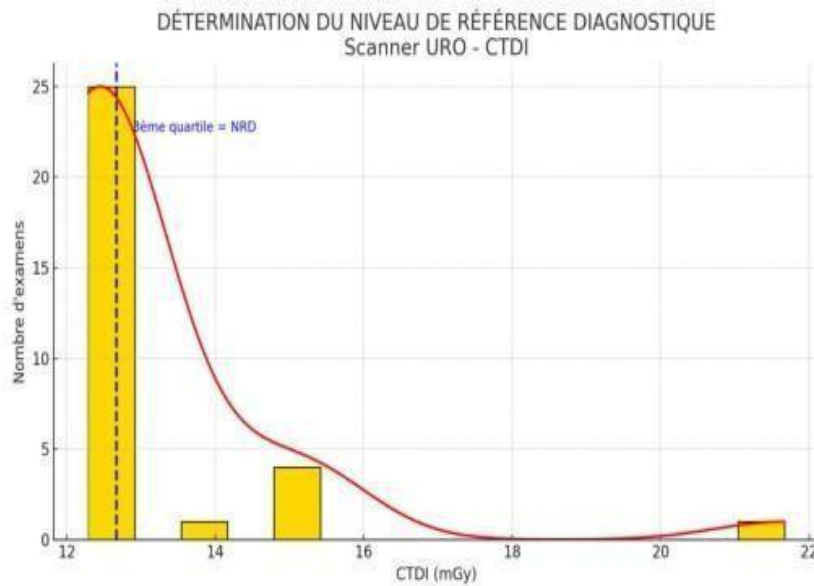


Figure 15: Histogramme des valeurs CTDIvol scanner urographie (adultes)

III.4.2. Interprétation des histogrammes CTDIvol et PDL

- L'histogramme du CTDIvol montre une distribution étroite, avec une médiane de 12,41 mGy et un 75^e percentile à 12,67 mGy. La faible différence entre ces deux valeurs indique une homogénéité importante dans la pratique, traduisant l'utilisation d'un protocole standardisé pour ce type d'examen. Cela reflète une bonne maîtrise technique de l'exposition au niveau volumique.
- L'histogramme du PDL, quant à lui, présente une variabilité légèrement plus marquée, avec une médiane de 668,72 mGy·cm et un 75^e percentile de 722,46 mGy·cm. Cette dispersion reste modérée et peut s'expliquer par des différences anatomiques interindividuelles (taille des reins, longueur de l'axe urinaire) ou par des variations dans la couverture scanographique (parfois étendue au pelvis ou au haut de l'abdomen selon l'indication).

III.5. Scanner cervical

Ce tableau 14 présente les données dosimétriques pour un examen réalisé sur 32 patients adultes. Les mesures incluent les valeurs de CTDIvol (en mGy) et de DLP (en mGy·cm), avec les médianes (P50) et les 75^e percentiles (P75).

Mesure	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy·cm)
Médiane (P50)	16.54	483.35
75 ^e percentile (P75)	19.61	616.98

Tableau 14: Scanner cervical (adultes)

III.5.1. Étude et estimation de la dose pour examen scanner cervical

Ces histogrammes représentent les doses délivrées à 32 patients adultes lors d'un scanner cervical. Les valeurs de P50 (médiane) et de P75 (75^e percentile) pour le CTDIvol et le DLP y sont clairement visibles, permettant d'observer la répartition et la dispersion des données. (figure 16 et figure 17)

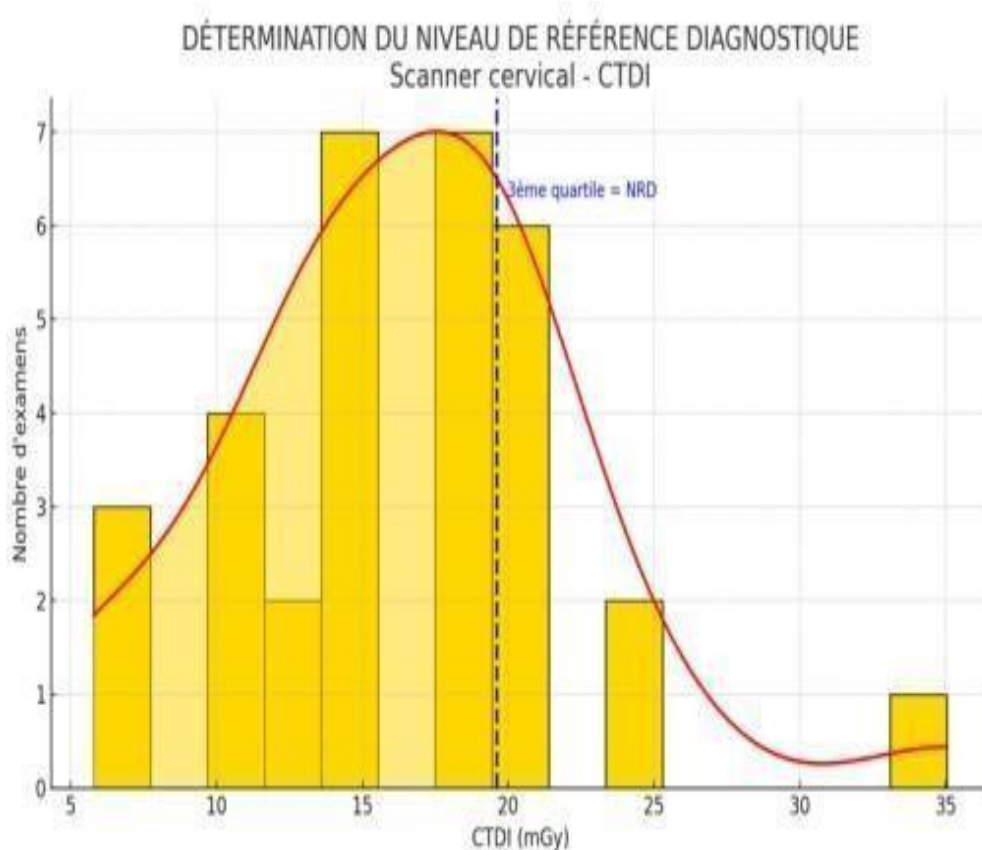


Figure 16: Histogramme des valeurs CTDIvol scanner cervical (adultes)

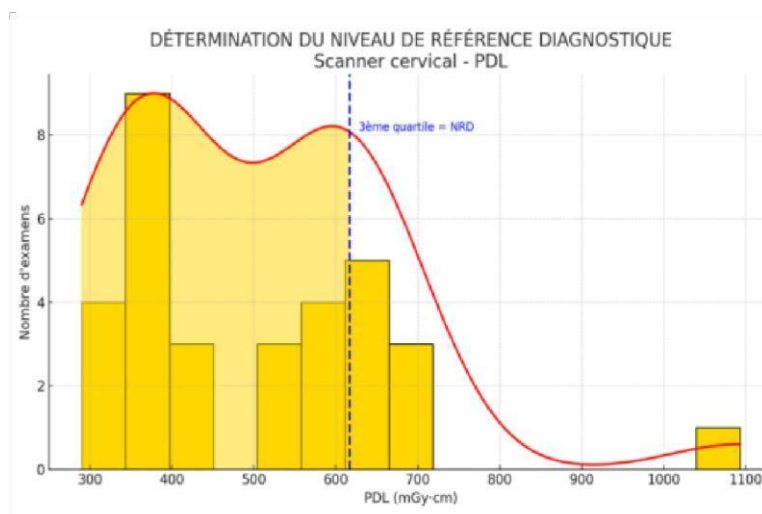


Figure 17: Histogramme des valeurs PDL scanner cervical (adultes)

III.5.2. Interprétation des histogrammes CTDIvol et PDL – Scanner cervical (adultes)

- L’histogramme du CTDIvol montre une médiane de 16,54 mGy avec un 75^e percentile à 19,61 mGy. Cette variation modérée reflète une légère hétérogénéité dans les protocoles utilisés. Cela peut être lié à des ajustements du courant tube ou de la collimation, en fonction de la morphologie du patient ou de la pathologie explorée (traumatisme, tumeur, compression médullaire...).
- L’histogramme du PDL révèle une médiane de 483,35 mGy·cm et un 75^e percentile de 616,98 mGy·cm, ce qui indique une variabilité notable de la longueur balayée. Cette dispersion est justifiée par les différences dans les segments, ou selon qu’il s’agisse d’un protocole injecté ou non.

III.6. Scanner abdomino-pelvien

Ce tableau 15 présente les données dosimétriques pour un examen réalisé sur 29 patients adultes. Les mesures incluent les valeurs de CTDIvol (en mGy) et de DLP (en mGy·cm), avec les médianes (P50) et les 75^e percentiles (P75).

Mesure	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy·cm)
Médiane (P50)	12.67	678.62
75 ^e percentile (P75)	13.16	739.43

Tableau 15: Scanner abdomino-pelvien (adultes)

III.6.1. Étude et estimation de la dose

Ces histogrammes regroupent les données de 30 patients pour un examen abdomino-pelvien. Les valeurs de P50 (médiane) et de P75 (75^e percentile) pour le CTDIvol et le DLP y sont clairement visibles, permettant d'observer la répartition et la dispersion des données dosimétriques (figure 17, figure 18)

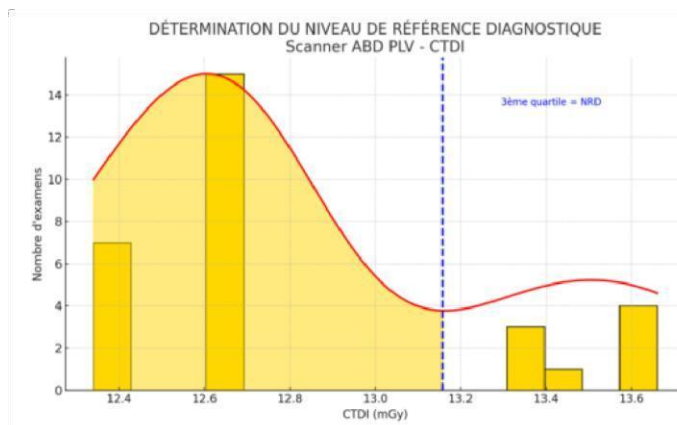


Figure 17: Histogramme des valeurs CTDIvol scanner abdomino-pelvien (adulte)

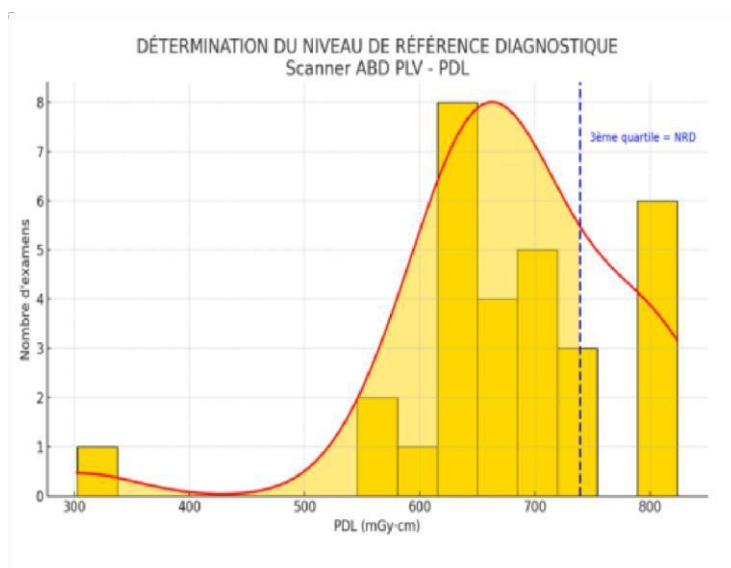


Figure 18: Histogramme des valeurs PDL scanner abdomino-pelvien (adulte)

III.6.2. Interprétation des histogrammes CTDIvol et PDL – Scanner abdomino- pelvien (adultes)

L'histogramme du CTDIvol montre une médiane de 12,67 mGy, avec un 75^e percentile à 13,16 mGy. Ces valeurs très proches traduisent une forte homogénéité dans les protocoles d'acquisition. Cela suggère que la technique d'imagerie est bien standardisée, et que les paramètres d'exposition sont

rigoureusement appliqués, indépendamment des patients.

En ce qui concerne le PDL, l'histogramme révèle une médiane de 678,62 mGy·cm et un 75^e percentile de 739,43 mGy·cm. La faible dispersion observée ici aussi confirme que la longueur de balayage est similaire d'un patient à l'autre, ce qui est cohérent avec la nature systématique de cet examen (de la coupole diaphragmatique au périnée).

III.7. Scanner TAP – CTDIvol et DLP

Ce tableau 16 présente les données dosimétriques pour un examen réalisé sur 29 patients adultes. Les mesures incluent les valeurs de CTDIvol (en mGy) et de DLP (en mGy·cm), avec les médianes (P50) et les 75^e percentiles (P75).

Mesure	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy·cm)
Médiane (P50)	9.5	710.99
75^e percentile (P75)	10.85	863.64

Tableau 16: Scanner thoraco-abdomino-pelvien (TAP) (adultes)

III.7.1. Étude et estimation de la dose pour examen scanner TAP

Ces histogrammes représentent les doses délivrées à 29 patients adultes lors d'un scanner thoracoabdomino-pelvien (TAP). Les valeurs de P50 (médiane) et de P75 (75^e percentile) pour le

CTDIvol et le DLP y sont clairement visibles, permettant d'observer la répartition et la dispersion des données dosimétriques. (Figure 19, figure 20)

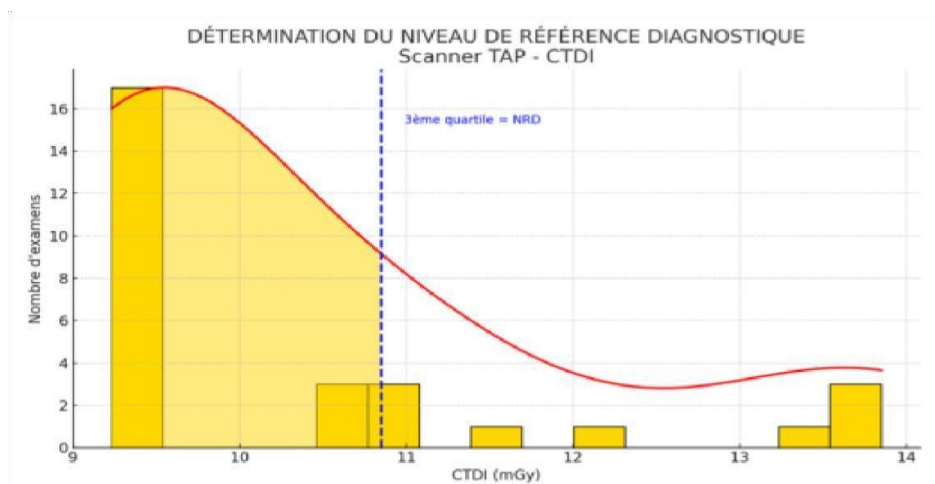


Figure 19 : Histogramme des valeurs de CTDIvol scanner TAP

En ce qui concerne le PDL, l’histogramme révèle une médiane de 678,62 mGy·cm et un 75^e percentile de 739,43 mGy·cm. La faible dispersion observée ici aussi confirme que la longueur de balayage est similaire d’un patient à l’autre, ce qui est cohérent avec la nature systématique de cet examen (de la coupole diaphragmatique au périnée).

III.8. Scanner TAP – CTDIvol et DLP

Ce tableau 16 présente les données dosimétriques pour un examen réalisé sur 29 patients adultes. Les mesures incluent les valeurs de CTDIvol (en mGy) et de DLP (en mGy·cm), avec les médianes (P50) et les 75^e percentiles (P75).

Mesure	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy·cm)
Médiane (P50)	9.5	710.99
75^e percentile (P75)	10.85	863.64

Tableau 16: Scanner thoraco-abdomino-pelvien (TAP) (adultes)

III.8.1. Étude et estimation de la dose pour examen scanner TAP

Ces histogrammes représentent les doses délivrées à 29 patients adultes lors d’un scanner thoracoabdomino-pelvien (TAP). Les valeurs de P50 (médiane) et de P75 (75^e percentile) pour le

CTDIvol et le DLP y sont clairement visibles, permettant d’observer la répartition et la dispersion des données dosimétriques. (Figure 19, figure 20)

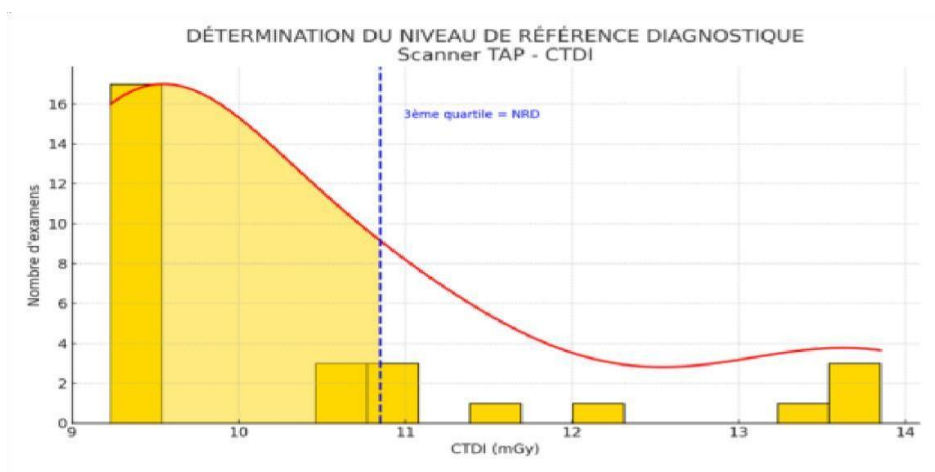


Figure 19 : Histogramme des valeurs de CTDIvol scanner TAP

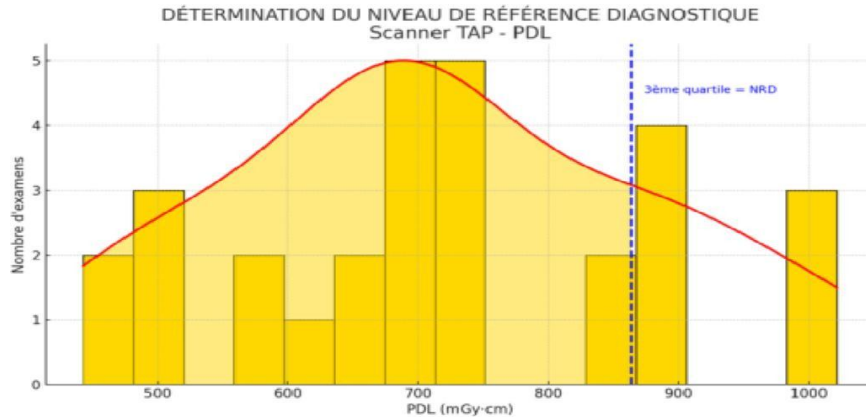


Figure 20 : Histogramme des valeurs PDL scanner (TAP) (adultes)

III.8.2. Interprétation des histogrammes CTDIvol et PDL – Scanner TAP (thoraco-abdomino-pelvien, adultes)

- L’histogramme du CTDIvol affiche une médiane de 9,5 mGy, avec un 75^e percentile de 10,85 mGy. Cette faible différence indique que les doses par volume sont relativement homogènes, ce qui reflète une standardisation efficace des protocoles TAP.
- L’histogramme du PDL montre une médiane de 710,99 mGy·cm et un 75^e percentile de 863,64 mGy·cm. Cette dispersion plus marquée du PDL s’explique par des variations dans la longueur exacte du champ scanné, qui peut dépendre de l’objectif clinique (TAP simple, avec ou sans contraste, inclusion des bases pulmonaires ou du périnée),

III.9. Scanner Lombaire adultes – CTDIvol et DLP

Ce tableau présente les données dosimétriques pour un examen réalisé sur 30 patients adultes. Les mesures incluent les valeurs de CTDIvol (en mGy) et de DLP (en mGy·cm), avec les médianes (P50) et les 75^e percentiles (P75). (tableau.17)

Mesure	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy·cm)
Médiane (P50)	24.28	925.04
75 ^e percentile (P75)	27.17	1125.43

Tableau 17 : Scanner lombaire (adultes)

III.9.1. Étude et estimation de la dose pour examen scanner lombaire

Ces histogrammes représentent les doses délivrées à 30 patients adultes lors d'un scanner lombaire. Les valeurs de P50 (médiane) et de P75 (75^e percentile) pour le CTDIvol et le DLP y sont clairement visibles, permettant d'observer la répartition et la dispersion des données dosimétriques. (Figure 21 et figure 22)

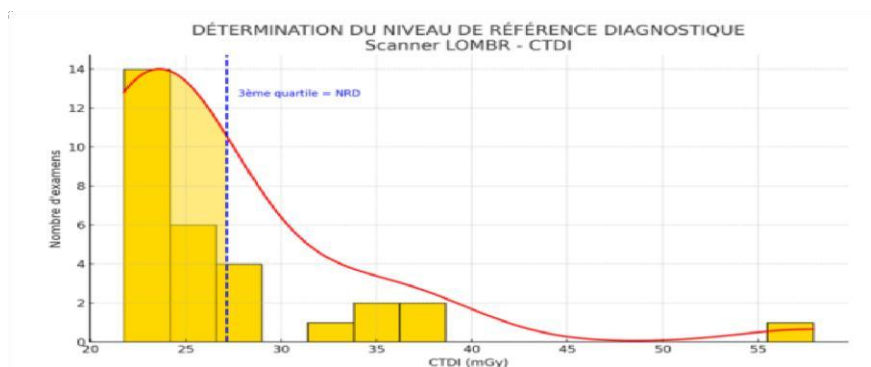


Figure 21 : Histogramme des valeurs CTDI vol scanner lombaire

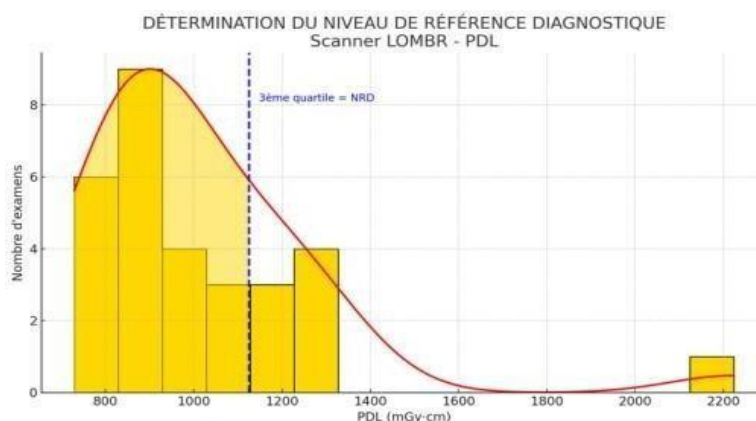


Figure 22 : Histogramme des valeurs PDL scanner lombaire (adultes)

III.9.2. Interprétation des histogrammes CTDIvol et PDL

- L'histogramme du CTDIvol révèle une médiane relativement élevée de 24,28 mGy, avec un 75^e percentile atteignant 27,17 mGy. Cette plage de variation modérée reflète une exposition plus importante que dans d'autres régions anatomiques, ce qui est habituel en raison de la densité osseuse de la région lombaire nécessitant des paramètres techniques élevés (kV, mAs). Malgré cela, la proximité entre la médiane et le 75^e percentile indique que la pratique reste cohérente et maîtrisée.

- L'histogramme PDL montre une médiane de 925,04 mGy·cm et un 75^e percentile de 1125,43 mGy·cm. La variabilité plus marquée s'explique par :
 - Des différences dans la longueur du segment exploré (parfois jusqu'au sacrum)
 - L'éventuelle répétition de séquences, ou l'ajout de phases injectées dans certains cas pathologiques.

III.10. Scanner SINUS – CTDIvol et DLP

Ce tableau 18 présente les données dosimétriques pour un examen réalisé sur 25 patients adultes. Les mesures incluent les valeurs de CTDIvol (en mGy) et de DLP (en mGy·cm), avec les médianes (P50) et les 75^e percentiles (P75).

Mesure	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy·cm)
Médiane (P50)	19.47	356.45
75 ^e percentile (P75)	19.47	378.35

Tableau 18: Scanner sinusien (adultes)

III.10.1. Étude et estimation de la dose pour examen scanner sinusien

Ces histogrammes représentent les doses délivrées à 25 patients adultes lors d'un scanner des sinus. Les valeurs de P50 (médiane) et de P75 (75^e percentile) pour le CTDIvol et le DLP. (Figure 23, figure 24)

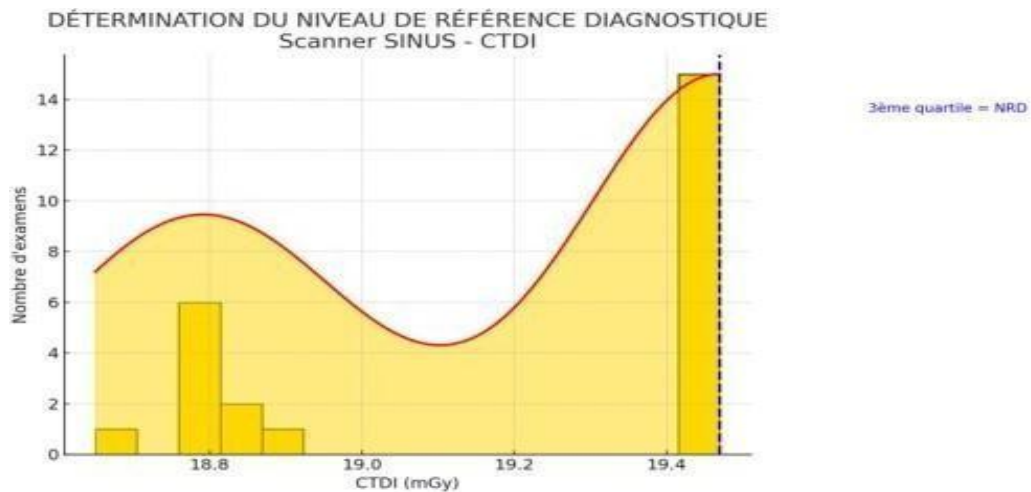


Figure 13 : Histogramme des valeurs CTDIvol scanner sinus

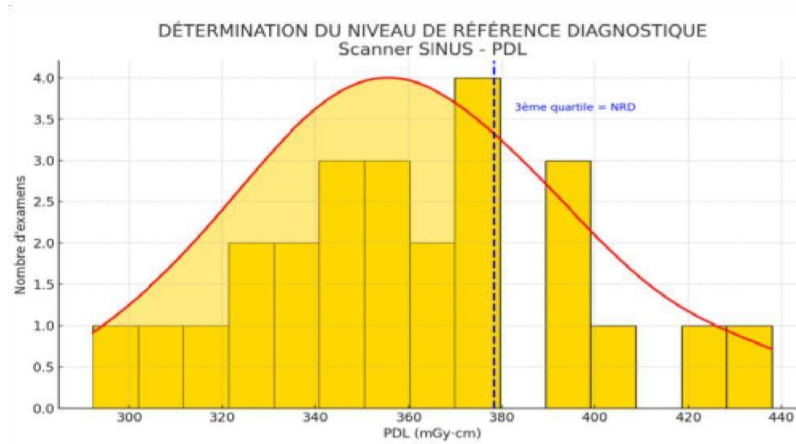


Figure 24 : Histogramme des valeurs PDL scanner sinus (adultes)

III.10.2. Interprétation des histogrammes CTDIvol et PDL

- L'histogramme du CTDIvol montre une médiane de 19,47 mGy, identique au 75^e percentile (également 19,47 mGy), ce qui indique une distribution extrêmement uniforme. Cette stabilité signifie que tous les examens ont été réalisés avec les mêmes paramètres d'exposition, traduisant une standardisation optimale du protocole du scanner pour cette zone anatomique.
- L'histogramme PDL révèle une médiane de 356,45 mGy·cm, avec un 75^e percentile de 378,35 mGy·cm. Là encore, la variation est très faible, ce qui confirme que la longueur de balayage est quasiment identique d'un patient à l'autre. Cela est cohérent avec la petite taille du champ exploré (massif facial) et l'absence fréquente de phase injectée ou multiphasique.

III.11. Scanner ROCHERS – CTDIvol et DLP

Ce tableau 19 présente les données dosimétriques pour un examen réalisé sur 16 patients adultes. Les mesures incluent les valeurs de CTDIvol (en mGy) et de DLP (en mGy·cm), avec les médianes (P50) et les 75^e percentiles (P75).

Mesure	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy·cm)
Médiane (P50)	54.09	673.46
75 ^e percentile (P75)	131.18	1359.19

Tableau 19 : Scanner des rochers (adultes)

III.11.1. Étude et estimation de la dose pour examen scanner des rochers

Ces histogrammes (figure25, figure26) représentent les doses délivrées à 16 patients adultes lors d'un scanner des rochers. Les valeurs de P50 (médiane) et de P75 (75^e percentile) pour le

CTDI_{vol} et le DLP

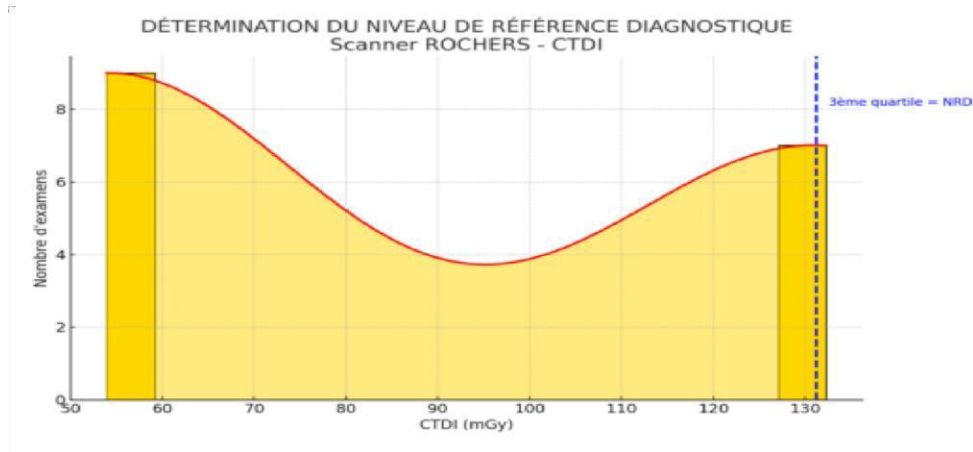


Figure 25 : Histogramme des valeurs CTDI_{vol} et PDL scanner des rochers (adultes)

Histogramme : PDL

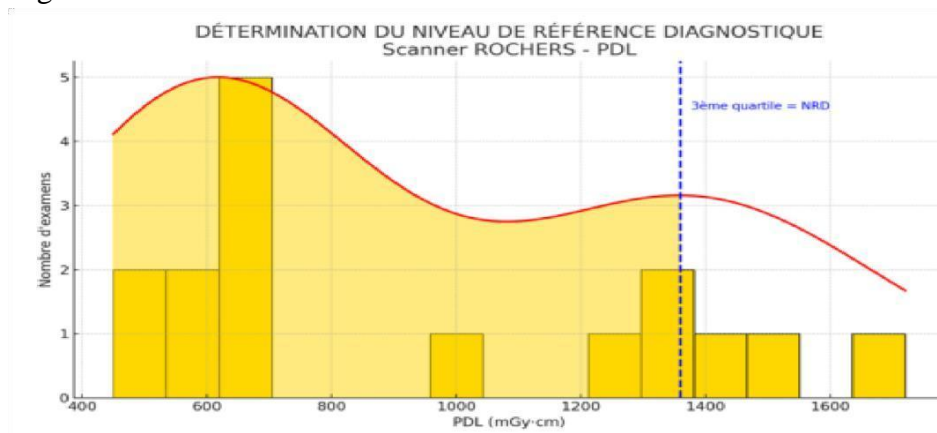


Figure 26 : Histogramme des valeurs PDL scanner des rochers (adultes)

III.11.2. Interprétation des histogrammes CTDI_{vol} et PDL – Scanner des rochers (adultes)

- L'histogramme du CTDI_{vol} révèle une médiane de 54,09 mGy, avec un 75^e percentile très élevé à 131,18 mGy. Cette forte dispersion montre qu'il existe une grande variabilité dans les doses délivrées par volume. Cela peut s'expliquer par

- Des protocoles différents (dose basse pour contrôle, dose haute pour exploration fine),
 - L'usage de résolutions fines nécessitant des paramètres techniques plus intenses, ou des différences dans les reconstructions et dans le nombre de plans utilisés (axial, coronal, oblique).
- L'histogramme PDL affiche une médiane de 673,46 mGy·cm et un 75^e percentile de 1359,19 mGy·cm, ce qui confirme une variabilité encore plus marquée dans la dose totale reçue. Cette variabilité peut être liée à la longueur explorée variable.

III.12. Valeurs dosimétriques de la médiane et P75 (CTDIvol et PDL) pour les principaux examens scanner réalisés à l'hôpital

Le tableau 20 ci-dessous présente les valeurs dosimétriques médianes et les 75^e percentiles du CTDIvol et du PDL pour les principaux examens scanner réalisés à l'hôpital. Ces données, recueillies sur des groupes de patients adultes, permettent d'évaluer la répartition des doses délivrées et la cohérence des protocoles d'imagerie utilisés pour chaque type d'examen.

Examen	Nombre de patients	CTDI vol Médiane (mGy)	CTDIvol P75 (mGy)	DLP Médiane (mGy·cm)	DLP P75 (mGy·cm)
Cérébral	31	79.38	81.13	1715.12	1920.32
Thorax	37	9.26	9.64	416.69	456.94
CORO	19	20.09	24.94	415.37	517.45
URO	31	12.41	12.67	668.72	722.46
Abdo-pelvien	30	12.67	13.16	678.62	739.43
TAP	29	9.5	10.85	710.99	863.64
Lombaire	30	24.28	27.17	925.04	1125.43
Sinus	25	19.47	19.47	356.45	378.35
Rochers	16	54.09	131.18	673.46	1359.19

Tableau 20: Les valeurs globales dosimétriques médianes et les 75^e percentiles du CTDIvol et du PDL

III.12.1. Analyse globale

Les graphiques suivants présentent une comparaison visuelle des valeurs dosimétriques relevées pour les examens scanner réalisés à l'hôpital. Deux indicateurs clés sont représentés :

- CTDIvol (mGy) et PDL (mGy·cm) (figure 27 et figure 28)

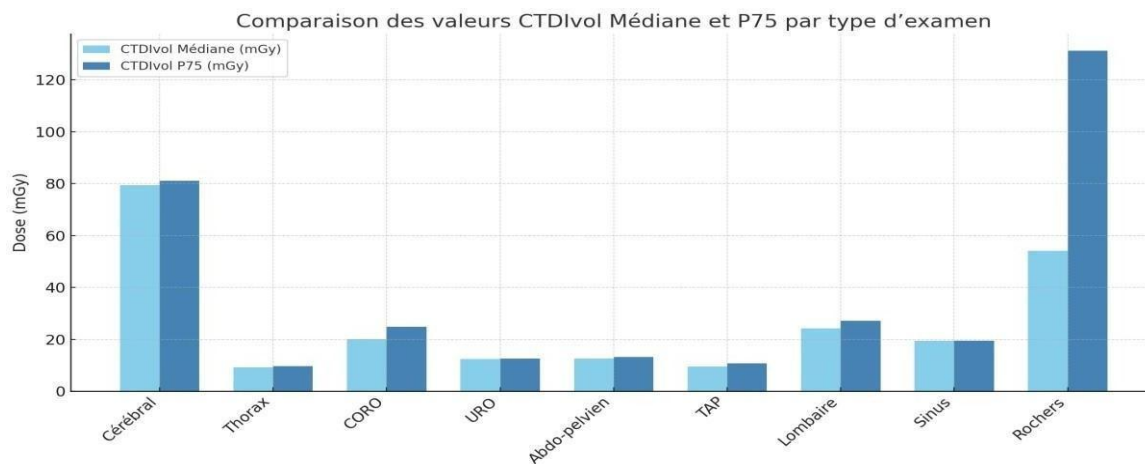


Figure 27 : Comparaison des valeurs CTDI vol médiane et P75 par type d'examen

PDL – Médiane vs P75

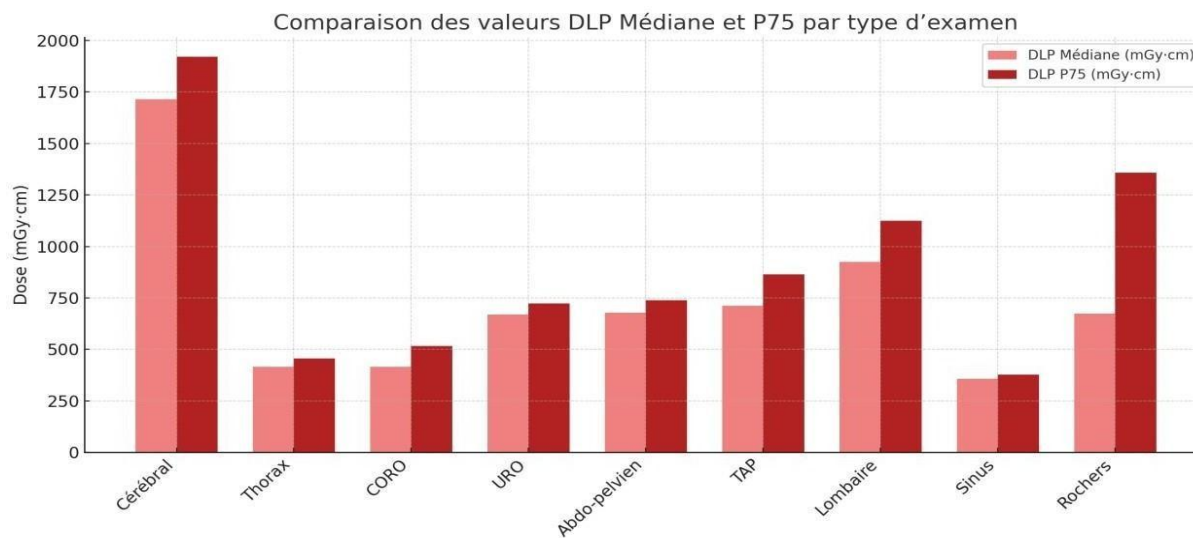


Figure 28 : Comparaison des valeurs PDL médiane et P75 par type d'examen

III.12.2. Interprétation des données dosimétriques :

Les histogrammes suivants permettent de visualiser les tendances des doses reçues selon le type d'examen scanner, en comparant les valeurs médianes et les 75^e percentiles du CTDIvol et du PDL. (Figure 27 et figure 28)

CTDIvol – Médiane vs P75

Les examens scanner Cérébral, Lombaire et Rochers affichent les valeurs les plus élevées (79.38–131.18 mGy), reflétant la complexité anatomique et les besoins diagnostiques spécifiques.

Thorax, TAP, URO et Abdomino-pelvien présentent des valeurs faibles et serrées, ce qui témoigne de protocoles standardisés et bien contrôlés.

Les écarts P75 – Médiane sont faibles pour la plupart des examens (ex. : Thorax : 9.26 → 9.64), indiquant une bonne homogénéité des pratiques.

L'examen des Rochers montre une **forte variabilité** (CTDIvol de 54.09 à 131.18 mGy), ce qui peut indiquer des pratiques plus hétérogènes ou des ajustements techniques.

Les examens Lombaire, TAP et Abdo-pelvien montrent des valeurs PDL élevées, avec des écarts importants entre la médiane et le P75 (ex. Lombaire : 925.04 → 1125.43 mGy·cm), suggérant une variabilité dans la longueur du balayage ou le nombre de phases.

Le Rochers présente aussi une grande disparité (673.46 → 1359.19), confirmant l'hétérogénéité de cet examen.

Les examens Thorax, CORO et Sinus présentent des valeurs modérées à faibles, et les P75 restent proches de la médiane, soulignant une bonne standardisation des protocoles.

III.13. Comparées les données Hôpital à l'étude nationale

Ce tableau 21 présente les valeurs de doses mesurées localement (CTDIvol et DLP) pour différents examens, comparées à l'étude réalisée en Algérie. Il permet d'évaluer l'écart. (Tableau 21)

Examen	CTDI-Hôpital	CTDI Algérie	Écart CTDI (%)	DLP - Hôpital	DLP - Algérie	Écart DLP (%)
Cérébral	79.63	71	+12.15 %	1870.63	1282	+ 45.91 %
Thorax	9.24	16	-42.25 %	401.48	555	-27.66 %
Abd-Pelvien	12.67	21	-39.67 %	678.62	950	-28.57 %
TAP	9.50	18	-47.22 %	710.99	994	-28.47 %
Lombaire	24.28	36	-32.56 %	925.04	957	-3.34 %

Tableau 21 : Comparaison des doses mesurées à l'hôpital avec l'étude nationale (Algérie)

III. 15. Etude des doses mesurées à l'Hôpital avec l'étude nationale

Dans le cadre de l'évaluation des pratiques en imagerie médicale, les graphiques ci-dessous comparent les doses de scanner mesurées localement (à l'hôpital) avec l'étude nationale des Niveaux de Référence Diagnostiques (NRD). Cette analyse permet d'identifier les écarts éventuels afin d'optimiser la radioprotection des patients. (Figure. 29)

III.13.1. Interprétation de l'histogramme CTDI

- Pour l'examen cérébral, le CTDI mesuré à l'hôpital (79,63 mGy) est légèrement supérieur au NRD national (71 mGy), Ce qui peut être expliqué par le faible nombre de patients étudiés à l'étude nationale
- Pour les examens thorax, abdomino-pelvien, TAP et lombaire, les doses sont toutes inférieures aux NRD, ce qui peut refléter un bon contrôle des doses.

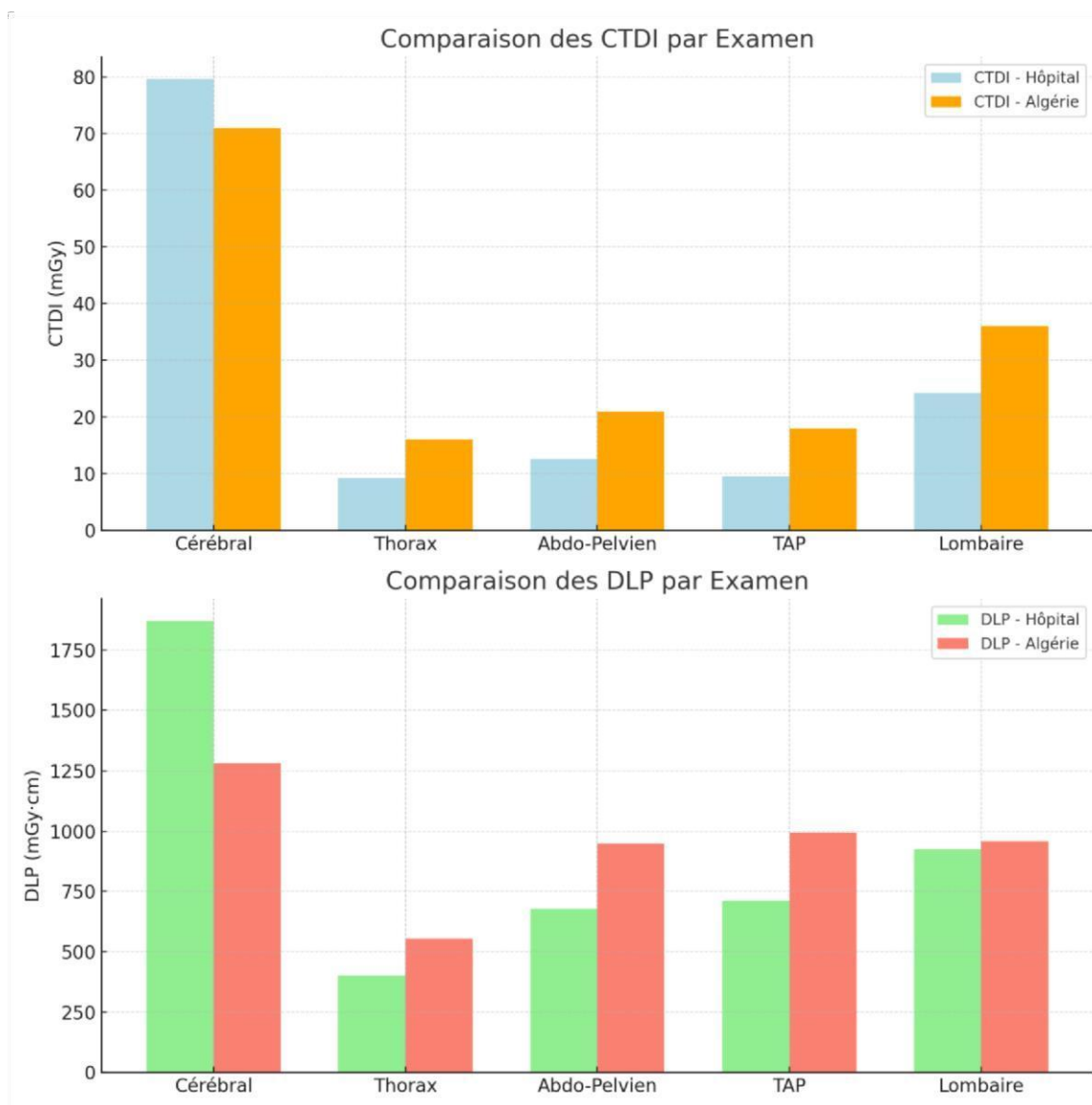


Figure 29: Comparaison des doses mesurées à l'hôpital avec les NRD nationaux en Algérie

III.13.2. Interprétation de l'histogramme DLP

- L'examen cérébral présente une dose DLP (1870,63 mGy·cm) nettement supérieure au NRD (1282 mGy·cm).
- Pour les autres examens (thorax, abdo-pelvien, TAP, lombaire), les DLP sont inférieurs aux NRD de l'étude algériens.

III.14. Comparaison des doses P75 (CTDIvol et PDL) avec les références IRSN (France) international

Ce tableau 22 présente les écarts entre les valeurs dosimétriques mesurées à l'hôpital (75^e percentile) et les niveaux de référence diagnostiques (NRD) proposés par l'IRSN en France. Ces données permettent de situer la pratique locale par rapport aux standards européens.

Examen	Nb p Hôpital	Nb P IRSN	CTDI (mGy) 75P	Réf. IRSN 75P	Écart (%)	PDL (mGy·cm) 75P	Réf. IRSN 75P	Écart (%)
Cérébral	31	431 (1245)	79.63	39.6	101.1	1870.63	740	152.8
Thorax	22	406 (1176)	9.24	6.6	40.0	401.48	248	61.9
CORO	19	295 (775)	19.44	16.2	20.0	415.08	259	60.3
URO	31	389 (1049)	12.40	—	—	694.58	—	—
Abd PLV	30	(515)	12.67	9.5	33.4	678.62	475	42.8
TAP	29	(129)	9.50	9.1	4.4	710.99	620	14.7
Lombaire	30	(42)	24.28	21.6	12.4	925.04	621	48.9
Sinus	25		19.47	—	—	356.45	—	—
Rochers	16		54.09	—	—	673.46	—	—

Tableau 22: Comparaison des doses P75 (CTDIvol et PDL) avec les références IRSN (France)

III.14.1. Analyse comparative des doses d'irradiation scanner entre un hôpital local et les niveaux de référence de l'IRSN

Les graphiques suivants comparent les doses d'irradiation (CTDIvol et PDL) mesurées à l'hôpital avec les niveaux de référence de l'IRSN pour plusieurs examens scanner. Cette représentation visuelle permet d'évaluer les écarts potentiels et de cibler les examens où une optimisation des protocoles serait nécessaire. (figure 30 et figure 31)

CTDIvol P75 – Groupe 1 (Tête & Cou)

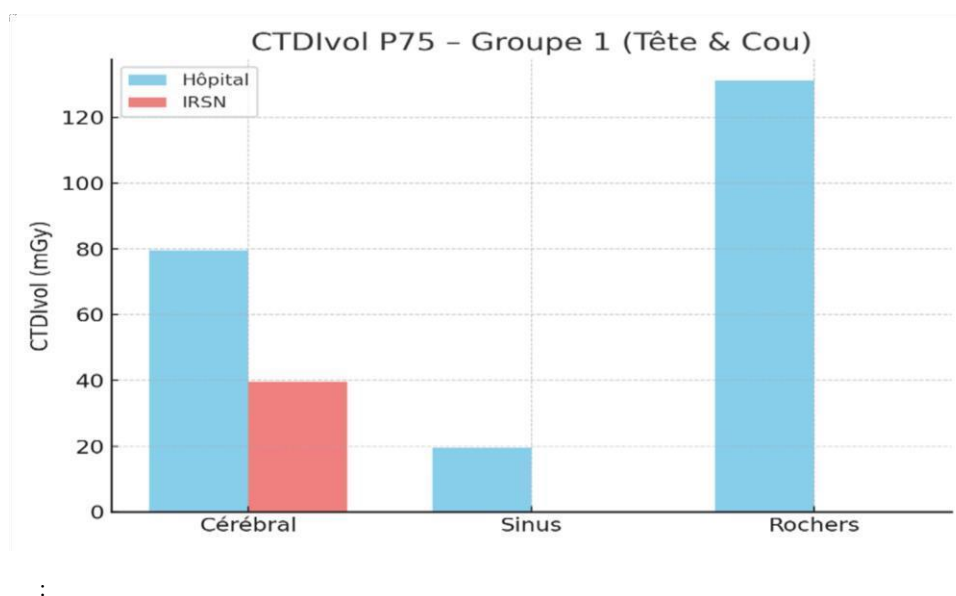


Figure 30 : Histogramme des doses P75 (CTDIvol) entre l'hôpital et les niveaux de référence IRSN groupe 1 Tête

III.16.2.1. Interprétation

Les examens cérébral et rochers montrent des CTDIvol très élevés, particulièrement les rochers (131 mGy), ce qui suggère une pratique non standardisée. Le scanner des sinus présente une dose modérée (≈ 19 mGy).

PDL P75 – Groupe 1 (Tête & Cou)

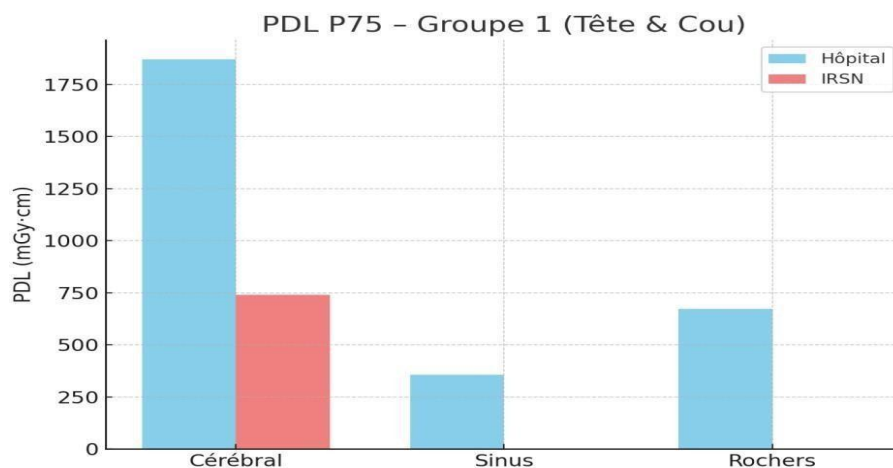


Figure 31: Histogrammes comparatifs des doses P75 (PDL) entre l'hôpital et les NRD IRSN groupe 1 (Tête & cou)

III.16.2.2. Interprétation

Le PDL du scanner cérébral dépasse 1800 mGy·cm, bien au-dessus du niveau de référence IRSN (740). Les sinus et rochers n'ont pas de référence IRSN, mais les valeurs observées sont à surveiller.

Groupe 2 : TAP et examens associés

L'histogramme 32 suivant présente une comparaison des valeurs CTDI vol et PDL (DoseLength Product) au 75^e percentile mesurées à l'hôpital avec celles des niveaux de référence diagnostiques (NRD) publiés par l'IRSN (France). Les examens inclus dans ce groupe sont : thorax, coro, urographie, abdomino-pelvien (ABD PLV), TAP et lombaire.

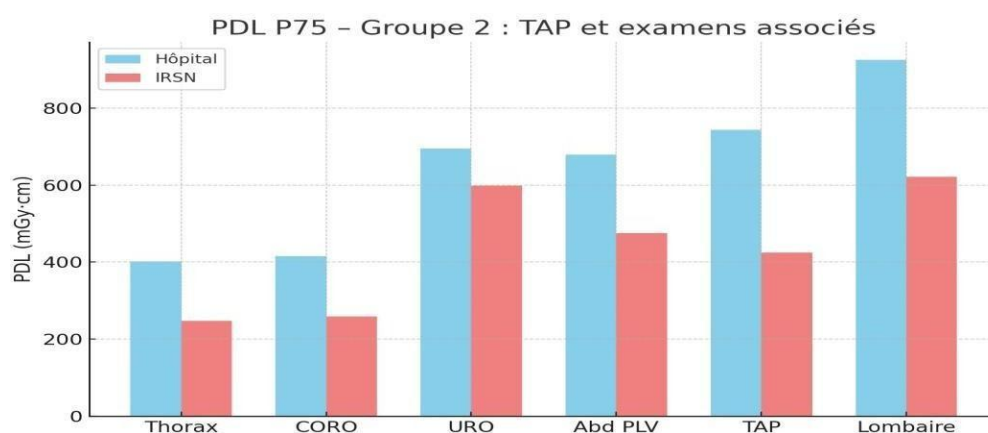


Figure 32 : Histogrammes comparatifs des doses P75 (CTDIvol) entre l'hôpital et les niveaux de référence IRSN groupe 2

III.16.2.3. Interprétation :

L'analyse montre que les doses mesurées à l'hôpital dépassent les niveaux de référence pour plusieurs examens :

- TAP : 743,1 mGy·cm (Hôpital) contre 425 mGy·cm (IRSN), soit une augmentation de +74,9 %.
- Lombaire : 925,04 mGy·cm (Hôpital) contre 621 mGy·cm (IRSN), soit +48,9 %.
- Des écarts sont également observés pour les examens urographie (694,58 vs 598 mGy·cm) et abdomino-pelvien (678,62 vs 475 mGy·cm).

Ces écarts suggèrent la nécessité d'un réajustement des protocoles d'acquisition pour optimiser les doses délivrées aux patients et un échantillon de patients plus élevé.

III.15. Comparaison CTDIvol P75 – Groupe 2 : TAP et examens associés

L'histogramme 33 ci-dessous compare les valeurs CTDIvol (Computed Tomography Dose

Index) au 75^e percentile mesurées à l'hôpital avec les niveaux de référence diagnostiques (NRD) proposés par l'IRSN (France). Ce graphique concerne les examens du Groupe 2 : thorax, coro, urographie, abdomino-pelvien (Abd PLV), TAP et lombaire.

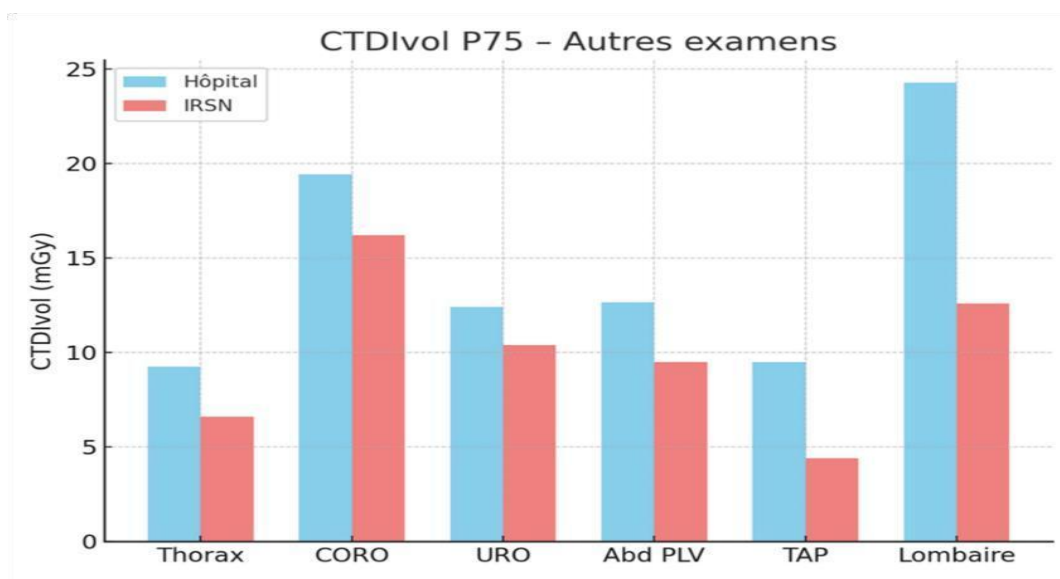


Figure 33: Histogramme CTDI vol et examens associés

III.15.1. Interprétation :

Les examens lombaires et TAP présentent les plus grands écarts par rapport aux valeurs de référence

- CTDIvol lombaire : 24.28 mGy à l'hôpital contre 12.6 mGy (IRSN), soit un dépassement de +92.7 %.
- TAP : 9.5 mGy (hôpital) contre 4.4 mGy (IRSN), soit +115.9 %.

Des écarts modérés sont également constatés pour les examens abdomino-pelviens, d'urographie et coronaires, ce qui pourrait justifier la réalisation d'études plus approfondies sur les protocoles utilisés selon l'indication médicale.

III.16. Analyse des résultats dosimétriques par groupe d'indication clinique (GHI)

Dans le but de mieux comprendre les variations des doses délivrées en fonction des indications cliniques, les examens ont été regroupés selon des Groupes d'Homogénéité d'Indication (GHI). Cette classification permet une évaluation plus ciblée des pratiques, en tenant compte des spécificités diagnostiques. Les tableaux suivants présentent les valeurs de 75^e percentiles (P75) du CTDIvol et du DLP pour chaque type d'indication.

III.16.1. Résultats dosimétriques par GHI examen cervical

Ce tableau 23 présente les valeurs de dose (CTDIvol et DLP) enregistrées pour les patients ayant fait un scanner cervical, classés selon le type d'indication clinique. Les données incluent le nombre d'examens.

Indication Clinique	N b	CTDI Médiane (mGy)	CTDI P75 (mGy)	PDL Médiane (mGy.cm)	PDL P75 (mGy.cm)
COU/NCB	31	17.81	19.77	532.56	628.65

Tableau 23: Résultats dosimétriques par GHI examen cervical

III.16.2. Résultats dosimétriques par GHI examen Lombaire

Ce tableau 24 présente les valeurs de dose (CTDIvol et DLP) enregistrées pour les patients ayant fait un scanner lombaire, classés selon le type d'indication clinique. Les données incluent le nombre d'examens, le 75^e percentile (P75) des doses exprimées en mGy et mGy.cm.

Indication Clinique	N b	CTDI Médiane (mGy)	CTDI P75 (mGy)	PDL Médiane (mGy.cm)	PDL P75 (mGy.cm)
Lombaire COU/NCB-Trauma	29	24.35	27.61	920.16	1116.89

Tableau 24: Résultats dosimétriques par GHI examen Lombaire

III.16.3. Résultats dosimétriques par GHI examen cérébral

Ce tableau 25 présent les valeurs de dose (CTDIvol et DLP) enregistrées pour les patients ayant fait un scanner cérébral, classés selon le type d'indication clinique.

Indication Clinique	Nb	CTDI Médiane (mGy)	CTDI P75 (mGy)	PDL Médiane (mGy.cm)	PDL P75 (mGy.cm)
CRA/Hémo-AVC	18	79.65	81.13	1880.77	1931.14
CRA/Trauma	1	42.50	42.50	963.07	963.07
CRA/TumeurAbsès	4	62.76	81.13	1436.68	1835.13
ROC/Trauma-Surd	3	44.25	50.32	1080.19	1266.07

Tableau 25: Résultats dosimétriques par GHI examen cérébral

III.16.4. Résultats dosimétriques par GHI examen thoracique

Ce tableau 26 présent les valeurs de dose (CTDIvol et DLP) enregistrées pour les patients ayant fait un scanner thoracique, classés selon le type d'indication clinique. Les données incluent le nombre d'examen, le 75^e percentile des doses exprimées en mGy et mGy·cm.

Indication Clinique	Nb	CTDI Médiane (mGy)	CTDI P75 (mGy)	PDL Médiane (mGy.cm)	PDL (mGy.cm)
THX/Infectieux	3	9.24	9.24	439.37	439.37
Cervicothorx	3	9.26	9.26	484.73	485.52
THX/BPCO	6	8.81	9.55	347.81	351.70
THX/MétaPulm	3	14.70	14.75	683.79	693.82
THX/Embolie	3	9.21	9.21	399.03	399.03

Tableau 26: Résultats dosimétriques par GHI examen thoracique

III.16.5. Résultats dosimétriques par GHI examen URO

Ce tableau 27 présente les valeurs de dose (CTDI_{vol} et DLP) enregistrées pour les patients ayant fait un scanner URO, classés selon le type d'indication clinique. Les données incluent le nombre d'examen, le 75^e percentile (P75) des doses exprimées en mGy et mGy·cm.

GHI	Nb	CTDI Médiane (mGy)	CTDI P75 (mGy)	PDL Médiane (mGy.cm)	PDL P75 (mGy.cm)
AP/Colique	31	12.41	12.67	668.72	722.93

Tableau 27: Résultats dosimétriques par GHI examen URO

III.16.6. Résultats dosimétriques par GHI examen ABD PLV

Ce tableau (Tableau 28) présente les valeurs de dose (CTDI_{vol} et DLP) enregistrées pour les patients ayant fait un scanner ABD PLV, classés selon le type d'indication clinique. Les données incluent le nombre d'examen, le 75^e percentile (P75) des doses exprimées en mGy et mGy·cm.

GHI	Nb	CTDI Médiane (mGy)	CTDI P75 (mGy)	PDL Médiane (mGy.cm)	PDL P75 (mGy.cm)
AP / Occlus	4	12.67	12.67	806.26	819.07
AP / Douleurs	2 2	12.67	12.92	645.34	690.62
AP / Bilan Infectieux	4	13.35	13.39	739.10	745.98

Tableau 28: Résultats dosimétriques par GHI examen ABD PLV

III.16.7. Résultats dosimétriques par GHI examen TAP

Ce tableau 29 présente les valeurs de dose (CTDI_{vol} et DLP) enregistrées pour les patients ayant fait un scanner TAP, classés selon le type d'indication clinique.

Les données incluent le nombre d'examens, le 75^e percentile (P75) des doses exprimées en mGy et mGy·cm.

Indication clinique	N b	CTDI Médiane (mGy)	CTDI P75 (mGy)	PDL Médiane (mGy.cm)	PDL P75 (mGy.cm)
TAP/ Bilan Tumoral	17	9.5	10.84	690.25	727.17
TAP / Extension	7	9.35	10.63	677.21	863.64

Tableau 29: Résultats dosimétriques par GHI examen TAP

III.16.8. Résultats dosimétriques par GHI examen Rochers

Ce tableau 30 présent les valeurs de dose (CTDIvol et DLP) enregistrées pour les patients ayant fait un scanner rochers, classés selon le type d'indication clinique. Les données incluent le nombre d'examens, le 75^e percentile (P75) des doses exprimées en mGy et mGy·cm.

Indication Clinique	N b	CTDI Médiane (mGy)	CTDI P75 (mGy)	PDL Médiane (mGy.cm)	PDL P75 (mGy.cm)
ROC/Trauma-Surd.	16	54.09	131.22	673.46	1369.40

Tableau 30: Résultats dosimétriques par GHI examen Rochers

III.17. Doses dosimétriques (CTDIvol et PDL) selon les indications cliniques – Examens du crâne et du rachis cervical

Ce tableau 31 présente les valeurs dosimétriques médianes et au 75^e percentile (P75) du CTDIvol et du PDL pour différents examens du crâne (cérébral, rochers) et du rachis cervical, en fonction de l'indication clinique (traumatisme, AVC, surdité).

Examen	Indication clinique	Nb	CTDI Médiane (mGy)	CTDI P75 (mGy)	PDL Médiane (mGy·cm)	PDL P75 (mGy·cm)
Cervical	COU/NCB	31	17.81	19.77	532.56	628.65
Cérébral	CRA/HémoAVC	18	79.65	81.13	1880.77	1931.14
	CRA/Trauma	1	42.50	42.50	963.07	963.07
	CRA/Tumeur-Abcès	4	62.76	81.13	1436.68	1835.13
	ROC/Trauma-Surd	3	44.25	50.32	1080.19	1266.07
Rochers	ROC/Trauma-Surd.	16	54.09	131.22	673.46	1369.40

Tableau 31: Détails des doses par indication clinique pour les examens du crâne et du rachis cervical

III.17.1. Analyse dosimétrique – Examens cervico-céphaliques

par indication Les boxplots (Figure 33) suivants représentent la distribution des doses

de rayonnement mesurées pour les examens scanner cervico-céphaliques (cervical, cérébral et rochers) selon les différentes indications cliniques. Les valeurs de CTDIvol (en mGy) et DLP (en mGy·cm) sont annotées pour permettre une comparaison directe entre les types d'examen et les motifs cliniques.

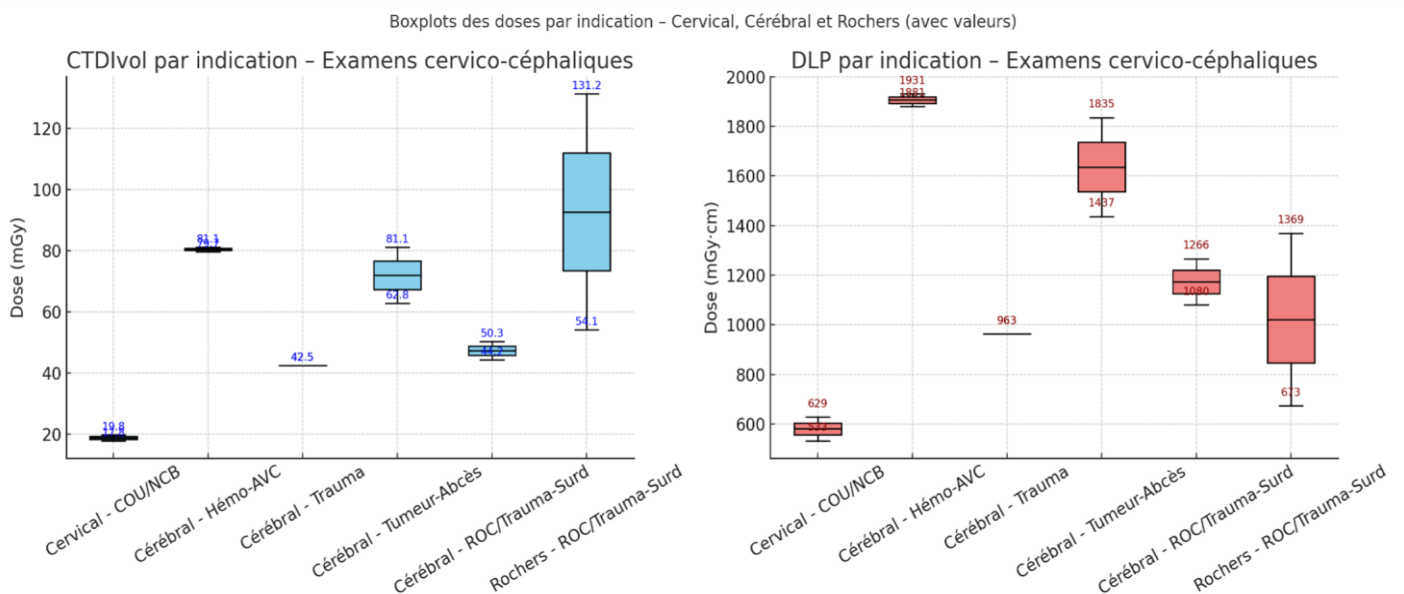


Figure 33: Boxplots des doses scanner pour les examens cervico-céphaliques

III.1.1. Interprétation :

Les boxplots illustrent la variabilité des doses (CTDI_{vol} et PDL) selon le type d'examen (rachis cervical, crâne, rochers) et l'indication clinique (AVC, traumatisme, tumeur, surdité).

CTDI_{vol} (mGy) :

L'examen cérébral pour AVC ou hémorragie présente les valeurs les plus élevées, avec une médiane de 79.65 mGy et un P75 à 81.13 mGy, ce qui reflète un protocole standardisé et optimisé pour la pathologie vasculaire.

- Les cérébraux pour tumeur ou abcès montrent une grande dispersion (de 62.76 à 81.13 mGy).
- Les examens des rochers pour surdité ou traumatisme affichent également des doses élevées, avec un P75 atteignant 131.22 mGy, ce qui peut s'expliquer par les hautes résolutions nécessaires à l'imagerie fine de l'oreille interne.
- En comparaison, l'examen cervical reste en moyenne plus modéré (CTDI_{vol} médian : 17.81 mGy), ce qui est cohérent avec les pratiques cliniques.

PDL (mGy·cm) :

- L'examen cérébral pour AVC atteint un PDL P75 de 1931.14 mGy·cm, montrant l'impact de la longueur explorée combinée à une forte dose par coupe.
- Le cas unique de traumatisme crânien (963.07 mGy·cm) reste élevé, mais isolé, donc peu représentatif.
- Les examens des rochers (ROC) sont très variables, allant de 673.46 à 1369.40 mGy·cm, ce qui indique une forte adaptation aux besoins cliniques.
- Le PDL cervical est plus bas (628.65 mGy·cm au P75), suggérant une bonne maîtrise des protocoles.

III.2. Analyse dosimétrique selon l'indication clinique – Examens thoracoabdomino-pelviens et lombaires

Ce tableau 32 présente les valeurs dosimétriques médianes et au 75^e percentile (P75) du CTDIvol et du PDL pour les examens thoraciques, abdomino-pelviens (AP, TAP) et lombaires, répartis selon les principales indications cliniques.

Examen	Indication clinique	Nb	CTDI Médiane (mGy)	CTDI P75 (mGy)	PDL Médiane (mGy·cm)	PDL 75 (mGy·cm)
Thoracique	THX/Infectieux	3	9.24	9.24	439.37	439.37
	cervicothorx	3	9.26	9.26	484.73	485.52
	THX/BPCO	6	8.81	9.55	347.81	351.70
	THX/MétaPulm	3	14.70	14.75	683.79	693.82
	THX/Embolie	3	9.21	9.21	399.03	399.03
URO	AP/Colique	31	12.41	12.67	668.72	722.93
ABD PLV	AP / Occlus	4	12.67	12.67	806.26	819.07
	AP / Douleurs	22	12.67	12.92	645.34	690.62
	AP / Bilan Infectieux	4	13.35	13.39	739.10	745.98
TAP	TAP / Bilan Tumoral	17	9.50	10.84	690.25	727.17
	TAP / Extension	7	9.35	10.63	677.21	863.64
Lombaire	COU/NCB-Trauma	29	24.35	27.61	920.16	1116.89

Tableau 32: Doses dosimétriques (CTDIvol et PDL) selon les indications cliniques examens thoraciques, abdominopelviens, TAP et lombaires

III.2.1. Distribution des doses P75 (CTDIvol et PDL) selon l'indication Examens thoraco-abdomino-pelviens et lombaires

Les figures 34 ci-dessous présentent les boxplots des doses CTDIvol et PDL (P75) mesurées pour les examens thoraco-abdomino-pelviens (TAP), abdomino-pelviens (AP), et lombaires, en fonction de l'indication clinique. Les valeurs P75 sont affichées pour chaque groupe afin de visualiser les examens les plus exposants.

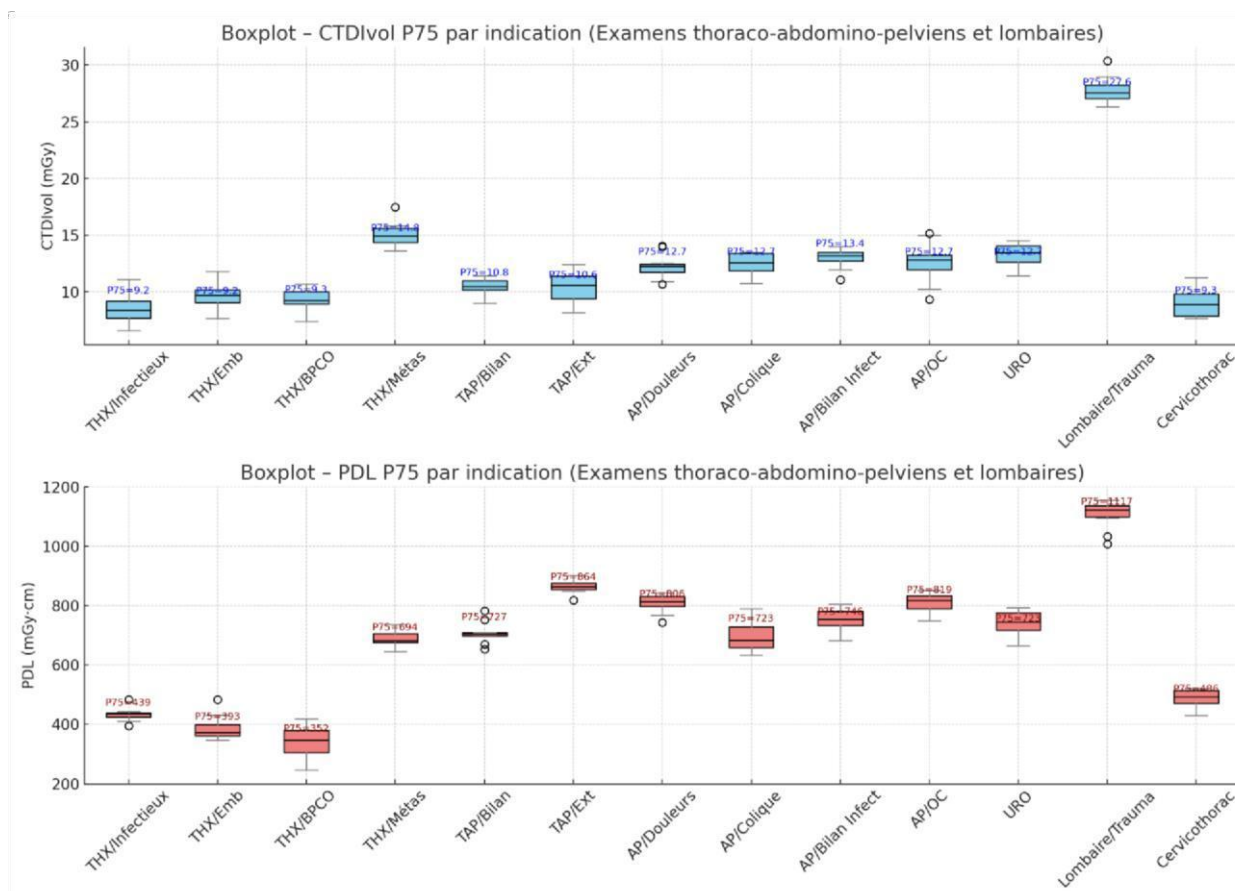


Figure 34: les boxplots des doses CTDIvol et PDL (P75) mesurées pour les examens thoraco-abdomino-pelviens (TAP), abdomino-pelviens (AP), et lombaires, en fonction de l'indication clinique.

III.2.2. Interprétation :

Les boxplots montrent la variabilité des doses au 75^e percentile (P75) en fonction des indications cliniques pour les examens thoraciques, abdomino-pelviens (AP, TAP) et lombaires.

Les examens lombaires pour traumatisme se distinguent nettement par des valeurs de CTDIvol (27.6 mGy) et PDL (1117 mGy·cm) parmi les plus élevées de l'échantillon.

Les TAP pour extension oncologique et les AP pour bilan infectieux présentent également des niveaux de dose relativement élevés, due à des acquisitions plus longues ou plus complexes.

À l'inverse, les examens thoraciques pour pathologies bénignes (BPCO, infections, embolie) sont associés à des doses plus homogènes et plus faibles, traduisant une bonne standardisation des protocoles

III.3. Comparaison des doses délivrées en tomodensitométrie dans l'hôpital aux Niveaux de Référence Diagnostiques (NRD) de la SFPM

L'optimisation des doses en tomodensitométrie est essentielle pour assurer la radioprotection des patients. Les Niveaux de Référence Diagnostiques (NRD) définis par la SFPM permettent de détecter les écarts et d'améliorer les pratiques. Les tableaux présentés comparent les doses mesurées dans l'hôpital aux NRD nationaux afin d'évaluer la conformité et d'identifier les pistes d'optimisation. (Tableau 33 et Tableau 34)

1. Tête et Cou :

Examen	Indication clinique	Nb	CTDIvol P75 (mGy)	SFPM CTDI vol (mGy)	PD L P7 5 (mGy·cm)	SFPM PDL (mGy·cm)
Cervical	COU/NCB	31	19.77	20	628.65	500
Cérébral	CRA/Hémo-AVC	18	81.13	65	1931.14	1300
	CRA/Trauma	1	42.50	65	963.07	1300
	CRA/Tumeur-Abcès	4	81.13	65	1835.13	1300
	ROC/Trauma-Surd	3	50.32	–	1266.07	–
Rochers	ROC/Trauma-Surd	16	131.22	–	1369.40	–

Figure 33: Tableau comparatif des doses mesurées et des Niveaux de Référence Diagnostiques (NRD) Tête et Cou

2. TAP et URO

Thoracique	THX/Infectieux	3	9.24	12	439.37	450
	cervicothox	3	9.26	12	485.52	450
	THX/BPCO	6	9.55	12	351.70	450
	THX/Métastases	3	14.75	12	693.82	450
	THX/Embolie	3	9.21	12	399.03	450
URO	AP/Colique	3 1	12.67	15	722.93	650
ABD PLV	AP/Occlus	4	12.67	15	819.07	650
	AP/Douleurs	2 2	12.92	15	690.62	650
	AP/Bilan Infectieux	4	13.39	15	745.98	650
TAP	TAP/Bilan Tumoral	1 7	10.84	15	727.17	800
	TAP/Extension	7	10.63	15	863.64	800
Lombaire	COU/NCB- Trauma	2 9	27.61	30	1116.89	900

Tableau 34: Tableau comparatif des doses mesurées et des Niveaux de Référence Diagnostiques (NRD)
TAP et URO

III.21.1. Interprétation :

L'analyse met en évidence des dépassements des Niveaux de Référence Diagnostiques (NRD) pour certains examens, notamment cérébraux et lombaires. Ces écarts sont principalement justifiés par des exigences cliniques spécifiques nécessitant des protocoles plus dosants afin d'assurer la qualité diagnostique. À l'inverse, les doses mesurées pour les examens thoraciques et thoraco-abdomino-pelviens restent globalement conformes ou inférieures aux NRD, témoignant d'une optimisation satisfaisante des pratiques.

III.4. Les résultats dosimétriques (CTDIvol et DLP) pour les différents types d'examens scanner réalisés chez les enfants :

La dosimétrie en imagerie scanner pédiatrique revêt une importance particulière en raison de la sensibilité accrue des enfants aux rayonnements ionisants. Afin de mieux comprendre les niveaux d'exposition, les valeurs dosimétriques (CTDIvol et DLP) ont été collectées pour différents types d'examens scanner réalisés chez l'enfant. Ces données sont présentées par tranche d'âge, afin de mettre en évidence l'évolution des doses en fonction de la morphologie et du type d'examen pratiqué.

III.4.1. Doses scanner cérébral pédiatrique selon la tranche d'âge

Ce tableau 35 présente les valeurs dosimétriques médianes (P50) et les 75^e percentiles (P75) du CTDIvol et du PDL, en fonction de l'âge des enfants examinés par scanner cérébral.

Tranche d'âge	CTDI P50	CTDI P75	PDL Médiane	PDL P75
0 à 1 an	28,66	-	578,47	-
2 à 5 ans	52,46	79,15	1130,94	1632,27
5 à 10 ans	79,29	79,39	1713,40	1755,27
10 à 16 ans	80,00	81,13	2287,29	2367,56

Tableau 35: Valeurs (P50) et (P75) du CTDIvol et du PDL selon la tranche d'âge scanner cérébral pédiatrique

III.4.2. Variation des doses (CTDIvol P75 et PDL P75) en scanner cérébral selon la tranche d'âge chez l'enfant

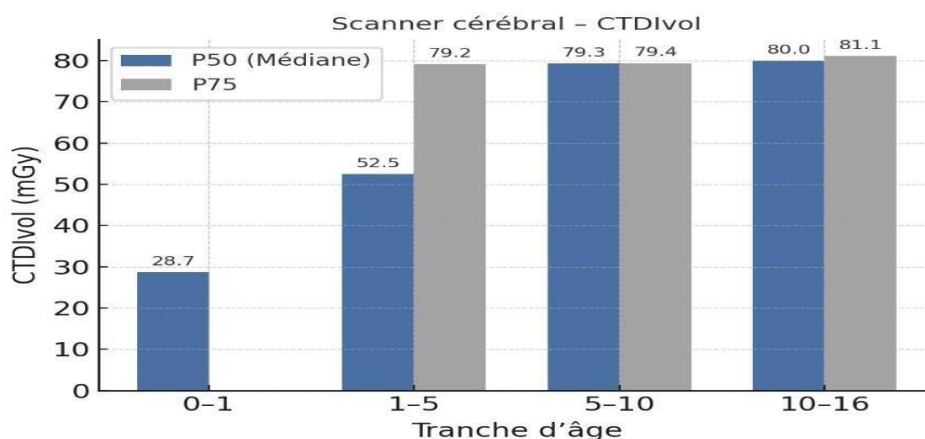


Figure 35 : Histogramme du CTDIvol P75 selon la tranche d'âge – Scanner cérébral pédiatrique

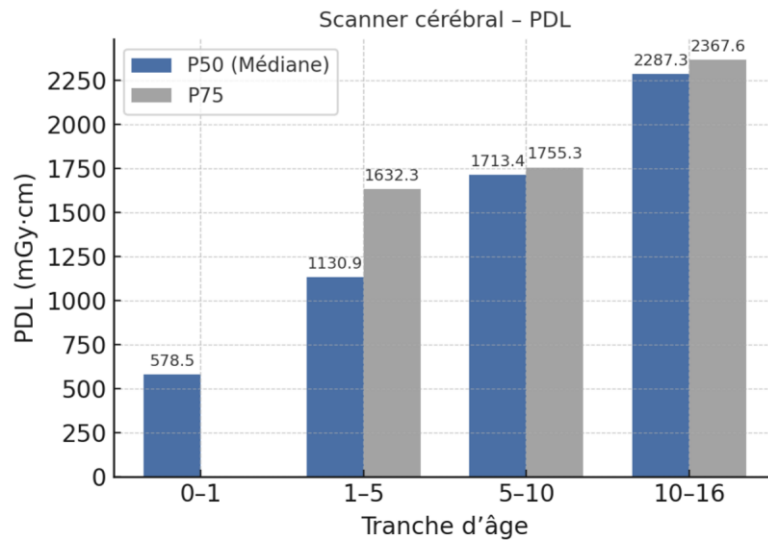


Figure 36 : Histogramme du PDL P75 selon la tranche d'âge – Scanner cérébral pédiatrique

III.4.3. Interprétation :

L'histogramme révèle une augmentation progressive du CTDIvol P75 avec l'âge, passant de ~28,66 mGy (0–1 an) à ~81,13 mGy (10–16 ans). Le DLP P75 suit une tendance similaire, avec une élévation notable de ~578 mGy.cm à ~2367 mGy.cm. Cette évolution reflète l'adaptation des paramètres techniques à la taille croissante du crâne et à l'épaisseur osseuse.

III.5. Scanner abdomino-pelvien pédiatrique :

Ce tableau 36 présente les valeurs dosimétriques médianes (P50) et les 75^e percentiles (P75) du CTDIvol et du PDL, en fonction de l'âge des enfants examinés par scanner

ABD PLV

Tranche d'âge	CTDI P50	CTDI P75	PDL Médiane	PDL P75
1 à 5 ans	12,21	-	449,28	-
5 à 10 ans	12,33	12,365	586,13	628,02
10 à 16 ans	12,38	12,67	636,73	715,94

Tableau 36: Valeurs (P50) et (P75) du CTDIvol et du PDL selon la tranche d'âge – Scanner ABD PL

III.4.4. Variation des doses (CTDIvol P75 et PDL P75) en scanner ABD PLV selon la tranche d'âge chez l'enfant

Histogramme : CTDI vol

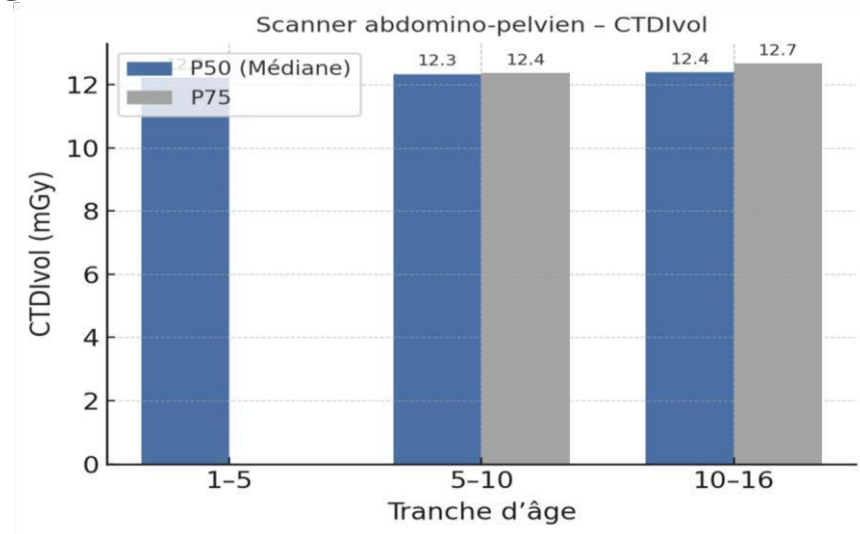


Figure 37 : Histogramme des valeurs CTDIvol P75 selon la tranche d'âge – Scanner ABD PLV

Histogramme : PDL

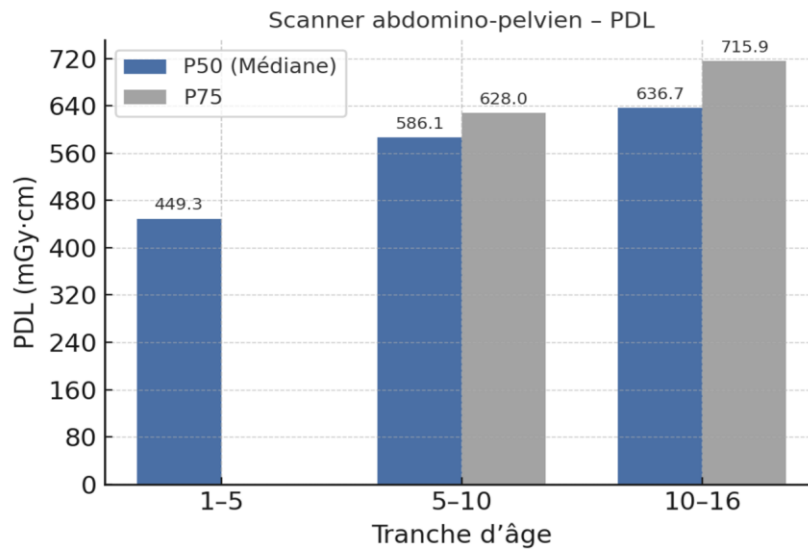


Figure 38 : Histogramme des valeurs CTDIvol P75 selon la tranche d'âge – Scanner ABD PLV

III.4.5. Interprétation :

Le CTDIvol P75 reste relativement stable autour de ~12,3 à 12,6 mGy chez les enfants de 5 à

16 ans. En revanche, le DLP P75 augmente de façon marquée, passant de ~628,02 mGy.cm à ~715,94 mGy.cm, soulignant l'influence de la longueur d'exploration abdominale/pelvienne plus étendue avec l'âge. Les valeurs observées restent en cohérence avec les recommandations internationales.

III.6. Scanner thoracique pédiatrique

Ce tableau 37 présente les valeurs dosimétriques médianes (P50) et les 75^e percentiles (P75) du CTDIvol et du PDL, en fonction de l'âge des enfants examinés par scanner thoracique pédiatrique.

Tranche d'âge	CTDI P50	CTDI P75	PDL Médiane	PDL P75
0 à 1 an	7,16	9,10	206,88	294,46
1 à 5 ans	8,56	9,09	225,97	252,85
5 à 10 ans	6,57	9,14	241,72	312,71
10 à 16 ans	5,69	-	201,72	-

Tableau 37 : Valeurs (P50) et (P75) du CTDIvol et du PDL selon la tranche d'âge – Scanner thoracique pédiatrique

III.4.6. Variation des doses (CTDIvol P75 et PDL P75) en scanner thoracique selon la tranche d'âge chez l'enfant

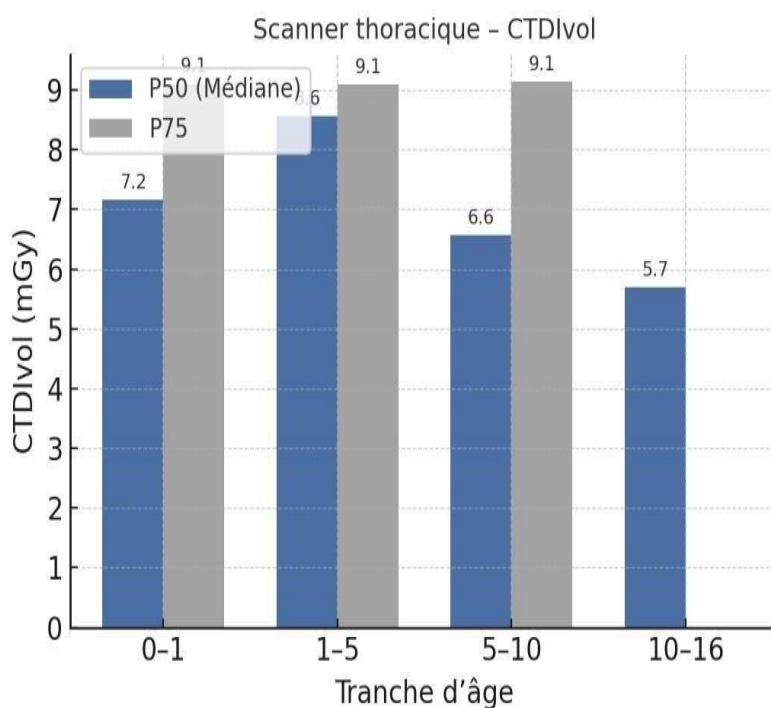


Figure 39 : Histogramme des valeurs CTDIvol P75 selon la tranche d'âge – Scanner thoracique pédiatrique

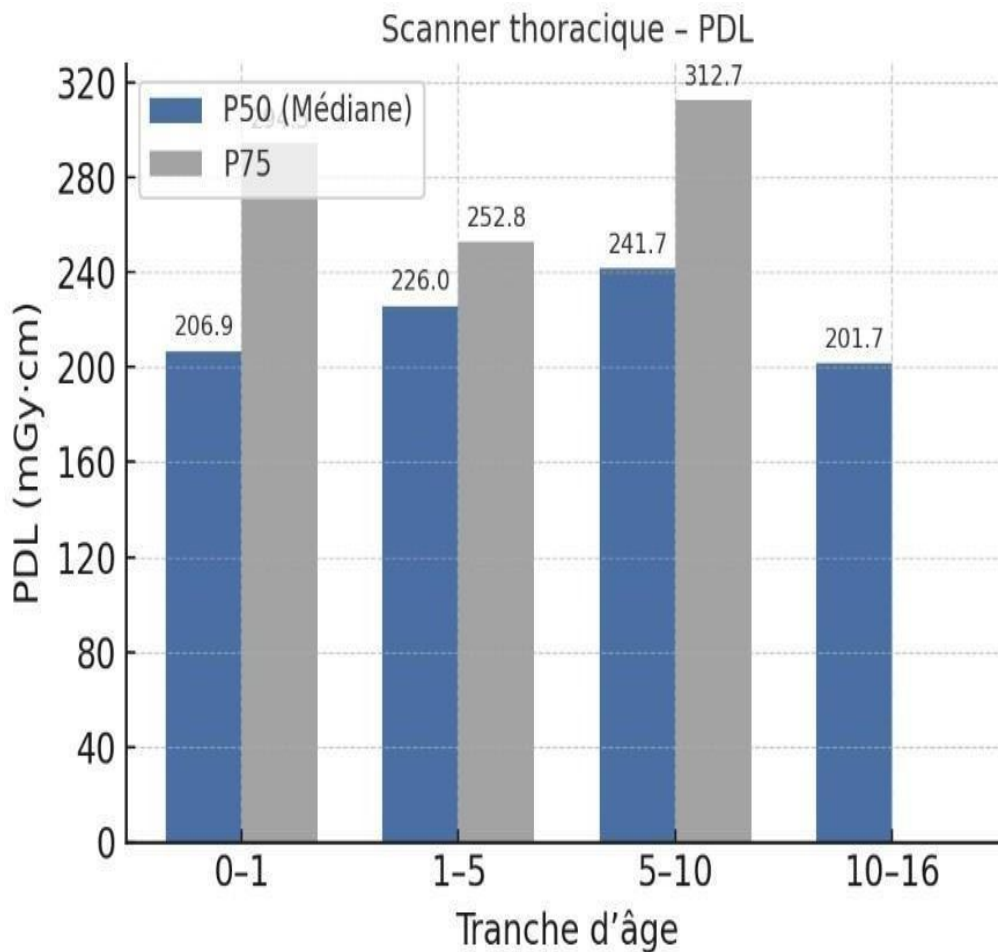


Figure 40 : Histogramme des valeurs PDL P75 selon la tranche d'âge – Scanner thoracique pédiatrique

III.4.7. Interprétation :

L'histogramme du CTDIvol P75 est globalement stable entre 9,09 et 9,14 mGy pour les tranches 1–10 ans, avec un pic de 9,14 mGy chez les 5–10 ans, puis absence de données chez les 10–16 ans. En revanche, le DLP P75, après un premier palier à 294,46 mGy·cm chez les moins de 1 an, diminue légèrement à 252,85 mGy·cm chez les 1–5 ans avant de remonter à 312,71 mGy·cm chez les 5–10 ans. Cette légère variation reflète l'ajustement de la longueur d'acquisition thoracique en fonction de la taille, sans modification significative du débit de dose.

III.5. Scanner rochers pédiatriques

Ce tableau 38 présente les valeurs dosimétriques médianes (P50) et les 75^e percentiles (P75) du CTDIvol et du PDL, en fonction de l'âge des enfants examinés par scanner rochers pédiatrique.

Tranche d'âge	CTDI 50P	CTDI P75	PDL P50	PDL P75
0 à 1 an	92,87	-	957,47	-
1 à 5 ans	54,26	79,25	1005,57	1632,08
5 à 10 ans	130,12	132,15	1688,48	1740,81
10 à 16 ans	130,12	-	1113,67	-

Tableau 38 : Valeurs (P50) (P75) du CTDIvol et du PDL selon la tranche d'âge – Scanner des rochers pédiatrique

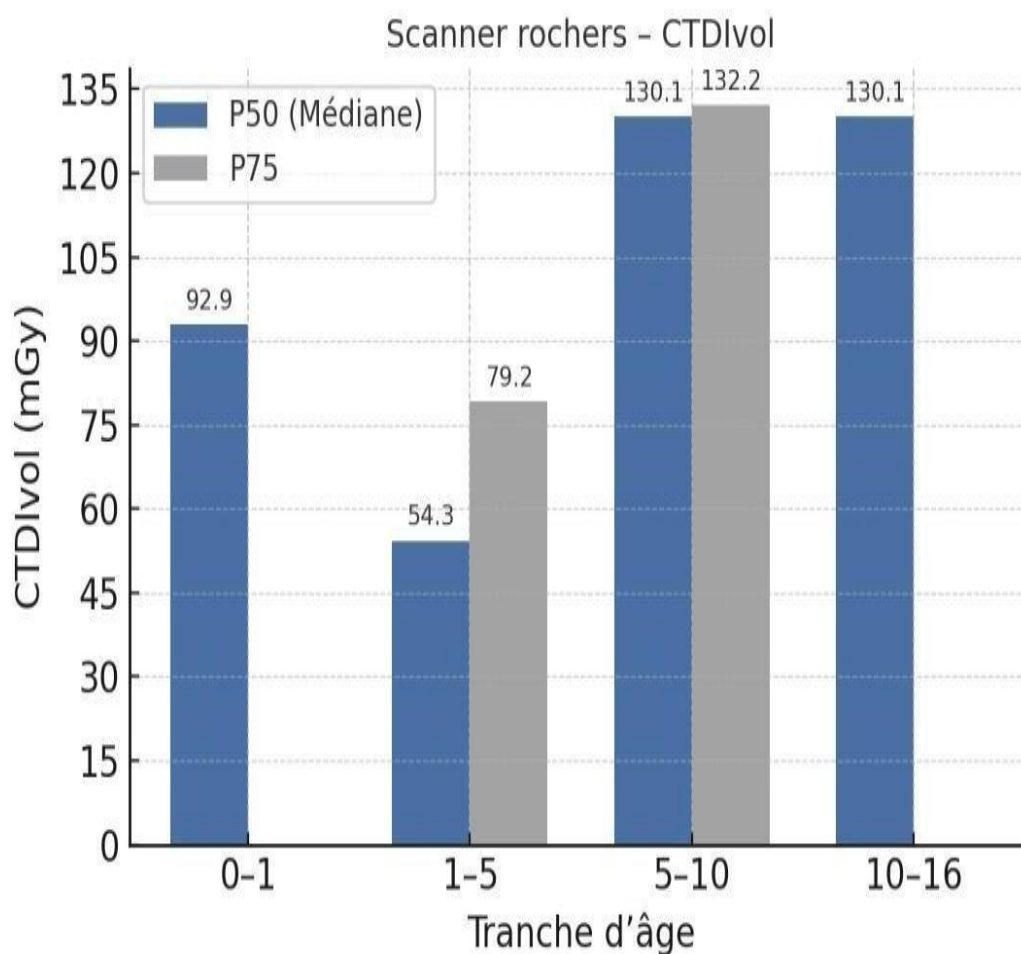


Figure 41 : Histogramme des valeurs CTDIvol P75 selon la tranche d'âge – Scanner des rochers pédiatriques

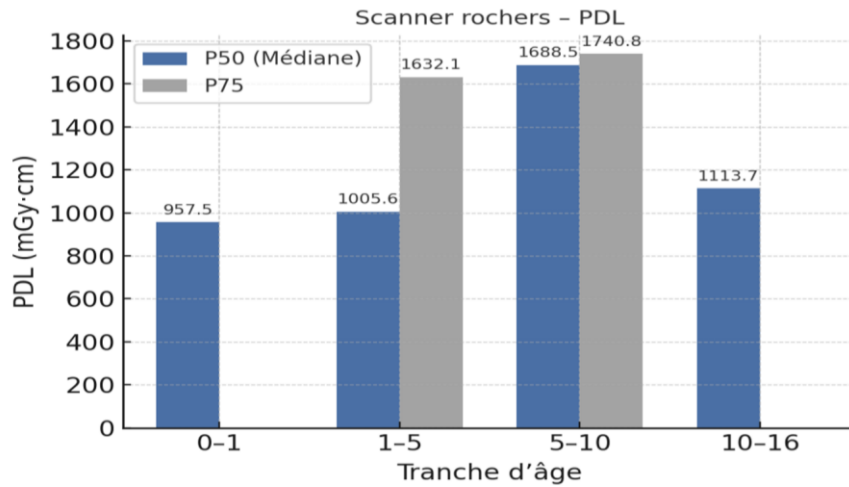


Figure 42 : Histogramme des valeurs PDL selon la tranche d'âge – Scanner des rochers pédiatriques

III.25.1 Interprétation :

On observe un CTDI_{vol} P75 de 79,25 mGy chez les 1–5 ans, qui s'élève à 132,15 mGy chez les 5–10 ans, traduisant l'augmentation de l'épaisseur osseuse et de la complexité anatomique des rochers. Le DLP P75 suit une trajectoire similaire : 1 632,08 mGy·cm puis 1

740,81 mGy·cm, reflétant un champ d'exploration plus large et/ou un protocole de reconstruction plus poussé pour les enfants plus âgés.

III.6. Scanner TAP pédiatrique

Ce tableau 39 présente les valeurs dosimétriques médianes (P50) et les 75^e percentiles (P75) du CTDI_{vol} et du PDL, en fonction de l'âge des enfants examinés par scanner TAP pédiatrique.

Tranche d'âge	CTDI P50	CTDI P75	PDL Médiane	PDL P75
0 à 1 an	9,50	-	351,80	-
1 à 5 ans	9,25	9,27	425,95	444,81
5 à 10 ans	9,27	9,50	477,91	545,40
10 à 16 ans	-	-	-	-

Tableau 39 : Valeurs (P50) et (P75) du CTDI_{vol} et du PDL selon la tranche d'âge – Scanner thoraco-abdomino-pelvien (TAP) pédiatrique

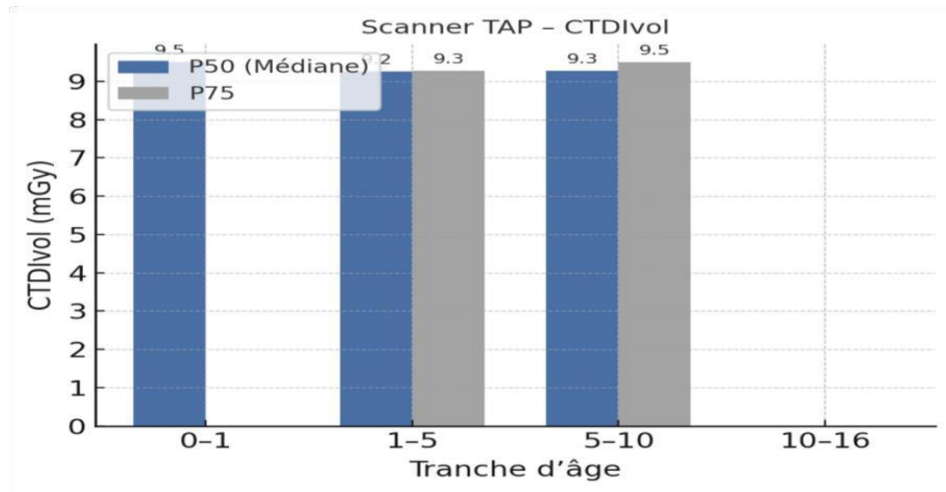


Figure 43 : Histogramme des valeurs CTDIvol P75 selon la tranche d'âge – Scanner TAP

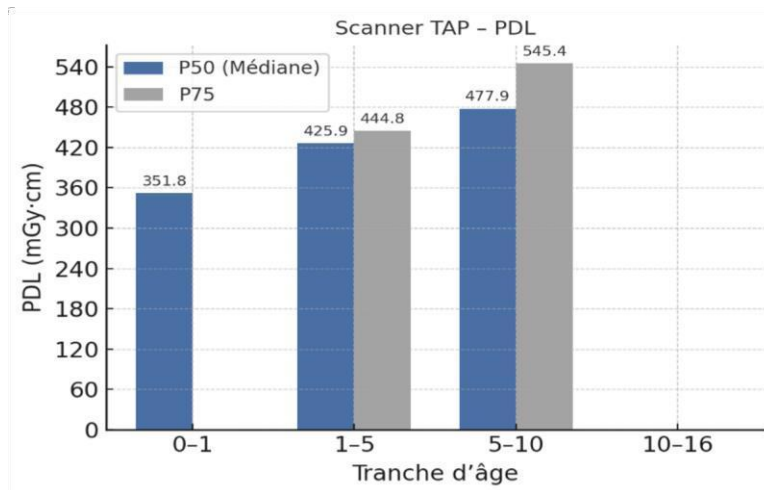


Figure 44 : Histogramme des valeurs PDL P75 selon la tranche d'âge – Scanner TAP

III.6.1. Interprétation :

Le CTDIvol P75 reste très constant (9,27–9,50 mGy) pour les 1–10 ans, indiquant un calibrage stable du tube pour couvrir les trois territoires (thorax, abdomen, pelvis). En revanche, le DLP P75 augmente de 444,81 mGy·cm à 545,40 mGy·cm entre les 1–5 ans et les 5–10 ans, conséquence directe d'une longueur d'examen plus importante chez les enfants plus grands. L'absence de données pour les 0–1 ans et 10–16 ans invite à compléter la collecte, mais ces résultats respectent les standards pédiatriques internationaux, même si aucune valeur ANS n'est spécifiée pour ce protocole.

III.7. Les résultats totaux dosimétriques (CTDI_{vol} et DLP) pour les examens scanner réalisés chez enfants par groupes

La dosimétrie en scanner pédiatrique est cruciale compte tenu de la sensibilité accrue des enfants aux rayonnements ionisants. Ce rapport présente les valeurs de CTDI_{vol} et DLP pour plusieurs types d'examens selon les tranches d'âge. Ces mesures permettent de comparer l'exposition réelle aux niveaux de référence diagnostiques (NRD) recommandés par l'ASN.

III.7.1. Analyse des doses en scanner pédiatrique – Groupes 1 et 2

Groupe 1 : Cérébral, Rochers

Examen / Tranche d'âge	CT DI P50	CT DI P75	PDL P50	PDL P75
Scanner CÉRÉBRAL				
0 – 1 ans	28.66	—	578.47	—
1– 5 ans	52.46	79.15	1130.94	1632.27
5 – 10 ans	79.29	79.39	1713.40	1755.27
10 – 16 ans	80.00	81.13	2287.29	2367.56
Scanner ROCHERS				
0 – 1 an	92.87	—	957.47	—
1 – 5 ans	54.26	79.25	1005.57	1632.08
5 – 10 ans	130.12	132.15	1688.48	1740.81
10 – 16 ans	130.12	—	1113.67	—

Tableau 40: Groupe 1 : Cérébral, Rochers

Groupe 2 : ABD PLV, TAP, Thorax

Examen / Tranche d'âge	CT DI P50	CTDI P75	PDL P50	PDL P75
Scanner ABD-PLV				
1 – 5 ans	12.21	—	449.28	—
5 – 10 ans	12.33	12.37	586.13	628.02
10 – 16 ans	12.38	12.67	636.73	715.94
Scanner THORAX				

0 – 1 an	7.16	9.10	206.88	294.46
1 – 5 ans	8.56	9.09	225.97	252.85
5 – 10 ans	6.57	9.14	241.72	312.71

10 – 16 ans	5.6 9	—	201.72	—
Scanner TAP				
0 – 1 an	9.5 0	—	351.80	—
1 – 5 ans	9.2 5	9.2 7	425.95	444.81
5 – 10 ans	9.2 7	9.5 0	477.91	545.40
10 – 16 ans	—	—	—	—

Tableau 41 : Groupe 2 : ABD PLV, TAP, Thorax

III.7.2. Histogrammes comparatifs des doses pédiatriques

Les graphiques suivants permettent de visualiser l'évolution des valeurs dosimétriques P75 (CTDIvol et DLP) en fonction de la tranche d'âge et du type d'examen. Ils offrent une vision d'ensemble facilitant la comparaison inter-examens et l'évaluation par rapport aux niveaux de référence diagnostiques (NRD).(Figure 45 et Figure 46)

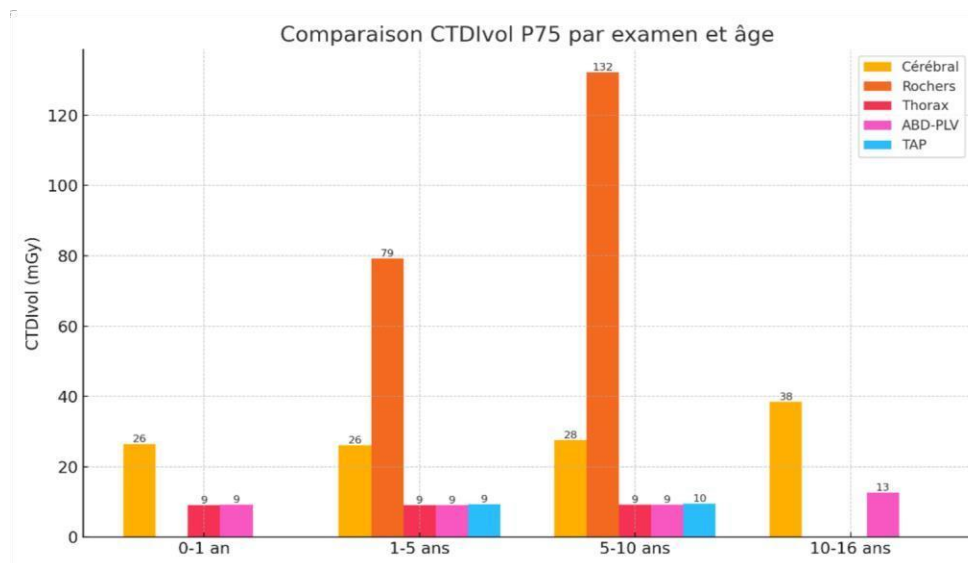


Figure 45 : Histogramme comparatif du CTDI vol P75

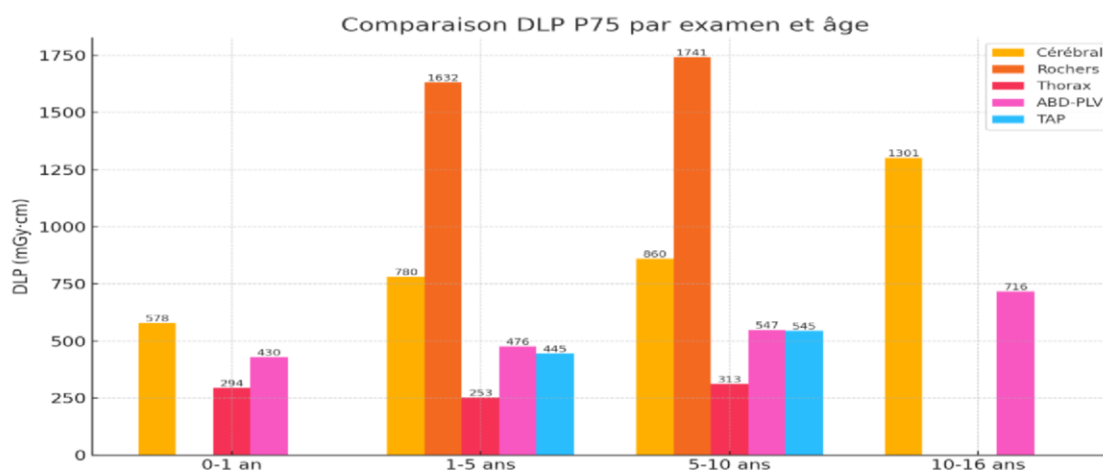


Figure 46: Histogramme comparatif du DLP P75

III.8. Comparaison des doses P75 avec les niveaux de Référence ASN

Le tableau ci-dessous présente une comparaison des doses mesurées au 75^e percentile (P75) avec les niveaux de référence diagnostiques (NRD) publiés par l'Agence Nationale de Sécurité (ASN), pour les examens cérébraux et rochers chez l'enfant. Les indicateurs dosimétriques analysés sont le CTDIvol et le Produit Dose Longueur (PDL), classés par tranches d'âge. Cette comparaison permet d'identifier les situations où les doses administrées dépassent les valeurs de référence. (Tableau 42 et Tableau 43)

Groupe 1 : Tête et Cou

Examen / d'âge	CTDI P50	CTDI P75	ANS P75	PDL P50	PDL P75	ANS P75
CÉRÉBRAL						
0 – 1 an	28.66	—	20	578.47	—	—
1 – 5 ans	52.46	79.15	22	1130.94	1632.27	360
5 – 10 ans	79.29	79.39	26	1713.40	1755.27	470
10 – 16 ans	80.00	81.13	—	2287.29	2367.56	—
ROCHERS						
0 – 1 an	92.87	—	—	957.47	—	—
1 – 5 ans	54.26	79.25	43	1005.57	1632.0	240

					8	
5 – 10 ans	130.12	132.15	51	1688.48	1740.8 1	330
10 – 16 ans	130.12	—	—	1113.67	—	—

Tableau 42: Comparaison des doses P75 avec les niveaux de référence ANS

	CTDI P50	CTDI P75	ANS P75	PDL P50	PDL P75	ANS P75
ABD-PLV						
1 – 5 ans	12.21	—	2	449.28	—	65
5 – 10 ans	12.33	12.37	2.5	586.13	628.02	95
10 – 16 ans	12.38	12.67	4	636.73	715.94	180
THORAX						
0 – 1 an	7.16	9.10	1.1	206.88	294.46	20
1 – 5 ans	8.56	9.09	1.3	225.97	252.85	26
5 – 10 ans	6.57	9.14	1.4	241.72	312.71	40
10 – 16 ans	5.69	—	—	201.72	—	—
TAP						
0 – 1 an	9.50	—	—	351.80	—	—
1 – 5 ans	9.25	9.27	—	425.95	444.81	—
5 – 10 ans	9.27	9.50	—	477.91	545.40	—

Figure 43 : Comparaison des doses P75 avec les niveaux de référence ANS

III.8.1. Comparaison des CTDI P75 avec les niveaux de référence ANS

L'histogramme ci-dessous compare les valeurs obtenue de CTDI P75 aux niveaux de référence ANS P75 pour les examens cérébraux et rochers dans le groupe 1. Pour toutes les tranches d'âge représentées, (Figure 47)

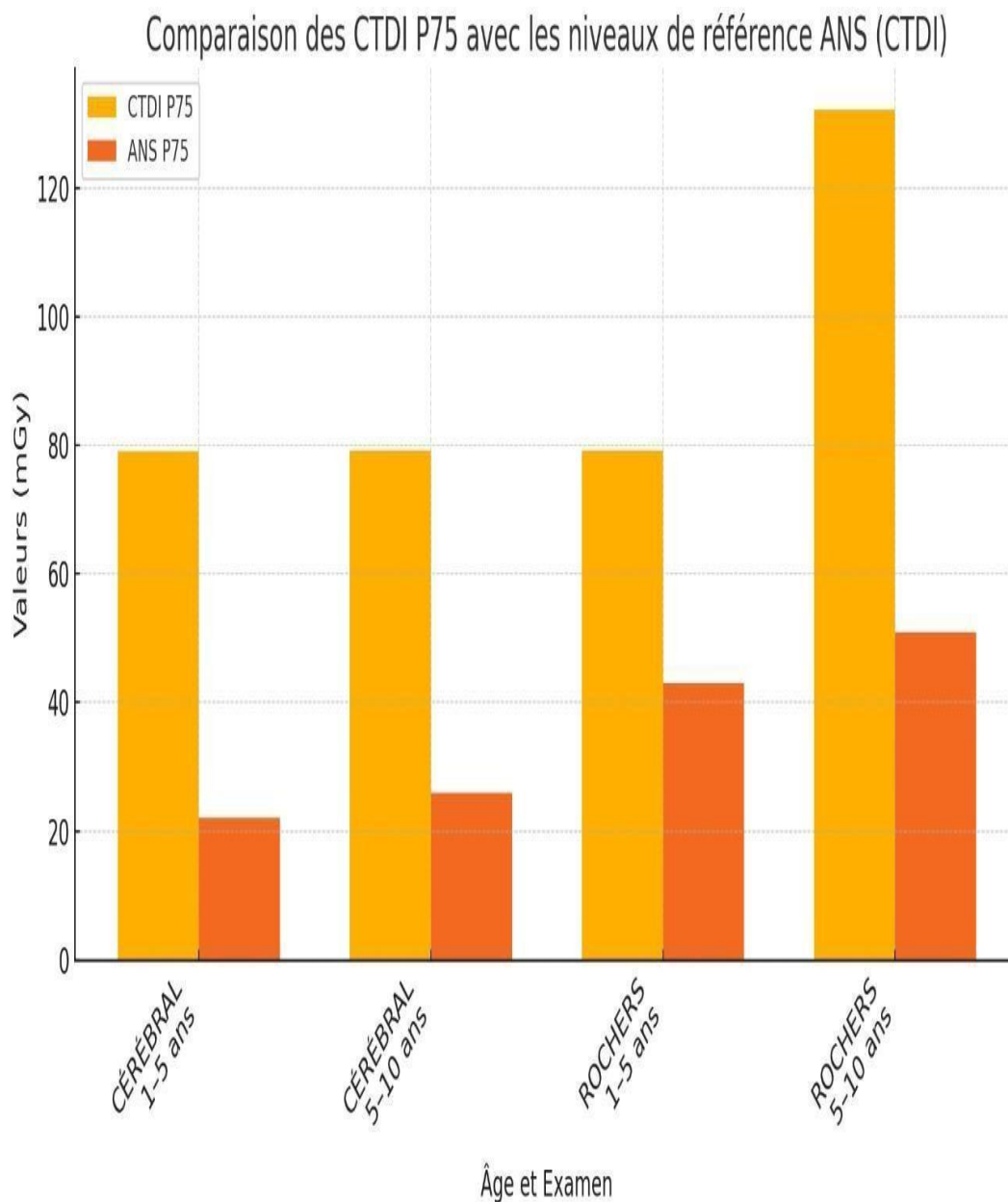


Figure 47: Comparaison des CTDI P75 avec les niveaux de référence ANS

III.8.2. Comparaison des PDL P75 avec les niveaux de référence ANS

L'histogramme ci-dessous met en évidence les différences entre les PDL P75 mesurés localement et les niveaux de référence ANS. Comme pour les CTDI, les PDL (Figure 48)

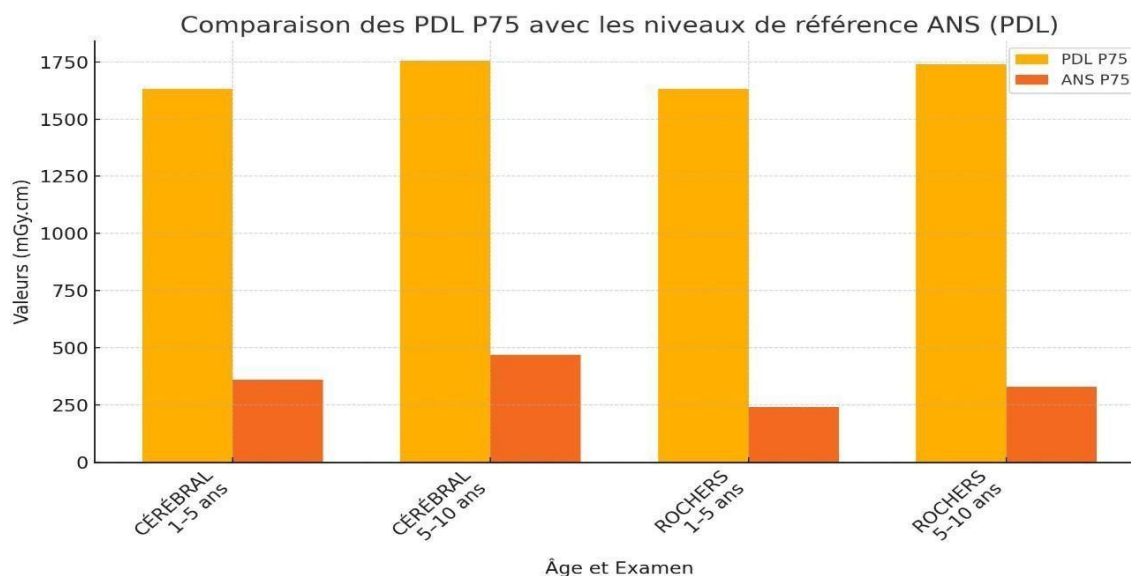


Figure 48: Comparaison des PDL P75 avec les niveaux de référence ANS

III.8.3. Interprétation :

Les valeurs mesurées du **CTDIvol P75** et du **PDL P75** dépassent largement les niveaux de référence diagnostiques (NRD), notamment pour les examens cérébraux et des rochers chez l'enfant. Par exemple, le CTDIvol atteint 79,15 mGy pour les examens cérébraux (1–5 ans), contre un NRD de 22 mGy. De même, le PDL atteint 1755,27 mGy·cm pour les examens cérébraux (5–10 ans), alors que le NRD est de 470 mGy·cm.

Ces écarts peuvent s'expliquer par des choix cliniques justifiés (qualité d'image accrue pour des diagnostics complexes). Mais aussi par le nombre de patient qui reste faible pour l'étude.

Conclusion

Ce travail a permis de réaliser une évaluation approfondie des doses délivrées lors des examens tomodensitométriques au sein du service de radiologie de l'Hôpital Chahid Mahmoudi de Tizi-Ouzou, pour objectif l'établissement de niveaux de référence diagnostique (NRD) locaux. L'analyse des données dosimétriques, appuyée par des outils statistiques et des représentations graphiques (histogrammes, boxplots), a mis en évidence une bonne homogénéité des pratiques pour plusieurs examens, notamment thoraciques, abdominopelviens et thoraco-abdomino-pelviens (TAP), témoignant d'un usage globalement optimisé des protocoles.

Cependant, certaines disparités importantes ont été observées pour des examens plus spécialisés tels que les scanners du crâne ou des rochers, où les valeurs du CTDIvol et du DLP présentent une forte variabilité. Ces écarts soulignent la nécessité d'une harmonisation plus poussée des pratiques et d'une réévaluation des protocoles afin de garantir une radioprotection optimale des patients, en particulier dans les zones anatomiques sensibles.

Dans l'ensemble, les niveaux de doses mesurés se situent en grande partie en dessous des NRD nationaux et internationaux, ce qui témoigne d'un bon contrôle des expositions. Les NRD locaux établis constituent une base précieuse pour les futures démarches de suivi qualité et peuvent être utilisés comme référence dans le cadre de l'audit des pratiques en imagerie médicale.

Annexe

Analyse box plots pour les principaux examens scanner réalisés à l'hôpital

Les box plots constituent un outil statistique puissant permettant de visualiser la distribution des doses (CTDI_{Ivol} et PDL) pour chaque type d'examen.

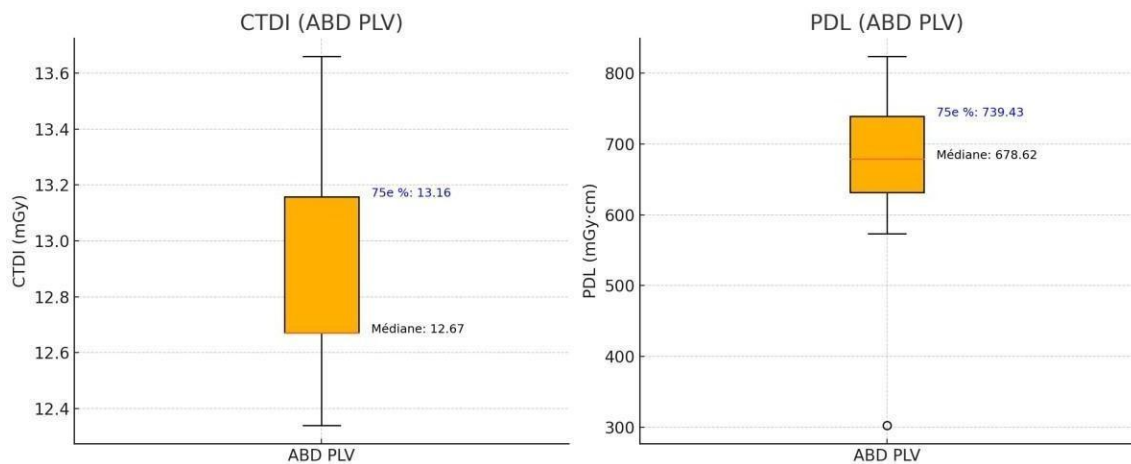


Figure 49: Box plot des doses pour le scanner ABD PLV

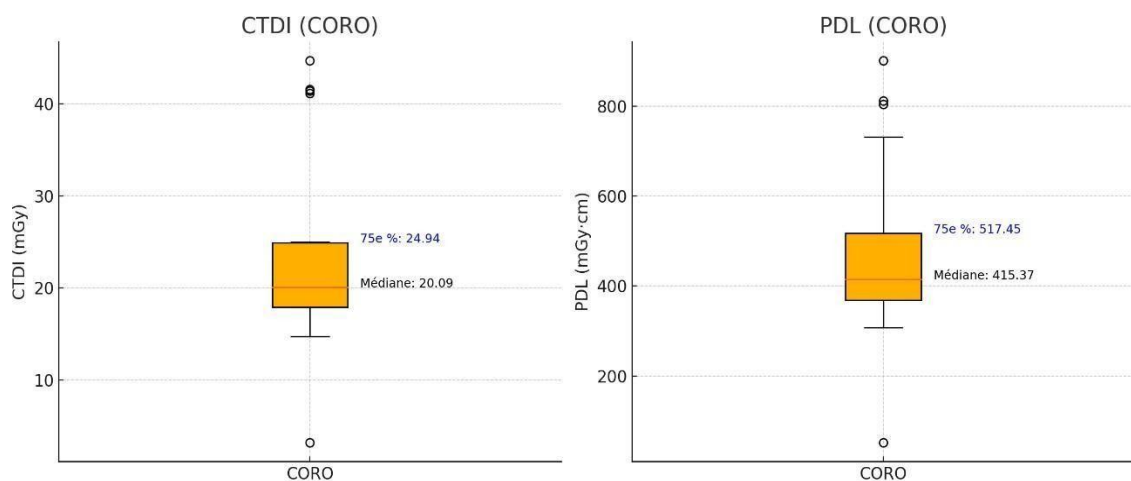


Figure 50: Box plot des doses pour le scanner CORO

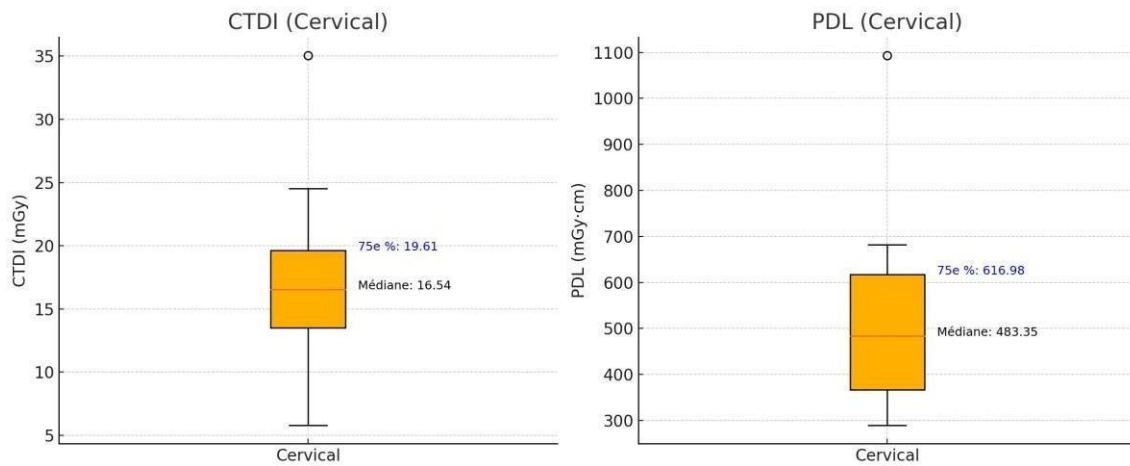


Figure 51: Box plot des doses pour le scanner cervical

Box plot des doses pour le scanner cérébral

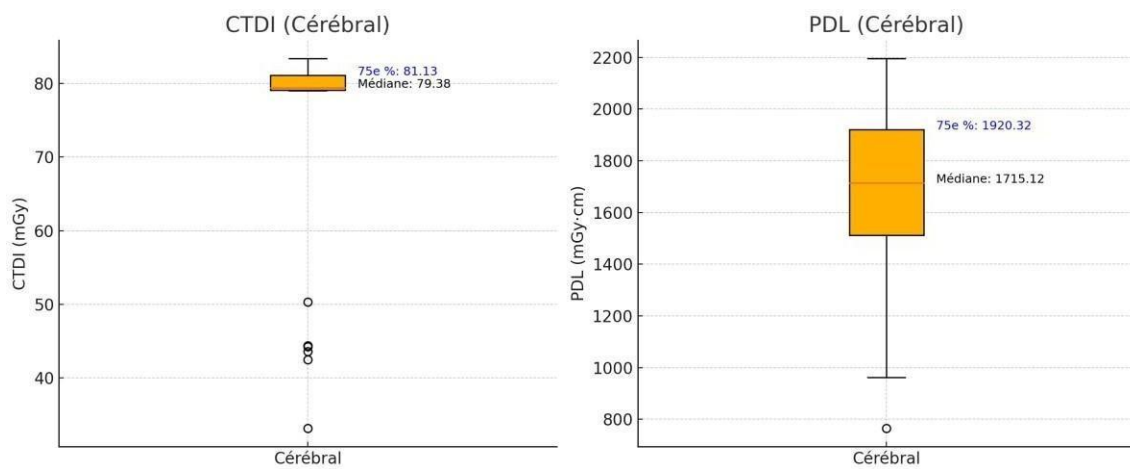


Figure 52: Box plot des doses pour le scanner cérébral

Box plot des doses pour le scanner lombaire

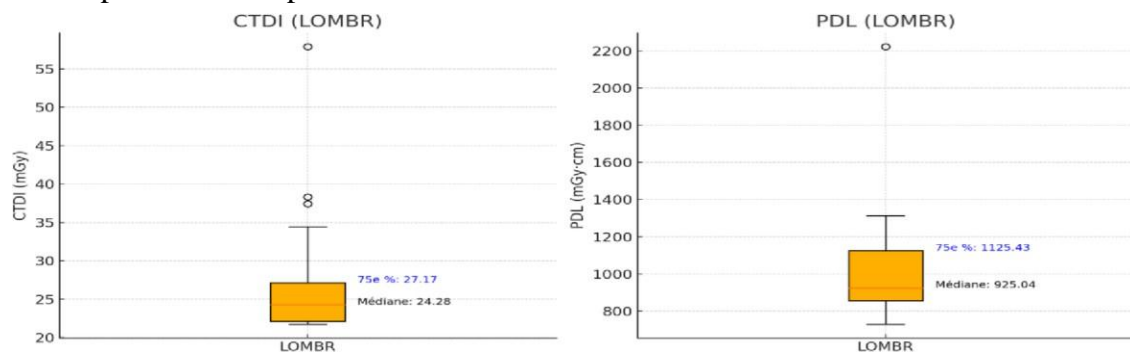


Figure 53 :: Boxplot des doses pour le scanner lombaire

Box plot des doses pour le scanner rochers

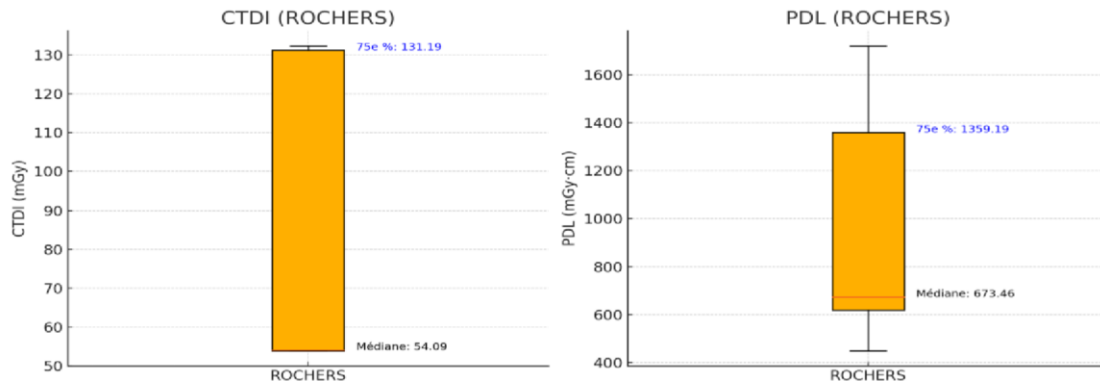


Figure 54: Box plot des doses pour le scanner rochers

Box plot des doses pour le scanner des sinus

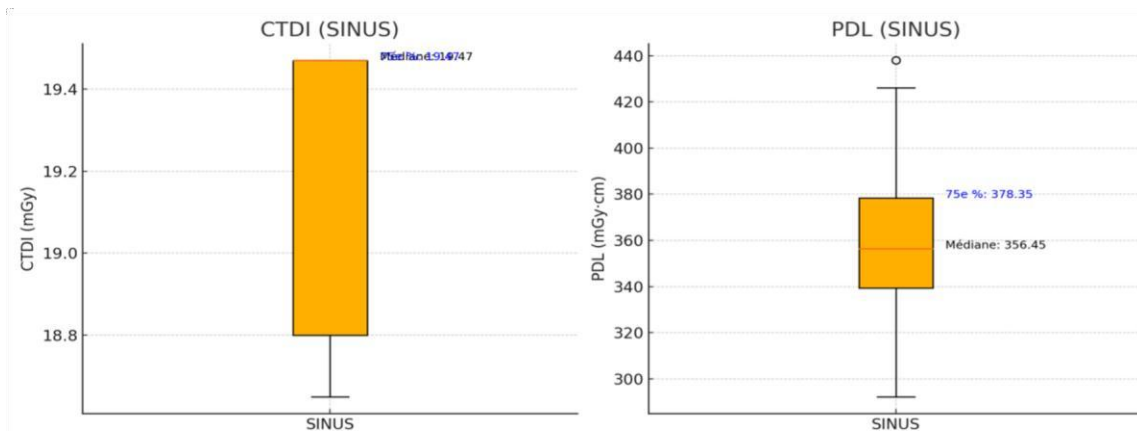


Figure 55: Boxplot des doses pour le scanner des sinus

Boxplot des doses pour le scanner TAP

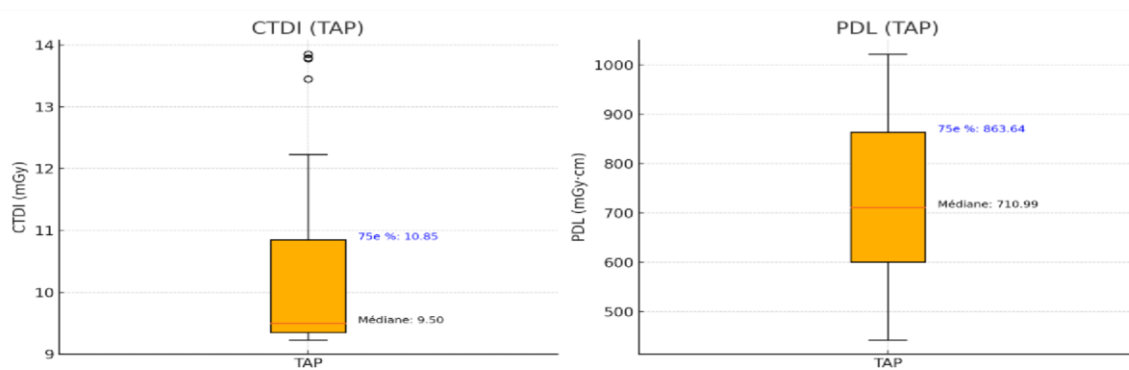


Figure 56: Boxplot des doses pour le scanner TAP

Boxplot des doses pour le scanner thoracique

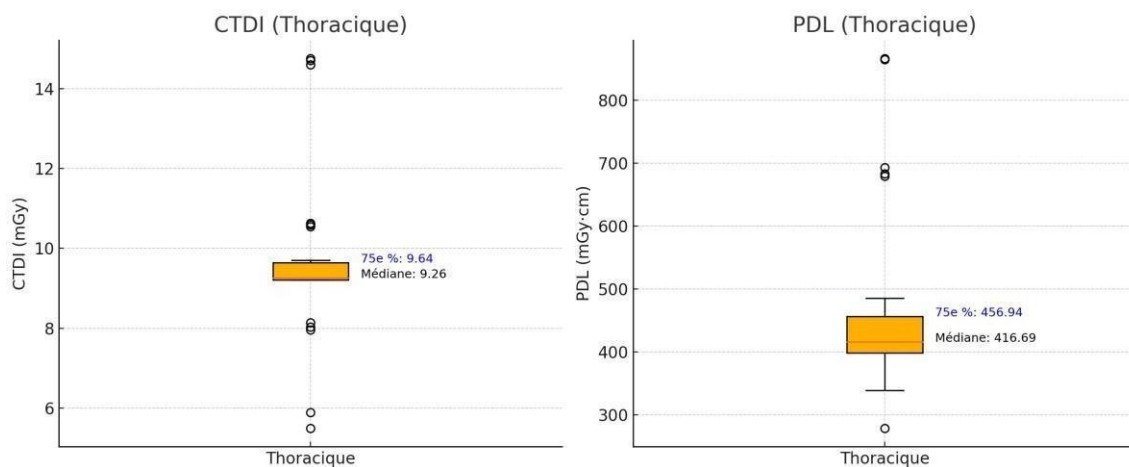


Figure 57: Boxplot des doses pour le scanner thoracique

Boxplot des doses pour le scanner urographique (URO)

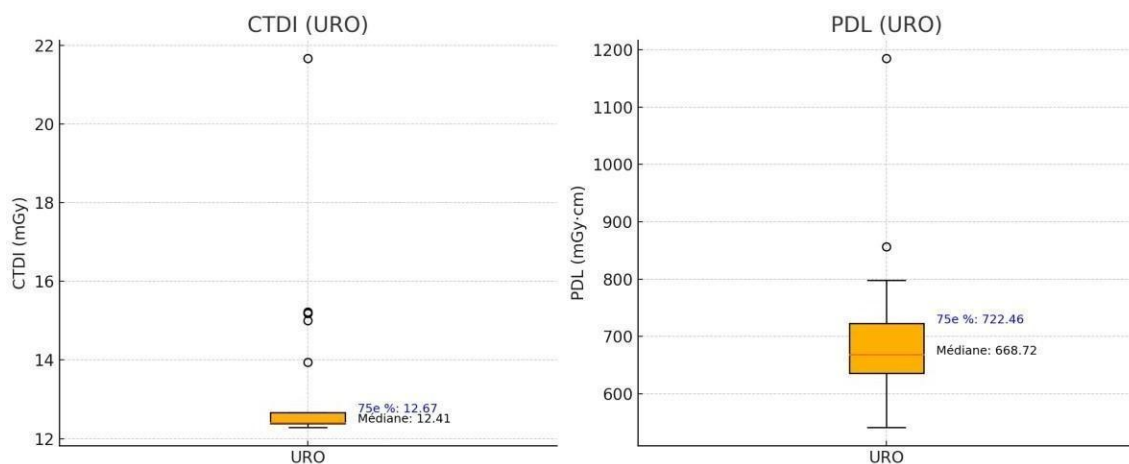


Figure 58: Boxplot des doses pour le scanner urographique (URO)

analyse des Boxplots par groupes de scanner réalisé à l'Hôpital

Les boxplots permettent de visualiser la distribution des doses d'irradiation (CTDI_{vol} et PDL) pour les différents examens scanner réalisés à l'hôpital. Chaque graphique révèle la variabilité des pratiques, l'homogénéité des protocoles, et l'adéquation avec les niveaux de référence diagnostiques (NRD). Les examens sont répartis selon les Groupes 1 et 2, conformément au découpage du rapport.

Groupe 1 : tête et cou

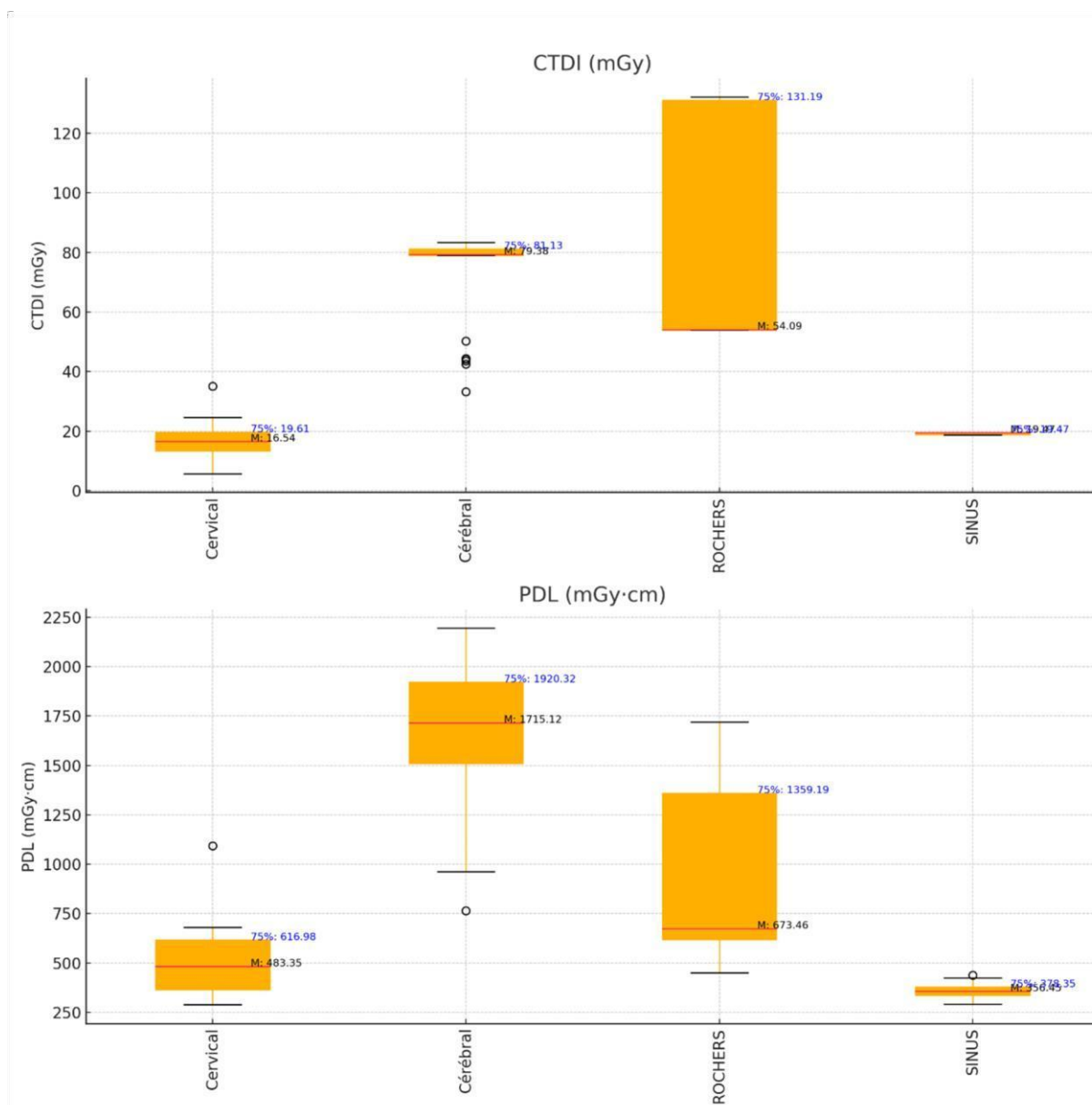


Figure 59: Box plots comparatifs des doses pour les scanners du groupe 1 (tête et cou)

Interprétation des boxplots dosimétriques

Les boxplots ci-dessous présentent la distribution des doses d'irradiation (CTDI_{vol} et PDL) pour les principaux examens scanner réalisés à l'hôpital, regroupés en deux catégories : les examens de la tête et du cou (groupe 1) et les examens thoraco-abdomino-pelviens (groupe 2).

L'analyse de ces représentations graphiques permet d'identifier la variabilité des doses, de repérer les pratiques homogènes ou divergentes, et d'évaluer la conformité aux niveaux de référence diagnostiques (NRD).

Interprétation des boxplots du Groupe 1 (Tête et cou)

Les examens de la tête et du cou montrent des profils dosimétriques très différents :

Scanner cérébral :

CTDIvol Médiane : 79.38 mGy, P75 : 81.13 mGy

PDL Médiane : 1715.12 mGy·cm, P75 : 1920.32 mGy·cm

⇒ Distribution resserrée autour de la médiane, indiquant une bonne homogénéité des pratiques.

Scanner des sinus :

CTDIvol Médiane = P75 : 19.47 mGy (valeur identique)

PDL Médiane : 356.45 mGy·cm, P75 : 378.35 mGy·cm

⇒ Très faible dispersion, révélant une forte standardisation des protocoles.

Scanner des rochers :

CTDIvol Médiane : 54.09 mGy, P75 : 131.18 mGy

PDL Médiane : 673.46 mGy·cm, P75 : 1359.19 mGy·cm

⇒ Forte dispersion avec des valeurs P75 plus du double de la médiane, soulignant une grande variabilité et un besoin potentiel d'optimisation des pratiques.

Interprétation des boxplots du Groupe 2 (Thoraco-abdomino-pelvien)

Les examens de ce groupe montrent globalement une meilleure uniformité des doses, mais avec quelques variations notables : Groupe 2 : Scanner thoraco-abdomino-pelvien

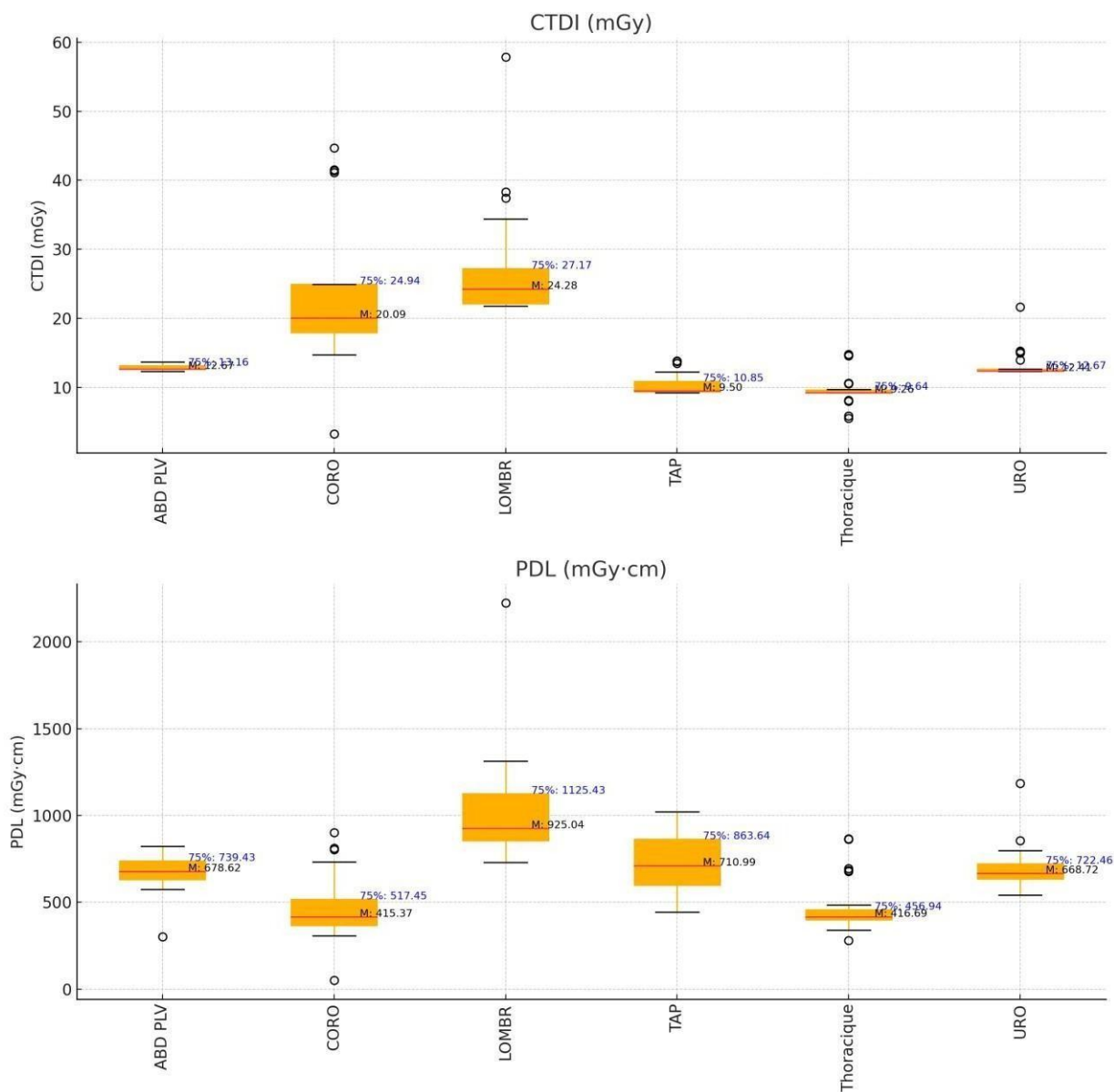


Figure 60: Boxplots comparatifs des doses pour les scanners du groupe 2 (TAP)

Thorax :

CTDIvol Médiane : 9.26 mGy, P75 : 9.64 mGy

PDL Médiane : 416.69 mGy·cm, P75 : 456.94 mGy·cm

⇒ Faible écart, indiquant une bonne maîtrise des doses délivrées.

TAP (Thoraco-Abdomino-Pelvien) :

CTDIvol Médiane : 9.5 mGy, P75 : 10.85 mGy

PDL Médiane : 710.99 mGy·cm, P75 : 863.64 mGy·cm ⇒ Légère dispersion, mais dans une plage acceptable.

Abdomino-pelvien :

CTDIvol Médiane : 12.67 mGy, P75 : 13.16 mGy

PDL Médiane : 678.62 mGy·cm, P75 : 739.43 mGy·cm ⇒ Bonne cohérence entre les examens.

Urographie :

CTDIvol Médiane : 12.41 mGy, P75 : 12.67 mGy

PDL Médiane : 668.72 mGy·cm, P75 : 722.46 mGy·cm
⇒ Faible écart entre la médiane et le P75, ce qui reflète une standardisation correcte.

Lombaire :

CTDIvol Médiane : 24.28 mGy, P75 : 27.17 mGy

PDL Médiane : 925.04 mGy·cm, P75 : 1125.43 mGy·cm
⇒ Doses plus élevées et intervalle plus large, surtout pour le PDL, ce qui pourrait nécessiter une évaluation des pratiques.

Coroscanner :

CTDIvol Médiane : 20.09 mGy, P75 : 24.94 mGy

PDL Médiane : 415.37 mGy·cm, P75 : 517.45 mGy·cm
⇒ Légère dispersion indiquant des ajustements selon la situation clinique.

Bibliographies

- [1] ICRP, "Radiological Protection in Medicine", Publication 105, Ann. ICRP 37 (6), 2007.
- [2] European Commission, "Radiation Protection 185: European Guidelines on Diagnostic Reference Levels for Paediatric Imaging", Luxembourg, Publications Office of the European Union, 2018.
- [3] AIEA, "Dosimétrie en imagerie diagnostique", Guide de sûreté, Collection Sécurité, Vienne, 2018.
- [4] IRSN, "Niveaux de référence diagnostiques en scanner – Rapport d’analyse des données 2021", Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, France, 2021.
- [5] ASN, "Décision n° 2019-DC-0669 de l’Autorité de sûreté nucléaire du 18 avril 2019", relative aux modalités d’évaluation des doses délivrées aux patients en imagerie médicale.
- [6] SFPM, "Guide d’application des niveaux de référence diagnostiques en radiologie et en médecine nucléaire", Société Française de Physique Médicale, 2020.
- [7] Christy, M., "Mathematical Phantoms for Use in Reassessment of Radiation Doses to Japanese Atomic-Bomb Survivors", Health and Safety Research Division, DE-AC05840R21400, July 1985.
- [8] Manual, "MCNP – A General Monte Carlo N–Particle Transport Code", Version 4C, Ed: Judith F. Briesmeister, December 2000.
- [9] Monica W. K. Kan, Lucillus H. T. Leung, et al., "Radiation Dose from Cone Beam Computed Tomography for Image-Guided Radiation Therapy", Department of Oncology, Princess Margaret Hospital, Hong Kong, 2007.
- [10] Report of AAPM Task Group 23 of the Diagnostic Imaging Council CT Committee, "The Measurement, Reporting and Management of Radiation Dose in CT", January 2008.
- [11] ADULT CT EXAMINATIONS IN ALGERIA: TOWARDS UPDATING NATIONAL DIAGNOSTIC REFERENCE LEVELS Radiation Protection Dosimetry (2020), pp. 1–8doi:10.1093/rpd/ncaa116