REPUBLIQUE DU BENIN

--*--

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

------**

UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI

----*----**

FACULTE DES SCIENCES DE LA SANTE (FSS)

-----**-----**

UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE EN MEDECINE

-----***-----**

Année : 2020 **N°2268**

ETUDE DES DOSES DE RAYONNEMENTS A LA TOMODENSITOMETRIE CEREBRALE THORACIQUE ET ABDOMINO-PELVIENNE AU CNHU-HKM DE COTONOU

THESE

Présentée et soutenue publiquement pour obtenir le grade de

DOCTEUR EN MEDECINE

DIPLOME D'ETAT

Par :

Iyanda Abudul Majid ADJADO

Né le 15 Juillet 1994 à Porto-Novo (BENIN)

Président du jury

Professeur Marcellin AMOUSSOU-GUENOU

Membres du jury

Professeur Bonaventure AWEDE

MCA Stéphane SAVI DE TOVE

MCA H. Patricia YEKPE AHOUANSOU

Directeur de thèse

MCA H. Patricia YEKPE AHOUANSOU

Co-Directeur de thèse

Dr Sonia ADJADOHOUN

REPUBLIQUE DU BENIN
*****
UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI

FACULTE DES SCIENCES DE LA SANTE
****

UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI FACULTE DES SCIENCES DE LA SANTE

LISTE DU PERSONNEL ENSEIGNANT

DOYEN : Professeur MEHINTO Delphin K.

VICE-DOYEN U.F.R Médecine : Professeur ZOUMENOU Eugène

VICE-DOYEN U.F.R Pharmacie : Maître de Conférences Agrégé YEMOA Loconon Y. Achille

VICE-DOYENNE/ECOLES : Professeur EZIN-HOUNGBE Josiane

Année : 2018-2019 (version octobre 2019)

PROFESSEURS TITULAIRES

1.	Dr HOUNGBE Fabien	Médecine Interne
2.	Dr EZIN-HOUNGBE Josiane	Psychiatrie Adulte
3.	Dr HOUINATO Dismand Stéphan	Neurologie
4.	Dr ADJIBABI Wassi	ORL-Chirurgie Cervico Faciale
5.	Dr. KINDE GAZARD Dorothée Akoko	Parasitologie Mycologie
6.	Dr MEHINTO Delphin Kuassi	Chirurgie Viscérale
7.	Dr VIGNIKIN -YEHOUESSI Bernadette	ORL-Chirurgie Cervico Faciale
8.	Dr GANGBO Flore	Histologie- Embryologie-Cytogénétique
9.	Dr HOUNNOU-TCHABI Sidonie	Ophtalmologie
10.	Dr. LALEYE Anatole O. A	Histologie, Embryologie, Cytogénétique
11.	Dr. AMOUSSOU-GUENOU Marcellin Kuassi	Biophysique, Médecine Nucléaire
12.	Dr FIOGBE Michel Armand	Chirurgie Pédiatrique
13.	Dr HOUENASSI D. Martin	Cardiologie
14.	Dr HANS-MOEVI Aristote	Orthopédie -Traumatologie
15.	Dr KPADONOU Toussaint G	Médecine Physique – Réadaptation
16.	Dr SOUNOUVOU Ignace	Ophtalmologie
17.	Dr BIAOU Olivier	Imagerie Médicale
18.	Dr ODOULAMI-YEHOUESSI Lisette	Ophtalmologie
19.	Dr ZANNOU D. Marcel	Médecine Interne
20.	Dr ZOUMENOU Eugène	Anesthésie-Réanimation
21.	Dr DENAKPO Justin Lewis	Gynécologie Obstétrique
22.	Dr DOSSOU Francis Moïse	Chirurgie Générale

OCTOBRE 2019

Université d'Abomey-Calavi
LE DOYEN
Faculté des Sciences de la Santé

MJK

23. Dr ADEGBIDI Hugues Daniel Gbadébo	DermatologieVénérologie
24. Dr AFFOLABI Dissou.....	Bactériologie-Virologie
25. Dr ALAO Modjere Ola Maroufou Jules.....	Pédiatrie et Génétique Médicale
26. Dr ATADOKPEDE Agbomènou Félix.....	Dermatologie- Vénérologie
27. Dr AWEDE Bonaventure Lucien Sévérin.....	Physiologie
28. Dr FIOSSI-KPADONOU Emilie	Pédopsychiatrie
29. Dr HOUNNOU d'ALMEIDA Marcelline Edith Solange....	Pédiatrie et Génétique Médicale
30. Dr MADOUGOU Soumaïla	Orthopédie et Traumatologie
31. Dr TONATO Josiane Angéline Adjoua.....	Gynécologie-Obstétrique
32. Dr ADJIEN Kodjo Constant.....	Neurologie
33. Dr OGOUYEMI-HOUNTO Aurore Bertille.....	Parasitologie
34. Dr SAGBO Gratien.....	Pédiatrie
35. Dr SEHONOU Jean.....	Hépato-Gastro-Entérologie

OCTOBRE 2019

Université d'Abomey-Calavi * Faculté des Sciences de la Santé * LE DOYEN

MAÎTRES DE CONFERENCES AGREGES

1.	Dr RAHIMY Mohamed Chérif Deen.....	Pédiatrie et Génétique Médicale
2.	Dr ASSOUTO A. Pamphile.	Anesthésie –Réanimation
3.	Dr AVAKOUDJO François	ORL-ChirurgieCervicoFaciale

MJK

4.	Dr GANSOU Grégoire Magloire	Psychiatrie
5.	Dr GBENOU Antoine Séraphin	Chirurgie Pédiatrique
6.	Dr HOUNKPE Pierre Claver	Anesthésie-Réanimation
7.	Dr AGODOKPESSI Gildas	Pneumo-Phtisiologie
8.	Dr ALAMOU Soulé	Ophtalmologie
9.	Dr AVAKOUDJO Josué D. Georges	Urologie-Andrologie
10.	Dr AYELO Ahounmènou Paul	Médecine du Travail
11.	Dr GNONLONFOUN Dieu donné	Neurologie
12.	Dr HOUNKPATIN Benjamin Ignace Bodounrin.....	Gynécologie Obstétrique
13.	Dr LAWSON AFOUDA Sonia.....	ORL-Chirurgie Cervico Faciale
14.	Dr TSHABU AGUEMON Christiane	Gynécologie Obstétrique
15.	Dr YEKPE AHOUANSOU Patricia Frida.....	Imagerie Médicale
16.	Dr ZOMALHETO Zavier Cossi	Rhumatologie
17.	Dr AGUEMON Badirou Din.....	Santé Publique
18.	Dr ALAGNIDE Hountondji Etienne	Médecine Physique et de Réadaptation
19.	Dr AZON KOUANOU Angèle	Médecine Interne
20.	Dr GBESSI Dansou Gaspard	Chirurgie Générale
21.	Dr HINSON Vikkey Antoine	Médecine du Travail
22.	Dr LALYA Francis Honorat	Pédiatrie et Génétique Médicale
23.	Dr SISSINTO SAVI DE TOVE Yolande	Parasitologie –Mycologie
24.	Dr VIGAN Jacques	Néphrologie
25.	Dr YEMOA Loconon Y Achille.	Chimie Analytique et Bromatologie

OCTOBRE 2019

Université d'Abomey-Calavi
LE DOYEN
Faculté des Sciences de la Santé

MAÎTRE DE CONFERENCES

1.	Dr ALLABI Aurel Constant Eustache.....	Pharmacologie Clinique

MAK

MAITRES ASSISTANTS

1.	Dr BIO-TCHANE Imrane.....	Chirurgie Maxillo-Faciale
2.	Dr KEREKOU Célestine Annelie.	Endocrinologie
3.	Dr GANDAHO Hugues Jean-Thierry.....	Neurochirurgie
4.	Dr BAGNAN TOSSA Léhila.....	Pédiatrie et Génétique Médicale
5.	Dr AGBOTON Bruno Léopold	Néphrologie
6.	Dr GANFON Habib M.Yoel.	Pharmacognosie (Matière médicale)
7.	Dr AGBODANDE Kouessi Anthelme	Médecine Interne
8.	Dr ALIHONOU Florence	Pédiatrie et Génétique Médicale
9.	Dr ALIHONOU Thierry	Neurochirurgie
10.	Dr VODOUHE Ulrich B.	ORL-ChirurgieCervicoFaciale
11.	Dr WANVOEGBE Armand.....	Médecine Interne
12.	Dr ABOUKI Chakiratou Olaïdé Adoukè.....	Ophtalmologie
13.	Dr AKPADJAN Gbèmawonmèdé Fabrice.....	Dermatologie-Vénérologie
14.	Dr CHIGBLO Segla Pascal Eric.....	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie
15.	Dr DEGBOE Kaï Bérénice Esthelle.....	Dermatologie-Vénérologie
16.	Dr DJOSSOU Médéssè David (Demande de mise à disponibilité)	Odontologie Pédiatrique
17.	Dr HODONOU Détondji Fred Jean-Martin.....	Urologie-Andrologie
18.	Dr LAWANI Ismail.....	Chirurgie Viscérale
19.	Dr OGOUDJOBI Ogourindé Mathieu.....	Gynécologie-Obstétrique
20.	Dr ZOHOUN GUIDIBI Lutécia Myria Ayaba.....	Pédiatrie et Génétique Médicale
21.	Dr ABOUBACAR Moufalilou	Gynécologie-Obstétrique
22.	Dr ADJADOHOUN Sonia Bignon Mahussi Gwladys	Radiologie
23.	Dr ADJAGBA D. Philippe M.....	Cardiologie

Université d'Abomey-Calavi
LE DOYEN
Faculté des Sciences de la Santé

OCTOBRE 2019

MAK

24.	Dr AMOSSOU L. François.....	Traumatologie-Orthopédie
25.	Dr ATTOLOU Sètondji.....	Chirurgie Générale
26.	Dr AZONBAKIN Azandégbé Simon.....	Histologie-Embryologie-Cytogénétique
27.	Dr GNANGNON Freddy Houehanou Rodrigue.....	Cancérologie Chirurgicale
28.	Dr GNINKOUN Comlan Jules.....	Endocrinologie Métabolisme et Nutrition
29.	Dr IMOROU Yacoubou.....	Chirurgie Générale
30.	Dr KPOSSOU Aboudou Raïmi.....	Gastroentérologie et Hépathologie
31.	Dr LOKOSSOU M. Symphorose.....	Gynécologie-Obstétrique
32.	Dr PADONOU Abiodoun Djossè.....	Traumatologie-Orthopédie
33.	Dr PADONOU Sètondji Géraud Roméo.....	Santé Publique
34.	Dr SEIDOU Falilatou.....	Anatomie Pathologique
35.	Dr SONOU Djidjoho Joël A.....	Cardiologie
36.	Dr TOGNIFODE M. Véronique.....	Gynécologie-Obstétrique
37.	Dr TOKOUDAGBA Kossi Jean-Marie Denis.....	Chimie Organique
38.	Dr WACHINOU Ablo Prudence.....	Pneumo-Phtisiologie
39.	Dr YEVI Dodji Magloire Inès.....	Urologie Andrologie
40.	Dr BADOU Agnès Sylvie.....	Ethnologie

Université d'Abomey-Calavi * Faculté des Sciences de la Santé *
LE DOYEN

OCTOBRE 2019

ASSISTANTS

1.	Dr VIGNON Cyprien K. (Procédure d'appel en cours pour service abandonné)	Chirurgie Générale
2.	Dr LANKPEKO-AFFOLABI Clémence M.	Pédiatrie et Génétique Médicale
3.	Dr HOUNKPONOU Eliane K. Murielle	Cardiologie
4.	Dr YAKOUBOU YOBO Annatou	Pédiatrie et Génétique Médicale
5.	Dr BIGOT Cédric Egnonwa Parfait	Médecine Légale
6.	Dr SOSSA Jean	Urologie

MDG

7.	Dr VIGNON Koffi Rodolphe	Hépato-Gastroentérologie
8.	Dr ZOHOUN Comlan Gildas Alban	Hématologie
9.	Dr BANCOLE POGNON Sylvie Arlette Ayaba	Chirurgie Buccale
10.	Dr AKODJENOU Joseph	Anesthésie Réanimation
11.	Dr AMONLES Yves D.	Psychiatrie
12.	Dr BOGNON Gilles M	Pédiatrie
13.	Dr LAWSON Roland F (Situation non connue)	Pharmacologie
14.	Dr MIKPONHOUE Rose C	Médecine du Travail
15.	Dr PADONOU Caroline	Pédiatrie
16.	Dr ANAGONOU Lary Lucrèce	Pédopsychiatrie
17.	Dr KLIKPO Elvyre	Psychiatrie Adulte
18.	Dr ADJOBIMEY Mênonli	Santé au Travail
19.	Dr AHOUNOU Ernest Stéphane	Anesthésie-Réanimation
20.	Dr HOUESSOU ENIANLOKO Nicole Zinhoué épse TCHIAKPE	Pédiatrie
21.	Dr DANGBEMEY Djima Patrice	Gynécologie-Obstétrique
22.	Dr HOUNDETOUNGAN David Gilles	Biophysique
23.	Dr MIZEHOUN GbèdéconCarmelle	Nutrition et Diététique
24.	Dr LALEYE Christel Marie Fortunat Olatumbossum B.I.	Anatomie
25.	Dr AÏGBE Nestor	Ophtalmologie
26.	Dr AZA-GNANDJI Guy-Gérard	Psychiatrie
27.	Dr DADJO Kinski Aumar	Traumatologie Orthopédie
28.	Dr Alexis Do SANTOS ZOUNON	OTO-Rhino Laryngologie et Chirurgie Cervico-Faciale
29.	Dr GOUKODADJA Oswald	Traumatologie Orthopédie
30.	Dr ASSANHOU Assogba Gabin	Pharmacie Galénique
31.	Dr BAGLO Dédé Priscillia Tatiana	Hémétologie biologie

LE DOYEN

MJK

COPIE 2019

EMERITES

1- Dr BASSABI Souleymane.....

2- Dr AHYI Réné A. Galbert.....

3- Dr PADONOU Nazaire.....

4- Dr HOUNKPE Célestin.....

5- Dr Do ANGO-PADONOU Florencia.....

6- Dr GNINAFON Martin.....

7- Dr ALIHONOU Eusèbe Magloire.....

OCTOBRE 2019

Université d'Abomey-Calavi * Faculté des Sciences de la Santé * LE DOYEN

COLLABORATEURS

A- COLLABORATEURS EXTERIEURS

1- Dr LECLERCQ Joëlle.....	Professeur en Pharmacognosie à la Faculté de Médecine de l'Université Catholique de Louvain
2 - Dr CREPPY Edmond.....	Professeur de Toxicologie- Université de Bordeaux 2
3 - Dr ATINDEHOU Eugène.....	Professeur de Chimie Analytique à l'Université d'Abidjan (RCI)
4 - Dr GRISLAIN Luc.....	Professeur de Galénique à l'Université Bordeaux 2

5 - Dr POUPAERT Jacques.....	Professeur de Chimie Pharmaceutique à l'UCL (Belgique)
6 - Dr EVRARD Brigitte.....	Professeur de Galénique à l'Université de Liège
7-Dr ROBERT Jean-Michel	Professeur de Chimie Thérapeutique/UFR Pharmacie Université de Nantes
8- Dr ZIME DIAWARA H. Hermine	Maître-Assistant en Sciences Pharmaceutiques : Option Pharmacie Galénique (Burkina-Faso)

LE DOYEN

B- COLLABORATEURS NATIONAUX

1 - Dr MAKOUTODE Michel	Professeur Titulaire en Santé Publique à l'Institut Régional de Santé Publique (Retraité)
2 - Dr LOKO Frédéric Simplice	Professeur Titulaire de Biochimie à l'Ecole Polytechnique de l'UAC (Retraité)
3–Dr AHISSOU Hyacinthe.....	Professeur Titulaire de Biochimie à la Faculté des Sciences et Techniques de l'UAC (Retraité)
4–Dr GBENOU Joachim	Professeur Titulaire de Chimie Organique à la Faculté des Sciences et Techniques de l'UAC
5- Dr OUENDO Marie-Edgard Dona.....	Professeur Titulaire en Santé Publique, Epidémiologie, Nutrition
6- Dr AGUEH Victoire.....	Maître de Conférences Agrégé en Santé Publique (IRSP) (Retraité)
7–Dr JOSSE Roger Gérard	Professeur Titulairede Chimie Analytique à la Faculté des Sciences et Techniques de l'UAC
8–Dr GBAGUIDI Fernand	Professeur Titulaire de Chimie Organique à la Faculté des Sciences et Techniques de l'UAC
9–Dr WOTTO Valentin	Maître de Conférences de Chimie Physique à la Faculté des Sciences et Techniques de l'UAC
10- Mr ATOHOUN Guy	Professeur Titulaire de Chimie Minérale
11- Dr EZIN Eugène.....	Maître de Conférences en Informatique à l'Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques de l'UAC
12 – Dr OGOUYANDJOU Simplice.....	Maître de Conférences en Mathématiques

OCTOBRE 2012

13 - Dr KPOVIESSI Salomé	Maître de Conférences en Chimie et Applications à la Faculté des Sciences et Techniques de l'UAC
14- Dr DJEIGO Gaudens	Professeur Titulaire en Ecologie/Botanique
15- Mr AGBANI Benoît	Maître Assistant de Physique à la Faculté des Sciences et Techniques de l'UAC
16- Dr MEDEGAN FAGLA Sèdami Romarique.....	Maître-Assistant en Chimie Organique.

OCTOBRE 2019

C- ENSEIGNANTS ASSOCIES

Université d'Abomey-Calavi * Faculté des Sciences de la Santé * LE DOYEN

1 - Mr JADIN Olivier	Kinésithérapie
2 - Mr YEHOUESSI Jacques	Soins infirmiers
3 - Mme QUENUM Marie	Soins Infirmiers
4 - Mr AFANUH Matthew.....	Anglais
5- Dr HENADOU Martin	Législation Pharmaceutique
6 - Dr AHLONSOU Prosper	Législation Pharmaceutique
7 - Mr ANANI Yves.....	Techniques de kinésithérapie passive
8 - Mr ASSOGBA Franck.....	Techniques de kinésithérapie active
9 - Mr GNIMASSOU Karol.....	Techniques de kinésithérapie respiratoire
10- Mme DJIVOH Yolande.....	Périnéologie
11- Mr AHO Audrey	Electrothérapie
12 - Dr HOUNGBEDJI Germain	Analyse du mouvement, Biomatériaux et Thérapie Manuelle Orthopédique
13 - Mr SOGBOSSI Emmanuel.....	Anatomie palpatoire

14 - Mme ZOUNON Diane.....	Analyse du mouvement
15 - Mr OLOUKA Jean.....	Techniques de kinésithérapie en neurologie adulte
16 - Mme BABI Josiane.....	Techniques de kinésithérapie en neurologie-pédiatrie
17 - Mr ACAKPO Alfred.....	Nutrition
18- Mr KADI Christophe.....	Anglais
20 - Mr DJOSSOU A. K. Alfred.....	Anglais
21 - Mr SOUMANOU Mohamed.....	Technologiealimentaire
22 - Mr ABOU Adam.....	Technologie alimentaire
23 - Mme CAPO-CHICHI Callinice.....	Biologie moléculaire
24 - Mr SANNI Ambaliou.....	Biologie moléculaire
25 - Dr ALASSANI Adébayo.....	Médecine interne/Nutrition
26 - Mr MIKODE Denis.....	Nutrition
27 - Mme LOKOSSOU Céline.....	Nutrition
28 - Mme HOUNGBO Hermance.....	Nutrition
29 - Mr ADOMAHOU David.....	Nutrition
30 -Mme DOSSOU-SINTONDJI Reine.....	Nutrition
31- Dr SOSSA Charles.....	Nutrition
32 - Mr HESSOU Joseph.....	Nutrition
33 - Mme MELOME Marie Constance	Communication
34 - Mme COSSI Reine.....	Méthodologie
35 – Dr MOROU Karim	Nutrition
36– Dr AZANDJEME Colette	Nutrition
37-MmeNapporn Clarisse.....	Psychologie Sociale, (Maître-assistant à la FLASH)

OCTOBRE 2019

LE DOYEN

MLK

38 - Mr AÏHOU Mamère.....	Finances Publiques
39 -Mr AMOUSSOU YEYE Denis	Psychologie générale, Psychologie du couple
40- Dr BODEA Gilbert	Méthodologie de la recherche, Sociologie de la famille
41 - Mr ZANNOU Jules.....	Droit Administratif et Constitutionnel
42 - Mr KEKE Jean-Claude.....	Economie
43 - Mr AVOCE Viagamou.....	Economie
44- Mr EKPINSE Emile.....	Rédaction administrative
45 - Mme SAGBOHAN Mireille.....	Economie Familiale, Economie Sociale
46- Mr HOUEDJISSIN Benoit.....	Déviance et délinquance juvénile
47 - Mme AKINHOLA Valérie.....	Méthodologie d'intervention, intervention sociale d'aide à la personne
48 - Mme IDOSSOU Valérie.....	Introduction à la politique sociale, politique de protection des personnes âgées, cadre théorique, service social de groupe
49- Mr ADJAÏ Olivier.....	Politique de protection sociale de l'enfant
50 - Mr TONI Mathias.....	Politique de la jeunesse, Politique de protection sociale des personnes handicapées
51- Mr COMAHOUE Franck	Politique de protection sociale de l'enfant, TD devoir médico-social (Méthodologie d'intervention)
52- Mme SESSOU Fidélia	TD Devoir social (Méthodologie d'intervention)
53- Mme de SOUZA Pélagie.....	Socio-Anthropologie Générale
54 - Mr SOSSOU Janvier	Technique d'animation
55 - Mr HOUNTONDJI Albert	Droit du travail
56 - Mr HOUNTONDJI Jules	Service social communautaire
57- Mr ALADATIN Prévert	Droit Pénal Général, Procédure Pénal
58 - Dr IBIKUNLE Charles	Introduction au Droit, Droit civil
59 - Mme TCHIBOZO Pauline	Intervention d'aide à la personne

OCTOBRE 2019

Université d'Abomey-Calavi * Faculté des Sciences de la Santé *
LE DOYEN

MDK

60- Mr ATODJINOU Candide	Statistique
61- Mr AKOCHAYE Nicolas	Démographie
62 - Dr VISSOH Séraphin.....	Méthodologie de la Recherche
63 – Mr GBEHINTO Bruno	Gestion de projet
64- Mme DARBOUX Marie Antoinette Brigitte.	Littérature Anglaise et Américaine

Université d'Abomey-Calavi * Faculté des Sciences de la Santé * LE DOYEN

Université d'Abomey-Calavi * Faculté des Sciences de la Santé * LE DOYEN

Professeur Delphin K. MEHINTO

OCTOBRE 2019

DEDICACES ET REMERCIEMENTS

- **Au nom d'Allah, le Clément, le Miséricordieux.**

« C'est une profession de foi en Allah, l'Un.

Dis : Allah est l'Un.

Il est le Refuge Absolu.

Il n'a pas engendré et n'a pas été engendré.

Nul se saurait lui être égal. »

Le Saint Coran, Sourate 112 Al-IHLAS.

Je te rends vraiment grâce pour l'amour que tu me témoignes à travers l'accomplissement de ce travail. Tu m'as assisté et conduit tout au long du chemin.

Je te suis vraiment reconnaissant.

- A ma chère mère, **Olayodé A. LAWANI.**

Je ne te remercierai jamais assez pour tout ce que tu as fait pour moi. Tu seras toujours la femme idéale pour moi et mon amour inconditionnel ne cessera jamais. Au fil de toutes ces années, tu as su m'apprendre que seul le travail paie et que rien ne se fait sans la prière dans cette petite vie.

Que DIEU, le Saint Père te bénisse.

- A mon père, **Rafiou ADJADO**.

Père, je te remercie pour tout ce que tu m'as appris, et d'avoir été présent tant que tu le pouvais. Avec amour, mais également avec tout le respect nécessaire, tu peux être fier de tous ces conseils et valeurs morales que tu as inculquées en nous.

Puisse Allah t'accorder la grâce de bénéficier des fruits de ta semence.

- A mon frère et à ma sœur, **Moboladji M.** et **Modukpè M. ADJADO, et à mon neveu Adéyèmi F. ADJADO.**

En témoignage de l'amour et de la reconnaissance que j'éprouve pour vous. Cher frère, tu seras toujours un modèle pour moi. Chère sœur, merci pour tout cet amour et cette confiance. J'espère et je prie le Tout Puissant pour toujours être à la hauteur de vos attentes. Veuillez trouver en ce travail, mon désir quotidien de vous montrer le bon exemple. Que le Saint-Esprit vous inspire afin que vous fassiez mieux.

Puissions-nous demeurer toujours unis.

- **A mes tantes et oncles, cousins et cousines.**

  Je vous remercie énormément pour tous vos encouragements et prières.

  Que le Seigneur vous comble de toutes ces grâces.

- **A toi, Alladé N. SOUNKERE.**

Je te remercie énormément d'avoir été présent tout au long de cette aventure et de m'avoir fait confiance. Courage et reste toujours positif quoiqu'il arrive, petit frère.

Sois béni au nom d'Allah.

- A la nouvelle famille, ***Yoruba People***. **Nana A. LIGALI, Bissola D. SALAMI, Boladji O. BADIROU, Abdoul K. DINE, Moudirick SAKA.**

Qu'Allah vous assiste dans toutes vos œuvres.

- **A Jules E. AZONDEKON, Abiola F. YESSOUFOU, Harold TANKPINOU-ZOUMENOU.**

Nous nous sommes connus en route et nous sommes frères aujourd'hui.

Brillantes carrières à vous.

- A mes frères d'une autre mère **Nelson M. AZANDEGBE, Sadath AMINOU, Ferdinand R. AWANOU, Farid SIDI, Fawaz et Hadir MAMAH.**

Merci d'avoir toujours été là, depuis le début.

- A mes amazones, **Flore K. ADEDIRAN et Stéphanie AHOSSI**.

Je vous remercie énormément pour tout votre soutien.

- **Aux familles MAMAH, BADIROU, SALAMI et ZANDA**,

Merci énormément pour tout votre soutien, et tout cet amour de parents que vous m'avez donné.

Que Dieu vous bénisse.

- A mon groupe de stage interné, Maryse AVANDE, Mirabelle ZANDA VOUGO, Bissola D. SALAMI, Oresta DAI-TOMETIN, Alida GANYE, Fabienne ADANDEDJAN, Yannelle AGBODJOGBE, Amandine HESSOU, Sandrine GNANVI FANOU, Nestor DJIHOLISSE, Alain DANNON, Adonis LOGBO, Dulcis AVOCEGAMOU, Juvenal HONVOU, Nésaire GBOTOUNOU, Cinna KANHONOU, Renaud HOUNKPE, Mémoire DEGBO.

- A mes camarades et collègues de la 41ème promotion de Médecine de la Faculté des Sciences de la Santé.

- A mes camarades et enseignants du Complexe Scolaire et Universitaire de la Cité "Vie nouvelle".

- Aux techniciens et médecins radiologues de l'unité de scanographie du CNHU-HKM de Cotonou.

HOMMAGES

- **A notre maître et directeur de thèse,**

Maitre de Conférence Agrégé **H. Patricia YEKPE AHOUANSOU.**

A travers ces mots nous vous exprimons toute la gratitude que nous avons à votre égard. Plus qu'un enseignant, vous avez été une mère pour nous.

A vos côtés, nous avons appris l'amour du travail bien fait et surtout la rigueur. Chaque instant passé auprès de vous, nous a fait encore plus aimer la noble tâche à laquelle nous sommes appelé. Merci pour la disponibilité et la patience dont vous avez fait preuve dans la réalisation de ce travail.

Puisse le Seigneur vous bénir et vous accorder une belle et longue carrière d'enseignant.

- **A notre co-directeur de thèse, Docteur Sonia ADJADOHOUN**

Merci d'avoir accepté avec promptitude de nous accompagner et pour l'intérêt que vous avez porté à ce travail de recherche. Nous sommes vraiment fiers d'avoir pu travailler à vos côtés et ainsi profiter de vos connaissances. Nous ne vous remercierons jamais assez pour toute cette patience, ces encouragements et ces conseils.

Que le Saint Père vous comble de toutes ces grâces.

- **Au Professeur titulaire Olivier BIAOU,**

Cher maître, votre parcours majestueux, votre qualité hors pair d'homme scientifique rigoureux, votre modestie et votre gentillesse ne nous ont pas laissé indifférent. Veuillez trouver ici, cher maître, la manifestation de notre plus haute estime et de notre profond respect.

Hommages respectueux.

- **A nos Maitres de la Faculté des Sciences de la Santé,**

Vous avez au prix de multiples sacrifices assuré notre formation.

- A tous ceux qui, de près ou de loin ont contribué d'une manière ou d'une autre à l'aboutissement de ce travail.

Infiniment merci.

- **Au président du jury**

Professeur, c'est un immense honneur que vous nous faites en acceptant de présider notre jury. Vos conseils et recommandations nous aideront à améliorer la qualité de ce travail.

Hommages respectueux.

- **Aux honorables membres du jury**

Vous nous faites un grand honneur en acceptant de siéger dans ce jury malgré vos multiples occupations. Nous sommes convaincu que votre contribution nous aidera à parfaire ce travail.

Hommages respectueux.

LISTE DES ABREVIATIONS

ALARA : As Low As Reasonably Available

AIEA : Agence Internationale de l'Energie Atomique

Angio TDM : Angioscanner

ANSR : Autorité Nationale de Sureté Radiologique et de Radioprotection

ASN : Autorité de Sureté Nucléaire

CIPR : Commission Internationale de Protection Radiologique

CID : Centre d'Imagerie Diagnostique

CIUR : Commission Internationale des Unités Radiologiques

CNHU-HKM : Centre National Hospitalier Universitaire – Hubert Koutoukou Maga

CT : Computerized tomography

D_a : Dose à la surface d'entrée

DICOM : Digital Imaging and Communication

D_T : Dose absorbée

E : Dose efficace

eV : Electron volt

FDA : Food and Drug Administration

Gy : Gray

HAS : Haute Autorité de la Santé

HMA : Hôpital Militaire d'Abidjan

H_T : Dose équivalente

IMC : Indice de Masse Corporelle

IDS : Indice de Dose Scanographique

IDSV : Indice de Dose Scanographique Volumique

IRM : Imagerie par Résonance Magnétique

IRSN : Institut de Radioprotection et de Sureté Nucléaire

kV : Kilovolt

mAs : Milliampères

mSv/an : millisieverts par an

N : Effectif

NRD : Niveau de Référence Diagnostique

NRPB : National Radiology Protection Board

PDL : Produit Dose x Longueur

PDS : Produit Dose x Surface

Q : Charge

Q_3 : 75^e percentile

RI : Rayonnement Ionisant

RP : Radioprotection

SFR : Société Française de Radiologie

SFIPP : Société Francophone d'Imagerie Pédiatrique et Prénatale

Sv : Sievert

TDM : Tomodensitométrie

U : Tension

UH : Unités Hounsfield

VGD : Valeur Guide Diagnostique

W_R : Facteur de pondération radiologique

W_T : Facteur de pondération tissulaire

2D : Deux dimensions

3D : Trois Dimensions

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : La valeur du facteur de pondération tissulaire selon la CIPR..... 25

Tableau II: Niveau de référence diagnostique et Valeur guide diagnostique en scanographie chez l'adulte pour une acquisition..... 38

Tableau III: Niveau de référence diagnostique en scanographie pédiatrique, selon les catégories de poids (kg), pour une acquisition. L'âge est donné à titre indicatif. 39

Tableau IV : Facteurs de conversion de référence de la CIPR par type d'examen en fonction de l'âge. 49

Tableau V : Répartition des examens en fonction de l'étage exploré chez l'adulte et l'enfant. CNHU-HKM (2019-2020) 53

Tableau VI : Répartition des examens selon le poids des sujets enfants, en fonction de l'étage exploré. CNHU-HKM (2019-2020) 57

Tableau VII : Répartition des scanners cérébraux en fonction des indications cliniques. CNHU-HKM (2019-2020) 58

Tableau VIII : Répartition des scanners thoraciques en fonction des indications cliniques chez l'adulte. CNHU-HKM (2019-2020) 59

Tableau IX: Répartition des scanners abdomino-pelviens en fonction des indications cliniques. CNHU-HKM (2019-2020) 61

Tableau X: Paramètres d'acquisition en fonction de l'étage exploré. 63

Tableau XI : Valeurs du 75^{e} percentile de l'IDSV et du PDL par acquisition en fonction de l'étage exploré chez l'adulte**.** CNHU-HKM (2019-2020) 64

Tableau XII : Valeurs du 75e percentile de l'IDSV et du PDL par acquisition selon l'âge en fonction de l'étage exploré chez l'enfant. CNHU-HKM (2019-2020)..... 65

Tableau XIII : Moyenne, 75e percentile du PDL pour un acte complet en fonction de l'étage exploré chez l'adulte. CNHU-HKM (2019-2020) 65

Tableau XIV: Moyenne et 75e percentile du PDL selon l'âge chez l'enfant pour un acte complet en fonction de l'étage exploré. CNHU-HKM (2019-2020) 66

Tableau XV: Moyenne et 75e percentile de la dose efficace (mSv) chez l'adulte en fonction de l'étage exploré. CNHU-HKM (2019-2020)..... 67

Tableau XVI : Moyenne et 75e percentile de la dose efficace (mSv) chez l'enfant en fonction de l'étage exploré. CNHU-HKM (2019-2020)..... 67

Tableau XVII : Répartition des examens selon la non-conformité aux recommandations, en fonction de l'étage exploré chez les adultes. CNHU-HKM (2019-2020) 68

Tableau XVIII: Répartition des indices dosimétriques selon la non-conformité aux recommandations, en fonction de l'étage exploré chez les enfants. CNHU-HKM (2019-2020) 69

Tableau XIX : Moyennes de l'IDSV et du PDL selon la condition physique des patients adultes en fonction de l'étage exploré. CNHU-HKM (2019-2020)..... 70

Tableau XX: Moyennes de l'IDSV et du PDL selon le poids chez les enfants en fonction de l'étage exploré. CNHU-HKM (2019-2020) 71

Tableau XXI: Valeurs moyennes de l'IDSV et du PDL des scanners cérébraux par acquisition, chez l'adulte en fonction du caractère injecté ou non de produit de contraste au cours de l'examen. CNHU-HKM (2019-2020) 72

Tableau XXII : Valeurs moyennes de l'IDSV et du PDL des scanners cérébraux par acquisition chez les enfants âgés de 10 à 18 ans, en fonction du caractère injecté ou non de produit de contraste au cours de l'examen. CNHU-HKM (2019-2020)..... 72

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Scanner à rayons X. Le tube et les détecteurs tournent autour du patient. 16

Figure 2: Rangées de détecteurs alignées en face du tube à rayons X. 17

Figure 3: Représentation du pixel et du voxel sur une image scanographique du médiastin..... 18

Figure 4: Fenêtres de visualisation des structures thoraciques : pulmonaire et médiastinale. 19

Figure 5 : Acquisition hélicoïdale. 20

Figure 6: Scanner SOMATOM ÉMOTION 16 SIEMENS du Centre National Hospitalier Universitaire de Cotonou. 43

Figure 7 : Répartition de la population d'étude. CNHU-HKM (2019-2020)..... 52

Figure 8: Répartition des examens réalisés selon l'âge chez l'enfant**.** 54

Figure 9: Répartition des examens selon le sexe. CNHU-HKM (2019-2020) .. 55

Figure 10: Répartition des examens selon l'indice de masse corporelle (IMC) des patients adultes en fonction de l'étage exploré. CNHU-HKM (2019-2020)..... 56

Figure 11: Répartition des angioscanners thoraciques réalisés chez les adultes en fonction des indications cliniques. CNHU-HKM (2019-2020) 60

Figure 12: Répartition des examens selon le statut du prescripteur en fonction de l'étage exploré. CNHU-HKM (2019-2020) 62

PAR DELIBERATION, LA FACULTE DES SCIENCES DE LA SANTE DE COTONOU A ARRETE QUE LES OPINIONS EMISES DANS CETTE THESE N'ENGAGENT QUE LEUR AUTEUR.

SOMMAIRE

INTRODUCTION 1

GENERALITES 5

CADRE ET METHODES D'ETUDE 40

RESULTATS 51

DISCUSSION 74

CONCLUSION 85

SUGGESTIONS 87

REFERENCES 89

ANNEXES ..... A

TABLE DES MATIERES ..... a

INTRODUCTION

Les accidents de surexposition aux rayonnements sont rares, mais peuvent avoir de graves conséquences à long terme sur la santé. Les rayonnements sont utilisés dans divers secteurs, les principaux étaient industriel, médical et militaire. Au cours des dernières décennies, le secteur médical en particulier, a connu une rapide croissance de l'utilisation des rayonnements ionisants permettant de meilleurs diagnostics et traitements [1]. Cependant, certaines techniques d'imagerie médicale peuvent être néfastes à la santé humaine [2].

On observe une augmentation constante de la demande des examens radiologiques, avec une référence particulière à la tomodensitométrie, qui représente à elle seule, environ 50% de l'exposition médicale globale aux rayonnements ionisants [3].

Dans le domaine médical, le principe de la radioprotection (souvent appelé ALARA selon l'abréviation de sa dénomination en anglais As Low As Reasonably Available) peut être défini comme la mise en œuvre d'une réduction de l'exposition aux rayonnements, aussi basse que raisonnablement possible. Il concerne aussi bien les patients que le personnel [4]. C'est pourquoi la radioprotection vise à protéger des effets des rayonnements ionisants par la justification des expositions, leur optimisation et la limitation des doses [2].

La connaissance des doses délivrées lors des examens tomodensitométriques est une obligation légale et un impératif absolu de bonne pratique [5]. Plusieurs organisations œuvrent dans le cadre de la radioprotection. Cependant, la situation de la radioprotection dans la majorité des pays africains est préoccupante en raison du non-respect des lois, règlements et organismes de radioprotection. C'est ainsi que les examens radiologiques sont réalisés sur prescription médicale et, devraient tenir compte des principes de la radioprotection, surtout de la relation bénéfices-risques de l'examen qui ne sont parfois pas respectés [2].

Pour un effet dans un organe donné, il existe un seuil de dose de rayonnements au-dessous duquel le dommage n'est pas détectable. Au-delà de ce seuil, la gravité augmente en rapport avec le nombre de cellules détruites [6].

Depuis plusieurs décennies, l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (AIEA), à travers la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR), publie régulièrement des recommandations invitant les états membres, à un usage contrôlé et sécurisé des rayonnements ionisants (RI) à des fins médicales. En Afrique, l'AIEA initie plusieurs ateliers de formation au profit des utilisateurs, des managers et des autorités de régulation dans le domaine de l'utilisation des rayonnements ionisants. Mais l'impact de ces formations sur la gestion de la radioprotection (RP) des patients, reste limité [7].

Connaître et maîtriser l'exposition aux rayonnements engendrée par nos machines, est le préalable indispensable pour assurer à nos patients une radioprotection efficiente. D'autant plus que l'apparition des scanners rapides multicoupes amplifie le potentiel d'irradiation des appareils. Sur chaque modèle de scanner, l'utilisateur dispose d'indicateurs permettant l'estimation de la dose délivrée. Il peut modifier les paramètres auxquels il a accès, pour adapter cette exposition à l'information demandée [5].

Le Bénin, n'est pas resté en marge du problème. Il est créé à cet effet, une autorité de réglementation des pratiques et activités utilisant les rayonnements ionisants (y compris les appareils émetteurs de ces rayonnements et les sources radioactives), dénommée Autorité Nationale de Sûreté Radiologique et de Radioprotection (ANSR). La création de cette autorité de régulation est mentionnée dans la loi n° 2017-29 du 15 mars 2018 portant sûreté radiologique et sécurité nucléaire en République du Bénin [8]. L'approbation des statuts de cette autorité, ainsi que la nomination des membres du Conseil de surveillance sont

spécifiées dans les décrets n° 2019-397 du 06 Septembre 2019, et n° 2019-573 du 24 Décembre 2019 [9,10].

Cependant, aucune étude sur les doses de rayonnements délivrées aux patients à la tomodensitométrie n'existe à ce jour au Bénin. Il est donc opportun de faire l'état des lieux des doses d'exposition auxquelles les patients et le personnel médical sont soumis. La présente étude consistera à étudier chez les patients, les doses de rayonnements émis à la tomodensitométrie cérébrale, thoracique et abdomino-pelvienne au CNHU-HKM de Cotonou.

Les objectifs assignés à ce travail sont :

→ **Objectif principal**

Etudier les doses de rayonnements émis à la tomodensitométrie cérébrale, thoracique et abdomino-pelvienne au CNHU-HKM de Cotonou.

→ **Objectifs spécifiques**

- Identifier les indications pour lesquelles chaque examen a été effectué, et justifier chaque demande d'examen.
- Recenser les paramètres d'acquisition (tension aux bornes du générateur, charge, nombre d'acquisitions, injection de produit de contraste iodé, épaisseur des coupes, pitch et indices dosimétriques) de chaque examen réalisé.
- Estimer les doses délivrées en fonction des différents protocoles d'examen utilisés, et de la région anatomique explorée.
- Comparer les doses délivrées par le scanner par rapport aux normes internationales recommandées.
- Déterminer les différents facteurs physiques et techniques influençant les variations de doses délivrées.

1. GENERALITES

1.1. QUELQUES CONCEPTS [11]

Les différents concepts ont été extraits de l'arrêté suivant : Arrêté du 23 mai 2019 portant homologation de la décision n° 2019-DC-0667 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 18 avril 2019 relative aux modalités d'évaluation des doses de rayonnements ionisants délivrées aux patients lors d'un acte de radiologie, de pratiques interventionnelles radioguidées ou de médecine nucléaire et à la mise à jour des niveaux de référence diagnostiques associés.

- **Dispositif** : dispositif médical d'acquisition des images, au sens de l'article L. 5211-1 du code de la santé publique, émetteur ou récepteur de rayonnements ionisants ;
- **Unité d'imagerie** : ensemble de dispositifs médicaux d'imagerie médicale, utilisés en commun par des professionnels de santé sur un même site géographique ;
- **Évaluation dosimétrique** : recueil de la (des) grandeur(s) dosimétrique(s) sur un échantillon de patients pour un dispositif médical évalué et un acte choisi. Calcul de la médiane des valeurs relevées pour cet échantillon pour chaque grandeur dosimétrique. Comparaison de cette médiane aux valeurs des niveaux de référence diagnostiques (NRD) et des valeurs guides diagnostiques (VGD) publiées, interprétation de la comparaison avec notamment la justification des éventuels dépassements ;
- **Médiane des données recueillies** : valeur qui permet de partager l'ensemble des données en deux parties égales (50 % des valeurs sont inférieures à cette valeur et 50 % sont supérieures à cette même valeur) ;
- **Grandeur dosimétrique** : grandeur physique fournie par le dispositif permettant d'estimer la dose délivrée au patient ou, dans le cas de la médecine nucléaire, l'activité administrée ;
- **Indice de masse corporelle (IMC)** : quotient de la masse corporelle d'une personne, exprimée en kilogramme (kg), par le carré de sa taille, exprimée en mètre (m) ;

- **Valeur guide diagnostique (VGD)** : valeur repère à considérer, lorsque cela est techniquement possible, dans une démarche d'optimisation renforcée, sans nuire à la qualité d'image permettant d'atteindre l'objectif clinique recherché.

1.2. RAYONNEMENT IONISANT

1.2.1. Définition [12]

Le rayonnement ionisant se constitue de rayons X et gamma, qui font partie de l'extrémité à haute énergie du spectre électromagnétique, ainsi que d'autres particules telles que celles alpha, bêta et subatomiques.

Le rayonnement était présent sur la terre avant l'émergence de la vie. Il existe une infime quantité de matières radioactives dans les organismes humain, animal et végétal. On le retrouve également dans le sol, les roches, et une variété de produits utilisés au quotidien.

Les principaux éléments radioactifs préoccupants sont :

- Uranium (238U, demi-vie : 4,5 milliards d'années) ;
- Thorium (232Th, demi-vie : 13,9 milliards d'années) ;
- Potassium-40 (40 K, demi-vie : 1,3 milliards d'années) présents dans les roches et les sols en raison de leurs longues demi-vies. Le potassium-40 est un contributeur majeur au rayonnement de fond car il constitue environ 0,0117% du potassium naturel
- D'autres radionucléides importants sont le carbone 14 (14C, demi-vie : 5 730 ans) et le tritium (3H, demi-vie : 12,3 ans). Le carbone et le tritium sont produits en continu dans la haute atmosphère par l'interaction des rayons cosmiques avec l'azote atmosphérique et l'oxygène.

1.2.2. Modalités d'exposition

Chez l'homme, l'exposition peut être d'origine :

- Naturelle ;
- Médicale (diagnostique ou thérapeutique) ;
- Accidentelle.

On distingue l'exposition :

- Externe : l'organisme est exposé aux rayonnements émis par une source qui lui est extérieure ;
- Interne : l'organisme est exposé aux rayonnements dont il est lui-même source, suite à l'incorporation dans l'organisme d'un ou de plusieurs radionucléides.

L'exposition totale est la somme de l'exposition externe et de l'exposition interne. Dans tous les cas, l'exposition peut être :

- Globale, intéressant le corps entier ;
- Partielle, portant sur une région de l'organisme, sur un ou plusieurs organes ou tissus [13].

1.2.3. Effets biologiques des rayonnements

Les rayonnements ionisants, quelle que soit leur origine, (naturelle ou artificielle, nucléaire ou radiologique), ont suffisamment d'énergie pour arracher des électrons aux atomes de la matière qu'ils rencontrent. Lorsqu'ils agissent sur les constituants des cellules vivantes, ils peuvent altérer les structures moléculaires, détruire ou modifier les cellules et, dès lors, produire deux catégories d'effets biologiques :

- Des effets certains, dits **déterministes :** apparaissent systématiquement et de façon généralement précoce lorsque la dose de rayonnements reçue dépasse un certain seuil, spécifique de chaque effet. La gravité des dommages augmente avec la dose.

- Des effets aléatoires, dits **stochastiques :** apparaissent de façon non systématique et toujours différée de plusieurs années chez les individus exposés. La probabilité d'apparition de ces effets augmente en fonction de la dose reçue, mais leur gravité est indépendante de la dose.

Afin d'éviter les effets déterministes, capables de survenir notamment en cas d'accidents radiologiques, et de réduire autant que possible les risques d'apparition d'effets aléatoires, le système de radioprotection repose sur trois grands principes, inscrits dans le code de la santé publique [14].

1.3. RADIOPROTECTION

1.3.1. Définition

La **radioprotection** est l'ensemble des mesures prises pour empêcher ou de réduire les risques liés aux rayonnements ionisants. Afin d'éviter ou réduire ces risques, la radioprotection s'appuie sur trois grands principes : **justification**, **optimisation** et **limitation des doses de rayonnements [**14**]**.

1.3.2. Principes** [14]

Ces trois principes fondamentaux découlent d'un principe général de précaution : le principe « As Low As Reasonably Achievable » (**ALARA)**, en français « aussi bas que raisonnablement possible ».

Les procédures techniques et organisationnelles mises en œuvre pour respecter l'ensemble de ces principes font l'objet de contrôles de la part des autorités publiques dont l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN). La réglementation de la radioprotection précise les dispositions particulières applicables à chacune des trois catégories de populations suivantes : public, patients et travailleurs.

1.3.2.1. Justification [14]

La justification des activités comportant un risque d'exposition à des rayonnements ionisants :

- Toute activité susceptible de soumettre des personnes à une exposition aux rayonnements ionisants, ne peut être entreprise ou exercée que si elle est justifiée par ses avantages. Ces avantages sont rapportés aux risques inhérents à cette exposition, notamment en matière sanitaire, sociale, économique ou scientifique.
- Toute activité non justifiée est interdite lorsque plusieurs techniques permettent d'obtenir le même résultat. Le choix se portera sur celle qui est la moins « dosante » en rayonnements ionisants et dont le bilan, en termes de risques, est le plus favorable.

1.3.2.2. Optimisation [14]

L'optimisation des expositions à ces rayonnements au niveau le plus faible possible : le niveau des expositions des populations et des individus aux rayonnements ionisants doit être maintenu au plus bas niveau que l'on peut raisonnablement atteindre.

Ceci tient compte de l'état des connaissances scientifiques, de l'état des techniques, des facteurs économiques et sociaux et, le cas échéant, de l'objectif médical recherché. Afin d'optimiser les expositions on peut agir à la fois sur :

- La source de rayonnements **:** réduction de l'intensité de la source, utilisation d'écrans, d'enceintes de confinement, de containers de protection absorbant les rayonnements ionisants, et d'autres systèmes de sécurité (sas, ventilations) ;
- Les conditions de travail des techniciens et médecins radiologues **:** éloignement maximum des sources de rayonnements, temps d'exposition minimum, utilisation de vêtements et accessoires de protection. Suivi de protocoles d'intervention réduisant l'exposition externe et, évitant la contamination radioactive de la peau ou la contamination interne par inhalation ou ingestion ;

- Les conditions d'exposition des patients **:** mise en place de procédures radio-diagnostiques et radio-thérapeutiques optimisées et d'une assurance de qualité des appareillages.

Le principe d'optimisation s'applique à toutes les expositions, qu'elles résultent d'activités industrielles, civiles ou militaires, médicales, vétérinaires ou de recherche. Il s'applique aussi à des activités menées dans des environnements particulièrement exposés aux rayonnements ionisants d'origine naturelle, cosmique ou terrestre.

1.3.2.3. Limitation

La limitation des doses d'exposition individuelle à ces rayonnements : la réglementation nationale de la santé publique et du travail en France fixe, pour le public et les travailleurs, des limites de doses individuelles annuelles cumulées admissibles.

Pour le public, la limite de la dose efficace, par exemple, est fixée à 01 mSv/an. Pour les travailleurs, cette limite est fixée à 20 mSv/an. Lorsque l'exposition est à finalité médicale, le principe de limitation des doses ne s'applique pas pour les patients : seuls sont pris en compte les principes de justification et d'optimisation. En médecine, il importe que les doses d'exposition soient suffisantes pour atteindre les informations diagnostiques désirées ou les buts thérapeutiques recherchés, dans la perspective du bénéfice escompté pour la santé des patients. Par précaution, les limites réglementaires de doses annuelles sont fixées bien au-dessous des niveaux de risques sanitaires avérés, établis par différentes études épidémiologiques internationales.

Le contrôle du respect de ces limitations implique une surveillance régulière de la radioactivité de l'environnement et une surveillance dosimétrique individuelle des travailleurs exploitant des sources de rayonnements ionisants. La surveillance des travailleurs repose notamment sur l'analyse régulière des

dosimètres personnels qu'ils ont obligation de porter dans l'exercice de leurs fonctions [14].

L'usage des rayonnements ionisants (RI) dans le domaine du diagnostic médical ne peut se voir appliquer de limites réglementaires. Le bénéfice étant très supérieur au risque, à condition que l'examen soit justifié et contributif, c'est-à-dire d'une qualité suffisante au diagnostic. La Directive Euratom 97-43, relative à « la protection des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants lors d'expositions à des fins médicales » imposait aux états membres la mise en place de guides concernant la réalisation, les indications de ces examens et ainsi que l'usage d'un référentiel concernant les doses délivrées lors d'explorations utilisant les rayonnements ionisants [15].

Le rapport bénéfice/risque des examens radiologiques, surtout avec le scanner multi-coupes, ne peut être assuré que si les principes de justification et d'optimisation sont rigoureusement respectés.

La justification repose sur la référence au guide du bon usage des examens d'imagerie de la Société Française de Radiologie (SFR) et le respect du code de la santé publique qui impose un échange d'information écrit entre demandeur et réalisateur.

L'optimisation repose sur l'évaluation dosimétrique de sa pratique et la comparaison avec les niveaux de référence diagnostique, pour réaliser les examens au moindre coût radique. Les enjeux sont :

- L'assurance de ne pas nuire à nos patients,
- La réhabilitation du radiologue dans son rôle de consultant plutôt que d'exécutant et ;
- La protection contre d'éventuelles conséquences juridiques [16].

Pour réduire l'exposition des patients aux rayons X, les principes de justification et d'optimisation sont les pierres angulaires. L'utilisation systématique de la référence en imagerie clinique, ainsi que les lignes directrices est la clé de la justification. Le principe d'optimisation est la responsabilité des

industriels (développement de technologies de moins en moins irradiantes garantissant une bonne qualité d'image), des techniciens et médecins radiologues qui doivent s'efforcer d'utiliser les doses les plus faibles pour une qualité d'image adéquate (ALARA) [17] .

1.3.3. Règles de prescription des examens d'imagerie

Le premier temps de tout examen d'imagerie médicale est constitué par sa demande. Celle-ci doit comporter tous les éléments administratifs et cliniques permettant de la justifier, ainsi que de guider sa réalisation et son interprétation. Avec le développement des services d'imagerie médicale, on observe une augmentation des demandes d'actes d'imagerie avec une tendance à la banalisation [18].

La prescription d'examens d'imagerie médicale obéit à des règles strictes dont le respect conditionnera à la fois la technique de réalisation et les résultats. Le demandeur doit fournir au réalisateur les informations nécessaires à la justification de l'examen demandé, c'est-à-dire à la transformation de sa demande en prescription médicale. Il est établi que la qualité des demandes d'examens d'imagerie a un impact direct sur la qualité technique des examens réalisés, de même que sur leur interprétation. Plusieurs études ont montré des insuffisances et des manquements dans l'élaboration des demandes d'examens d'imagerie médicale. C'est pourquoi la Haute Autorité de Santé (HAS) française a édité, en 2010, huit éléments de conformité des demandes d'examens d'imagerie :

- Cinq éléments administratifs :
  - ✓ Date de la demande,
  - ✓ Service demandeur,
  - ✓ Nom du médecin demandeur,
  - ✓ Identité du patient,
  - ✓ Date de naissance du patient,

- Trois éléments cliniques :
  - ✓ Région anatomique,
  - ✓ Motif de l'examen ou histoire clinique,
  - ✓ Finalité de l'examen ou question posée.

Les récriminations sont nombreuses de la part des manipulateurs et des radiologues sur la qualité des demandes qui leur sont adressées : renseignements cliniques ou administratifs manquants, incomplets ou non pertinents. Ces anomalies engendrent des difficultés de réalisation et d'interprétation, voire une irradiation inutile pour certains patients [18].

L'indication ou le motif d'un examen d'imagerie médicale, est une description de la situation clinique d'un patient sur sa demande d'examen, en termes de signes cliniques, de syndromes, de diagnostic et/ou de finalité de l'examen. Elle peut être accompagnée des antécédents ou des informations sur l'évolution de la pathologie en cause. Elle constitue une obligation de justification de l'examen aussi bien vis à vis du patient, que du spécialiste en imagerie et, incombe au demandeur [19].

L'indication est un des huit éléments de la conformité d'une demande d'examen d'imagerie. Elle permet de guider la réalisation et l'interprétation des examens d'imagerie et en améliore la sensibilité. L'énoncé de l'indication est une des rubriques obligatoires du compte rendu d'interprétation d'un examen d'imagerie. Il ne doit alors être prescrit que s'il est justifié par un contexte clinique, et si son résultat positif ou négatif va modifier la prise en charge du patient. Il existe donc une relation étroite entre le contexte clinique, le type d'examen à prescrire et le délai pour sa réalisation. Ainsi, pour un contexte clinique donné, six mentions d'indications sont possibles pour un examen donné. L'examen pouvant être :

- Indiqué ;
- Indiqué seulement dans des cas particuliers ;
- Spécialisé (réservé au spécialiste) ;

- Non-indiqué initialement ;
- Non-indiqué ;
- Contre-indiqué.

Pour un contexte clinique donné, trois grades de recommandation (A, B, C), fonction du niveau de preuve scientifique permettent aux demandeurs et aux radiologues de mesurer leurs attentes par rapport à un examen donné. La qualité des renseignements cliniques pour une demande d'examen d'imagerie a un impact direct sur la validation de l'indication de l'examen, la qualité technique de l'examen réalisé, de même que son interprétation et sa sensibilité.

C'est pourquoi la Société Française de Radiologie (SFR) a édité en 2005 avec une mise à jour en 2013, le Guide du bon usage des examens d'imagerie médicale qui permet d'orienter le choix du médecin demandeur vers l'examen le plus adapté au contexte clinique ou à la pathologie explorée.

Dans les pays d'Afrique en voie de développement, il n'existe pas à notre connaissance un guide validé du bon usage des examens d'imagerie médicale. Les demandes d'examens d'imagerie sont faites aussi bien par le personnel médical, paramédical et non-médical. Une étude récente au Cameroun a démontré que les demandes d'examen d'imagerie comportaient de nombreux manquements et insuffisances sur les éléments administratifs et cliniques, et de façon plus importante sur les demandes de radiographies. Au quotidien, il existe de nombreuses demandes avec des renseignements cliniques absents, incomplets, impertinents ou arides. Ce qui est à l'origine des difficultés de validation, de réalisation et d'interprétation des examens, par conséquent une irradiation inutile et une augmentation des dépenses de la santé pour certains patients [19].

1.4. TOMODENSITOMETRIE

1.4.1. Définition

La **tomodensitométrie** (**TDM**), ou **scanner** est une technique d'imagerie médicale consistant à mesurer l'absorption des rayons X au sein d'un volume exploré, à l'aide de multiples incidences d'un faisceau de rayons [13].

1.4.2. Paramètres techniques

1.4.2.1. Formation de l'image

Le tomodensitomètre, communément appelé « scanner », est constituée d'un ensemble rotatif composé d'un tube à rayons X faisant face à des rangées de détecteurs, cet ensemble tournant autour du patient (Figure 1). Le nombre de rangées « barrettes », de ces détecteurs est en augmentation à chaque nouvelle génération de détecteurs (4, 16, 32, 64) (Figure 2).

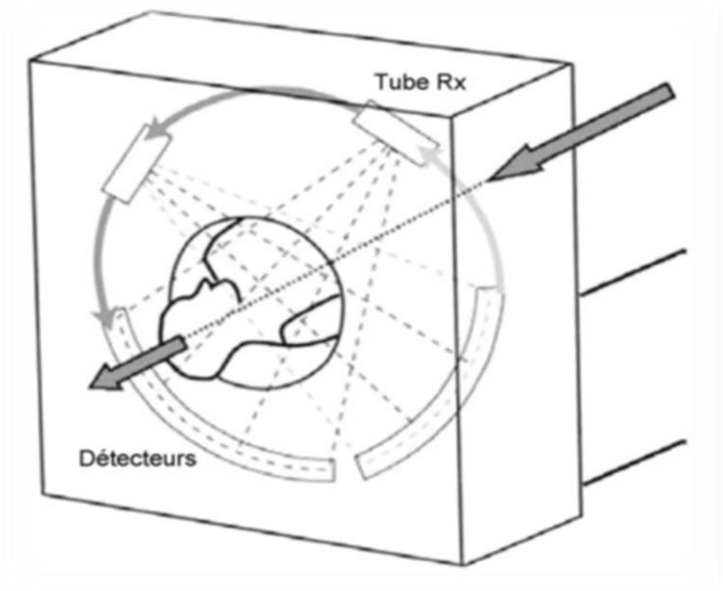


Figure 1: Scanner à rayons X. Le tube et les détecteurs tournent autour du patient.

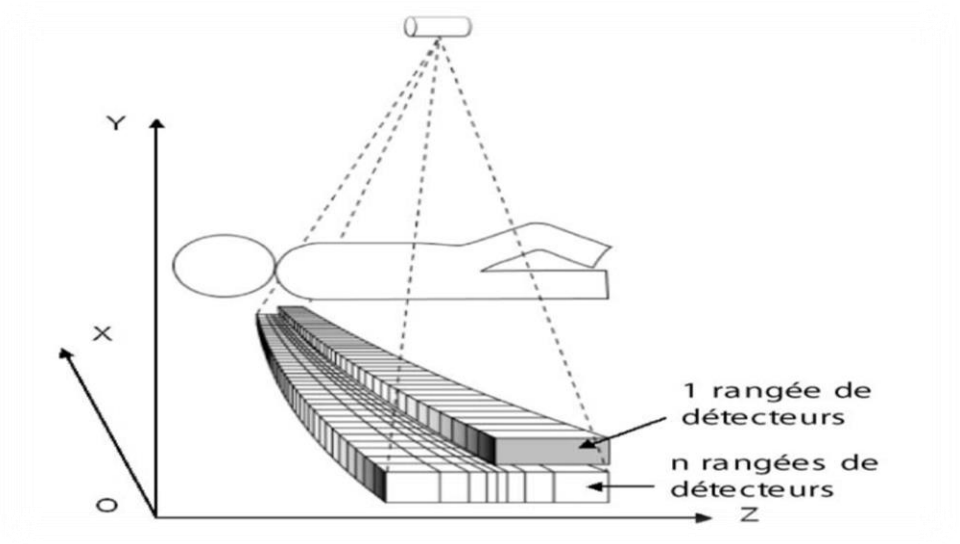


Figure 2: Rangées de détecteurs alignées en face du tube à rayons X.

Les informations numériques issues des différentes incidences angulaires au cours de la rotation, sont traitées informatiquement. Elles permettent de définir la valeur du coefficient d'atténuation des rayons X de chaque pixel de l'image axiale obtenue. La matrice de l'image est un tableau composé de n lignes et n colonnes, définissant un nombre de carrés élémentaires ou pixels. Les matrices actuelles sont le plus souvent en 512×512. Quelle que soit la modalité d'imagerie en coupe (TDM, IRM, échographie), une image a toujours une certaine épaisseur. Chaque pixel à l'écran, représente donc une unité de volume élémentaire appelé voxel (Figure 3). A chaque voxel de la matrice de reconstruction, correspond un coefficient d'atténuation, ou densité qui est mesuré en unités Hounsfield (UH) sur une échelle allant de :

- −1000 à +1000: air ;
- 0: eau ;
- +3000: os compact.

La densité d'une structure tissulaire varie entre 20 et 80 UH et une structure graisseuse entre -40 et -120 UH. L'œil humain ne distinguant que 16 niveaux de gris, l'éventail des 2000 densités du corps humain (de -1000 à +1000 UH) ne peuvent être vus simultanément à l'écran. Parmi ce large éventail de densités, on

définit alors une fenêtre de densités qui seront effectivement traduits en niveaux de gris à l'écran. Une fenêtre est définie par sa largeur (w pour width) et son niveau ou centre (C).

Pour l'étude du médiastin, où les structures ont des densités proches (tissu : 20 à 80 UH ; structures liquidiennes pures : 0 à 20 UH ; structures graisseuses : -120 à -40 UH), on utilise une fenêtre « serrée » de largeur w égale à 400 UH, et centrée par la densité moyenne des structures médiastinales C égale à 0 UH (Figure 4). Les densités représentées vont de -200 à +200 UH. Les densités inférieures à -200 UH apparaîtront en noir, et celles supérieures à +200 UH en blanc. Dans le poumon, l'éventail des densités étant très large (air : -1000, structures tissulaires jusqu'à 80 UH), le contraste naturel est dit élevé, on utilise donc une fenêtre plus large de 1600 UH centrée sur -600 UH (Figure 4) [20].

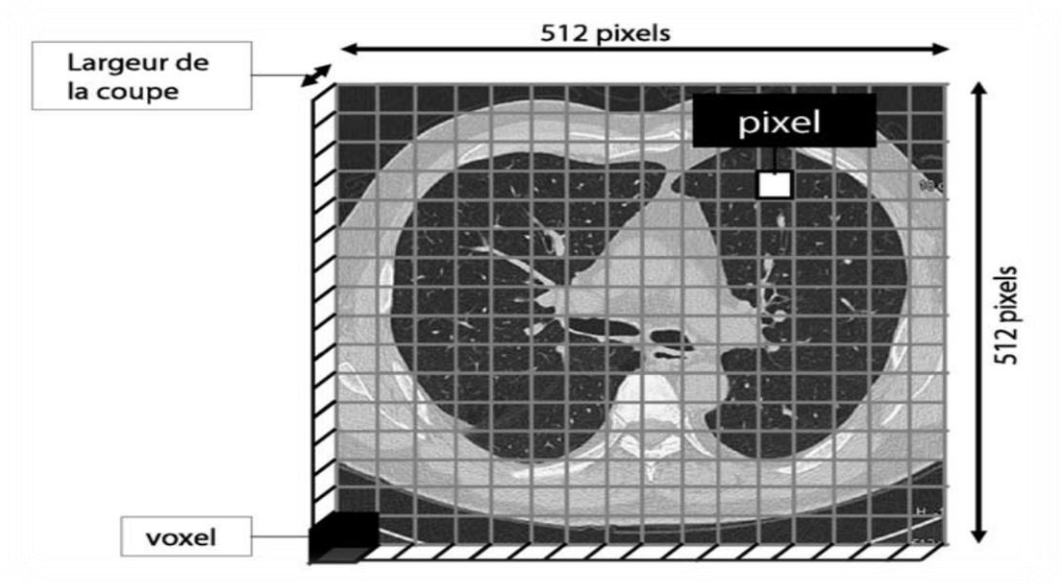


Figure 3: Représentation du pixel et du voxel sur une image scanographique du médiastin.

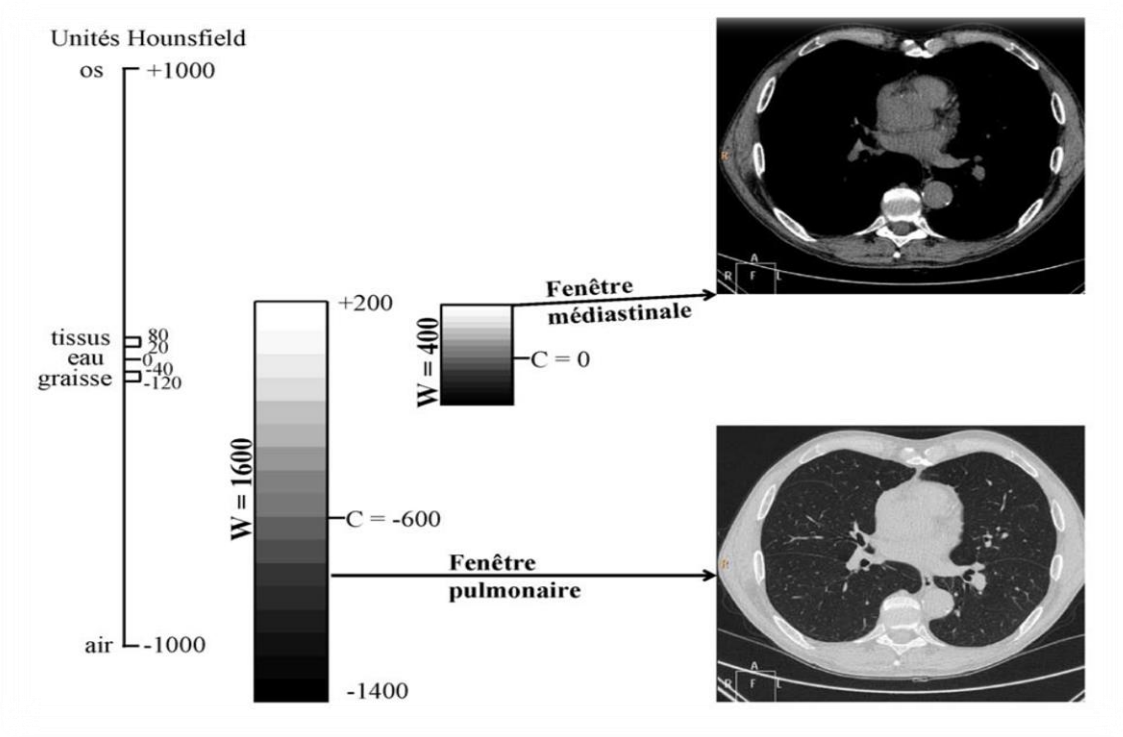


Figure 4: Fenêtres de visualisation des structures thoraciques : pulmonaire et médiastinale.

1.4.2.2. Différents types d'acquisition [20]

Jusqu'en 1989, seule l'acquisition séquentielle existait : une seule coupe axiale (perpendiculaire à l'axe du patient) est acquise à chaque rotation, puis la table d'examen avance et s'immobilise de nouveau pour la réalisation de la coupe suivante. Avec ce mode, en une apnée, seules quelques coupes sont réalisées, et plusieurs apnées sont nécessaires à une couverture du thorax en entier par exemple. Il existe un espacement entre chacune de ces coupes (exemple : une coupe de 1 millimètre d'épaisseur tous les 10 millimètres).

L'acquisition volumique a été développée au début des années 1990 : le principe est le déplacement de la table d'examen, pendant la rotation continue du couple tube-détecteur. Le tube décrivant une figure d'hélice autour du patient, ce type d'acquisition est aussi appelé « hélicoïdal » (Figure 5). C'est le mode d'acquisition le plus couramment utilisé actuellement, et il permet d'imager la

totalité du thorax en moins de 15 secondes sur la plupart des machines actuelles, et ne nécessite qu'une seule apnée.

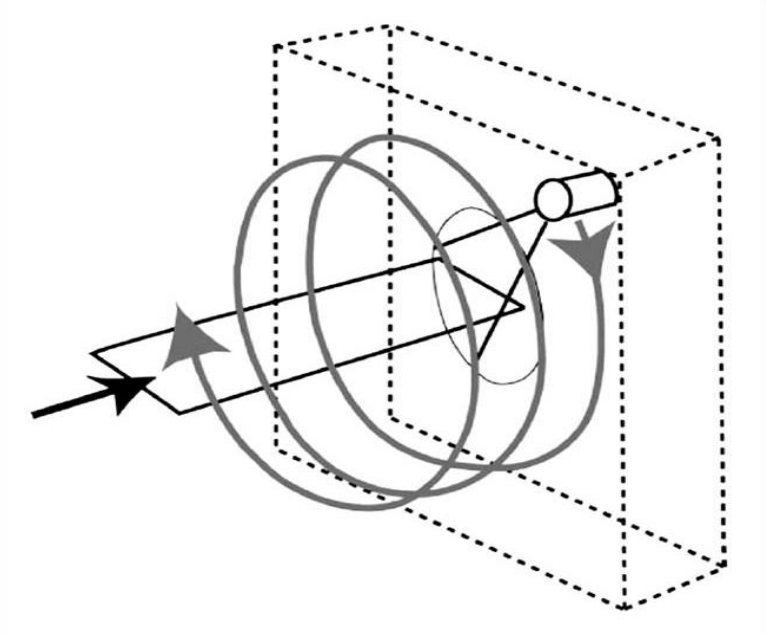


Figure 5 : Acquisition hélicoïdale.

1.4.2.3. Qualité d'image

La qualité d'une image dépend de plusieurs facteurs, dont la résolution spatiale, la résolution en contraste et la présence éventuelle d'artéfacts. Ces facteurs seront développés en prenant comme exemple le scanner thoracique.

- La résolution en contraste est la capacité à différencier deux structures dont la densité est proche (faible contraste naturel, ce qui est le cas dans le médiastin). La résolution en contraste est altérée par le bruit image, qui se traduit visuellement par un granité sur l'image. Ce bruit gêne beaucoup plus la visualisation des structures à faible contraste naturel comme dans le médiastin, tel que la visualisation du poumon. Le bruit peut être mesuré sur une image par la déviation standard des densités mesurées au sein d'une structure homogène. Ce bruit augmente avec :

✓ La diminution de la dose de rayons X, d'où parfois un discret granité sur un scanner thoracique « basse dose d'irradiation », réalisé dans le cadre d'un

dépistage systématique (exposition aux poussières minérales) ou de suivi (sarcoïdose) ;

✓ La diminution de l'épaisseur de coupe reconstruite : en plus de la série d'images fines du parenchyme pulmonaire, on reconstruit une série d'images plus épaisses mais moins bruitées pour le médiastin ;

✓ Le filtre de reconstruction de l'image : La série médiastinale est reconstruite avec un filtre de haute résolution en contraste, ce qui diminue le bruit (image lissée). En corollaire la résolution spatiale diminue et même en appliquant un fenêtrage parenchymateux à la série médiastinale, les structures pulmonaires apparaîtront moins précisément que sur la série pulmonaire avec un filtre de haute résolution spatiale.

- La résolution spatiale est la distance au-dessous de laquelle la TDM ne peut plus séparer deux points. La résolution spatiale est définie par la taille du voxel. En mode haute résolution « standard », la taille du voxel est de 0,625×0,625 millimètres dans le plan axial, la troisième dimension du voxel étant l'épaisseur de coupe reconstruite (0,7 à 1 millimètre pour l'analyse fine du parenchyme pulmonaire). Elle dépend de facteurs intrinsèques à la machine, mais aussi de facteurs choisis :

✓ L'épaisseur de l'image reconstruite : plus la coupe est fine, plus l'épaisseur du voxel est petite. Une épaisseur de coupe reconstruite de trois (03) millimètres ou plus est insuffisante pour analyser une pneumopathie infiltrante ;

✓ La taille de la matrice : le plus souvent 512×512. Une très haute résolution spatiale avec une taille de voxel de 0,3 à 0,4 millimètres peut être obtenue grâce à une matrice de 7682, mais elle est exceptionnellement utile en imagerie thoracique et nécessite une grande capacité de stockage des données numériques ;

✓ Le filtre de reconstruction : le choix d'un filtre de haute résolution spatiale augmente la visibilité des détails, tout en augmentant le bruit. L'augmentation (modérée) du bruit n'est pas gênante pour la visualisation du

parenchyme pulmonaire, qui a un contraste naturel élevé. En revanche, même en appliquant un fenêtrage médiastinal à la série d'images parenchymateuses, le bruit rendra les structures médiastinales beaucoup moins visibles ;

✓ Le champ de reconstruction correspond à la largeur de la région à explorer comme par exemple le thorax, l'abdomen ;

✓ La dose de rayons X.

1.4.2.4. Autres paramètres techniques

Selon l'information recherchée, plusieurs paramètres d'acquisition ou de reconstruction d'images vont être déterminés, d'où l'intérêt d'écrire clairement la ou les questions posées au radiologue :

- **Injection de produit de contraste :** L'injection de produit de contraste est utile pour :

✓ L'analyse des structures vasculaires (maladie thromboembolique aiguë ou chronique, hémoptysie, pathologies aortiques, coronariennes, fistules artérioveineuses pulmonaires), l'acquisition est réalisée au moment où le bolus de produit de contraste passe dans la structure vasculaire souhaitée, à l'aide d'un logiciel de détection d'arrivée du produit de contraste dans cette structure ;

✓ L'étude d'une masse, d'une pathologie inflammatoire ou tumorale, les portions tissulaires ou inflammatoires se rehaussant après injection, alors que les composantes nécrotiques et liquidiennes ne se rehaussent pas. L'acquisition est alors réalisée plus tardivement après l'injection (50 à 180 secondes) ;

✓ La recherche de localisations secondaires à l'étage sous diaphragmatique, où le contraste spontané entre une métastase et le foie normal est souvent trop faible sans injection.

- **Procubitus**

En présence d'images de gravito-dépendances suspectes, ou d'emblée lorsque qu'une pathologie donnant des signes de topographie postérieure est suspectée, une acquisition après quelques minutes de procubitus est indiquée (ex

: fibrose pulmonaire idiopathique, asbestose). Une acquisition en procubitus est également utile pour vérifier le caractère mobile d'un nodule intra-cavitaire.

- **Expiration**

Indiquée en cas de perfusion en mosaïque, de suspicion d'atteinte des petites voies aériennes sans anomalie évidente en inspiration, une acquisition en apnée en fin d'expiration forcée ou en cours d'expiration permet de déceler et quantifier visuellement un trappage expiratoire. En cas d'une suspicion de trachéobronchomalacie, une acquisition doit être réalisée pendant l'expiration dynamique.

1.5. DOSIMETRIE

1.5.1. Définition [13]

La **dosimétrie** est la détermination quantitative de la quantité d'énergie déposée dans un milieu lors d'une exposition à des rayonnements ionisants.

1.5.2. Grandeurs de mesure [13]

Quelles que soient les modalités de l'exposition, les principales unités utilisées sont les mêmes, mais certaines grandeurs sont spécifiques : seules celles utilisées en radiologie médicale sont envisagées ici :

- La **dose absorbée**, $\mathbf{D_T}$, en un point P d'un tissu T, a été introduite par la Commission Internationale des Unités Radiologiques (ICRU) en 1950. On l'obtient par le quotient de l'énergie absorbée, dE_a, dans un élément de volume, dV, centré sur P, par la masse, dm, de celui-ci :

$$\mathbf{D_T = dEa/dm}$$

Sauf cas particulier, la dose absorbée est la valeur moyenne de la densité massique de l'énergie des rayons X absorbée localement sous forme d'ionisations ou d'excitations des électrons du milieu. L'unité légale de dose absorbée est le gray (Gy). La dose absorbée dans une masse de matière d'un kilogramme, à

laquelle les rayonnements ionisants communiquent en moyenne de façon uniforme une énergie égale à 1 joule. Elle permet de quantifier les effets déterministes.

- 1 eV = $1{,}60219.10^{-19}$J ;
- 1 Gy = 1 $J.kg^{-1}$.

- La **dose équivalente**, $\mathbf{H_T}$, prend en compte qu'à dose absorbée égale, les effets biologiques qui diffèrent selon les rayonnements. En radioprotection, dans le cas des effets stochastiques, la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) a recommandé d'appliquer à la dose absorbée un facteur de pondération radiologique, $\mathbf{W_R}$, caractéristique du rayonnement. La valeur de W_R est la même pour les rayonnements X, gamma, les électrons, et égale à 1 ; elle est supérieure à 1 pour les neutrons, les particules alpha, les ions lourds.

W_R est représentatif de la valeur de l'efficacité biologique relative pour les effets stochastiques à faible dose du rayonnement R. Pour les effets déterministes, la dose absorbée devrait être pondérée par le facteur d'efficacité biologique pour l'effet considéré relatif au rayonnement R. La dose absorbée ainsi pondérée, est appelée dose équivalente. Elle est donnée par le produit de la dose absorbée, D_T, par le facteur de pondération radiologique, W_R, caractéristique du rayonnement (égal à 1 pour les rayons X). Elle s'exprime en Sievert (Sv).

$$\mathbf{H_T = W_R . D_{T,R}}$$

- La **dose efficace**, **E ou DE**, prend en compte qu'à dose équivalente, le risque de développer un cancer à long terme qui diffère d'un organe ou d'un tissu à un autre, selon sa radiosensibilité propre. Pour prendre en compte le risque total résultant de l'exposition de plusieurs organes ou tissus de radiosensibilité différente, la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) a introduit, en 1977, le concept de dose efficace : dose équivalente virtuelle qui, appliquée uniformément à l'ensemble de l'organisme donnerait le même risque d'effets stochastiques. On l'obtient par la somme de chaque dose équivalente, H_T, reçue par un organe ou tissu exposé T, multipliée par W_T, facteur de pondération

tissulaire relatif (Tableau 1). Elle s'exprime en sieverts (Sv). Elle permet, en remplaçant l'ensemble des doses reçues par différents organes ou tissus par une valeur unique, la comparaison entre différentes procédures et leur addition à des fins de bilan.

$$\mathbf{E = \Sigma W_T . H_T}$$

Tableau I : La valeur du facteur de pondération tissulaire selon la CIPR [13].

Organe	W_T (2007)	W_T (1990)
Gonades	0,08	0,20
Moelle osseuse rouge	0,12	0,12
Colon	0,12	0,12
Poumons	0,12	0,12
Estomac	0,12	0,12
Seins	0,12	0,05
Vessie	0,04	0,05
Foie	0,04	0,05
Œsophage	0,04	0,05
Thyroïde	0,04	0,05
Os (surface osseuse)	0,01	0,01
Peau	0,01	0,01
Cerveau	0,01	Non individualisé
Glandes salivaires	0,01	Non individualisé
Reste de l'organisme	0,12	0,05
Total	1,00	1,00

- La **dose à la surface d'entrée**, **D_e**, encore appelée dose à la peau, est la dose absorbée dans l'air, au point d'intersection de l'axe du faisceau de rayons X avec la surface cutanée d'entrée, rayonnement diffusé inclus. Elle est exprimée en général en milligrays (mGy). Par rapport à Da, elle intègre la contribution du rayonnement diffusé. Elle peut être calculée par le programme MICADO sur le site internet de l'Institut de radioprotection et sûreté nucléaire (www.irsn.org) ou selon la formule :

$$\mathbf{D_e = D_a.(1/d_{fe}^2).F_{RD}.Q}$$

- ✓ d_{fe} : distance (en mètres) entre le foyer et la surface d'entrée ;
- ✓ F_{RD} : facteur de rétrodiffusion, il dépend de la tension appliquée au tube et de la surface du champ (en pratique, on prendra la valeur 1,35 de 60 à 80 kV et 1,5 de 120 à 149 kV) ;
- ✓ Q : charge du tube (en mAs).

- **Da**, est la **dose absorbée dans l'air** dans la section droite d'un faisceau de rayons X, en l'absence de milieu diffusant. Elle s'exprime en milligrays par milliampères (mGy/mAs). Elle caractérise une installation pour une tension et une filtration donnée, dans des conditions de référence. Elle se mesure généralement avec une chambre d'ionisation étalonnée (contrôle de qualité). Elle se calcule pour un type de générateur, en fonction de la tension (U) et de la filtration. Tout radiologue peut, même en l'absence de mesure de dose, estimer en première approximation la dose à l'entrée par la relation :

$$\mathbf{D_a = 0{,}15.(U/100)^2.(1/d_{fe}^2).Q}$$

- ✓ D_a en mGy/mAs ;
- ✓ U en kV ;
- ✓ d_{fe} en m ;
- ✓ Q en mAs.

- Le **produit dose x surface**, **PDS**, est le produit de la dose moyenne absorbée dans l'air dans la section droite du faisceau de rayons X, en l'absence de

milieu diffusant, par la surface de cette section. Il est mesuré par une chambre radio-transparente en sortie du tube à rayons X en Grays centimètres carrés ou en milliGrays centimètres carrés ($Gy.cm^2$ ou en $mGy.cm^2$). Il permet de calculer la dose à la surface d'entrée, De selon la relation :

$$\mathbf{D_e = [PDS.(1/S_e)].F_{RD}}$$

- ✓ S_e à la peau du patient ou surface d'entrée, en cm^2 ;
- ✓ F_{RD}: facteur de rétrodiffusion, résultat en Gy, à convertir en mGy.

- **L'indice de dose en scanographie (IDS)** (**Computerized Tomographic Dose Index** ou **CTDI)**, qui s'exprime en milligrays (mGy), est égal à la dose moyenne le long de l'axe z au point (x, y) dans la coupe centrale, de largeur T, d'une série de 14 coupes adjacentes selon la FDA (Food and Drug Administration) ou, mieux, d'une longueur fixe de coupe de 100 millimètres selon la Communauté Européenne. Il prend en compte la dose due à la collimation et au rayonnement diffusé dans le patient, délivrée en dehors de la largeur de coupe nominale lors d'un examen multicoupes. L'IDS est facilement mesuré avec une chambre d'ionisation, rayon dans l'air (IDS_{air}) ou en périphérie (IDS_p) et au centre (IDS_C) de fantômes cylindriques simulant la tête ou le corps, pour une rotation du tube rayons X, avec les paramètres d'exposition propres à l'examen considéré. Pour rendre compte de la variation de dose dans la coupe, on utilise un IDS pondéré (IDSP), exprimé en milligrays (mGy), égal à :

$$\mathbf{IDSP = 1/3\ IDS_c + 2/3\ IDS_p}$$

Lors des mesures, un patient type adulte est simulé par un cylindre de plexiglas, de 16 cm de diamètre pour la tête et 32 cm pour le corps. L'IDSP est calculé et affiché par les tomodensitomètres dès le choix des paramètres d'acquisition.

- **L'indice de dose scanographique volumique**, **IDSV**, est égal au rapport de l'IDSP et du pitch (pas de l'hélice). L'IDSP est obtenu à partir de l'indice de dose en scanographie (IDS) ou Computerized Tomographic Dose Index (CTDI),

dose moyenne sur l'axe longitudinal, z, par la pondération entre centre et périphérie de la coupe. Il s'exprime en milligrays (mGy).

- Le **produit dose x longueur** est celui de l'IDSV par la longueur du volume exploré. Ces deux grandeurs sont disponibles par calcul à la console du tomodensitomètre dès le choix des constantes d'acquisition. La dose efficace qui en résulte est donnée par le produit du produit dose longueur (PDL) par un facteur de conversion obtenu par méthode de Monte Carlo sur un fantôme anthropomorphe. Les valeurs de ceux du NRPB (National Radiology Protection Board), sont selon le segment corporel :

- ✓ Tête : 0,0021 mSv/mGy.cm ;
- ✓ Cou : 0,0052 ;
- ✓ Thorax : 0,017 ;
- ✓ Abdomen : 0,015 ;
- ✓ Bassin : 0,016.

En conclusion, la connaissance et le bon emploi des grandeurs et unités sont le préalable à l'optimisation des examens de radiodiagnostic, permettent de comparer rationnellement : des paramètres techniques, des machines, des protocoles d'exploration [13].

1.5.3. Facteurs influençant la variation des doses

En dehors des procédures d'imagerie interventionnelle, la tomodensitométrie (TDM) est l'examen le plus irradiant et les doses moyennes délivrées sont cent fois supérieures à celles de la radiographie standard. Ainsi, toute augmentation des actes diagnostiques en tomodensitométrie entraine une augmentation des doses délivrées aux patients [21]. L'exploration tomodensitométrique représente désormais une part prépondérante des expositions diagnostiques aux rayons X et plus du tiers des expositions médicales [17].

La radioprotection des patients doit donc être augmentée pendant les procédures de tomodensitométrie. Avec des développements technologiques rapides et constants, le CT-scan (scanner) est devenu l'examen le plus demandé dans de nombreuses situations cliniques. Quelques indications, telles que le bilan d'extension de diverses tumeurs malignes, nécessitent l'exploration de plusieurs régions du corps, et donc l'augmentation de la dose-patient. L'utilisation de la tomodensitométrie dans les maladies pédiatriques est également en augmentation, en particulier dans les pays à ressources limitées où l'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) est rare [21].

Le prix à payer pour cette évolution technologique et l'amélioration subséquente de l'information diagnostique est l'augmentation des doses délivrées aux patients, notamment les enfants. En effet, la plus longue espérance de vie de ces derniers et leur plus grande susceptibilité accroissent le risque de survenue des effets délétères des radiations ionisantes quand l'exposition survient au cours de la première décade de la vie. Fréquemment dans les services de radiologie générale, les paramètres techniques optimisés pour les adultes sont appliqués aux enfants. A paramètres équivalents, la dose délivrée à un enfant est 2,5 fois supérieure à celle délivrée à l'adulte.

Les normes et standards internationaux, ainsi que les cadres règlementaires européens exigent que les équipements, les accessoires et les procédures soient adaptés à la pratique de l'imagerie pédiatrique : tout examen doit être justifié par son apport diagnostique en relation avec l'irradiation. Sa réalisation doit être optimale c'est-à-dire conforme au principe ALARA (As Low As Reasonably Achievable). Les doses délivrées doivent être régulièrement évaluées pour confrontation aux niveaux de référence diagnostiques. Ceux-ci ne doivent pas être dépassés sans justification. En France, l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), et la Société Francophone d'Imagerie Pédiatrique et Prénatale (SFIPP), ont publié des niveaux de référence diagnostiques (NRD), qui sont régulièrement mis à jour. Les guides des indications et des procédures des

examens d'imagerie répondent également à l'exigence de justification et d'optimisation avec en particulier chez les enfants, l'obligation de substituer le scanner par l'échographie ou l'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) chaque fois que possible.

Différentes options sont offertes pour la conduite optimale d'un scanner justifié en pratique pédiatrique, notamment :

- Opportunité d'une acquisition multiphasique ;
- La limitation du volume exploré ;
- L'adaptation des paramètres selon l'âge, l'organe exploré, le type et la taille des lésions recherchées ;
- L'utilisation de la tension et de la charge les plus basses compatibles avec une bonne qualité de l'image : le kilovoltage entre 80 et 120 kV, réduction de la charge en agissant sur l'intensité et/ou le temps de rotation et/ou le pitch.

À l'opposé, dans les pays d'Afrique subsaharienne, les cadres législatifs et règlementaires sont soit inexistants, soit mis en œuvre de manière approximative. Les pratiques de radioprotection des patients sont peu documentées alors que le parc scanographique s'accroît de manière constante depuis une décennie [17]. Contrairement à d'autres pays, comme l'Allemagne, les États-Unis, le Royaume-Uni et le Japon, ils ne disposent pas de directives cliniques pour l'utilisation de la tomodensitométrie, en particulier dans le domaine pédiatrique. Il est très important de reconnaître les tendances des études scanographiques pour normaliser la pratique de la tomodensitométrie, surtout celle pédiatrique dans le monde entier [22].

Lors de la réalisation du scanner, la dose peut être maîtrisée par plusieurs facteurs :

- La réduction du nombre d'acquisition (c'est-à-dire le nombre de phases) ;
- La réduction de la longueur de la zone explorée. Cette longueur doit être limitée à la zone d'intérêt, préalablement repérée par le (les) topogramme (s) du scanner.

- La position du patient influe également sur la dose et la qualité d'image ;
- La précision du centrage de la zone anatomique à scanner au centre de l'anneau : elle permet d'obtenir une qualité d'image et une dose délivrée optimales. La résolution spatiale est effectivement meilleure au centre de l'anneau car plus de données y sont acquises par rapport à la périphérie. Par ailleurs, un bon centrage est particulièrement nécessaire lors de l'utilisation de la modulation automatique du milliampérage car celle-ci considère le patient au centre de l'anneau. En cas de mauvais centrage, la modulation automatique fait augmenter la dose de façon significative ;
- L'épaisseur du volume scanné doit être la plus fine possible pour limiter les artefacts de durcissement du faisceau et de reconstruction. De manière générale, les acquisitions sont réalisées en coupes fines (0,5 à 1 mm), nécessaires pour l'analyse des structures osseuses et reconstruites en coupes plus épaisses (2 à 5 mm) pour l'analyse des parties molles. Les collimateurs de champ sont placés à la sortie du tube et permettent de limiter le faisceau d'exposition au champ choisi, ce qui permet donc de réduire la dose.
- L'utilisation des reconstructions itératives au scanner représente une avancée considérable dans la réduction de la dose ;
- La baisse du kilovoltage est à l'origine d'une réduction importante de la dose mais est aussi à l'origine d'une augmentation du bruit (par exemple, en gardant les autres paramètres constants, la baisse du kilovoltage de 120 à 80 kV réduit la dose délivrée d'un facteur 2,2 mais augmente également le bruit d'un facteur 2). En pratique, l'augmentation du bruit est à l'origine d'une dégradation de la qualité de l'image qui prend un aspect granité. Cet aspect est délétère lors de l'analyse des structures avec de faibles différences de densité (parties molles) compte-tenu d'une altération du rapport contraste sur bruit. Mais il n'est pas délétère pour l'analyse des structures osseuses compte-tenu d'un contraste naturel élevé.

- La réduction du milliampérage engendre une diminution proportionnelle de la dose délivrée mais également, une augmentation du bruit de l'image (la valeur du bruit est inversement proportionnelle à la racine carrée du milliampérage). Cela peut être délétère pour l'interprétation des examens nécessitant un bon rapport contraste sur bruit [23].

1.6. NIVEAUX DE REFERENCE DIAGNOSTIQUES

1.6.1. Définition

Le **niveau de référence diagnostique**, NRD, d'un examen radiologique est le 75^{e} percentile de la distribution de la dose (valeur dépassée dans seulement 25% des cas) mesurée dans un groupe de patients ou avec un fantôme type.

Les valeurs des NRD définies en application de l'article R. 1333-68 du Code de la santé publique sont publiés dans l'arrêté du 12 février 2004 et figurent dans le guide du bon usage des examens d'imagerie médicale de la société française de radiologie (SFR). Une récente mise à jour des ces niveaux de référence par l'Autorité de Sureté Nucléaire (ASN) a été publiée le 30 Mai 2019, et applicable à partir du 1er Juillet 2019 [13]. Indicateurs de la qualité des pratiques, permettent à chacun de situer sa pratique par rapport à l'ensemble de la profession et de corriger d'éventuels écarts [17].

Un niveau de référence diagnostique n'est pas une « limite de dose » au sens réglementaire du terme mais un indicateur dosimétrique. Il fournit au praticien, une valeur de référence lui permettant l'évaluation de la qualité de ses équipements et de la procédure qu'il emploie pour un acte donné. Il est particulièrement utile dans le cas d'actes irradiants fréquents comme la tomodensitométrie, la radiologie interventionnelle, ainsi que chez les patients radiosensibles (enfants) [13].

Tout radiologue devrait fournir une estimation moyenne de ces indices (IDSV et PDL) en fonction des paramètres de chaque acquisition. Le produit dose

longueur cumulé (PDL cumulé) est obligatoirement indiqué dans le compte rendu dosimétrique [17].

La réduction de la dose administrée au patient nécessite alors l'application rigoureuse de l'optimisation, principe qui impose d'avoir des niveaux de référence diagnostiques comme outil d'optimisation. Ils sont une référence simple pour identifier les situations où les niveaux de dose du patient sont anormalement élevés. Tout utilisateur de rayonnement ionisant devrait se référer à ces niveaux de référence diagnostiques (NRD) pour évaluer sa pratique.

Lors des examens tomodensitométriques, l'indice de dose scanographique volumique (IDSV), le produit dose longueur (PDL) et la dose efficace (DE) sont les quantités dosimétriques les plus couramment utilisées pour les niveaux de référence diagnostiques [17].

1.6.2. But [15]

Ils ont pour but de décrire l'exposition résultant des explorations radiologiques et de permettre une évaluation des pratiques.

Ce n'est pas une notion nouvelle, puisque la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) avait proposé, dans sa publication 73 « Protection et sûreté radiologique en médecine », publiée en 1996, d'établir un référentiel national ou international permettant à chacun de situer sa pratique par rapport à celle de l'ensemble des radiologues et de la corriger éventuellement en cas de dépassement régulier des valeurs de référence.

La Directive Euratom 97-43, relative à « la protection des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants lors d'expositions à des fins médicales » a officialisé l'usage de ce référentiel, en stipulant à l'article 4 (optimisation) : « les Etats Membres favorisent l'élaboration et l'utilisation de niveaux de référence diagnostiques ».

La transposition de cette directive en droit français imposait la détermination de niveau de référence diagnostique (NRD) en radiologie médicale

et en médecine nucléaire. Le décret 2003-270 de transposition de cette directive dispose que : « Pour les examens exposant aux rayonnements ionisants les plus courants et pour les examens les plus irradiants, des niveaux de référence diagnostiques de dose sont fixés par arrêté du ministre chargé de la santé, pour des examens types sur des groupes de patients types ou sur des matériaux simulant le corps humain. Ces niveaux de référence sont constitués par des niveaux de dose pour des examens types de radiologie et par des niveaux de radioactivité de produits radio-pharmaceutiques en médecine nucléaire diagnostique. Le médecin ou le chirurgien-dentiste qui réalise un acte exposant aux rayonnements ionisants à des fins de diagnostic prend les mesures nécessaires pour ne pas dépasser les niveaux de référence diagnostiques ». Nous verrons que cette formulation est incorrecte car ces niveaux devront parfois être dépassés dans l'intérêt du patient.

Logiquement, ces niveaux doivent être établis prioritairement pour les examens fréquents et les examens de dépistage ainsi que pour les examens particulièrement irradiants (tomodensitométrie, radiologie interventionnelle). Il ne s'agit pas de limites, car les médecins utilisant les rayonnements ionisants doivent conserver la possibilité de délivrer en cas de besoin les doses nécessaires au but recherché dès lors que l'emploi des rayonnements ionisants est justifié. Ainsi, selon la morphologie du patient, le radiologue pourra être amené à délivrer des doses supérieures au niveau de référence diagnostique (NRD) d'un examen donné afin d'avoir une qualité d'image suffisante pour ne pas compromettre le diagnostic. De même, un radiologiste interventionnel pourra prolonger un examen si le résultat n'est pas atteint et que la survie du patient en dépend (exemple d'une hémorragie ou d'un anévrisme). L'assujettissement à une limite de dose pourrait ainsi faire subir un grave préjudice pour le patient. La notion de niveau de référence est donc tributaire de la qualité informative des images.

Délivrer des doses inférieures aux niveaux de référence diagnostiques (NRD) n'est un critère de bonne pratique que si les examens réalisés répondent à la question posée. Ils sont donc des repères dosimétriques permettant au

radiologiste de situer sa pratique pour l'ensemble des examens qu'il réalise, par rapport à celle de l'ensemble de la profession et de prendre ainsi conscience de possibilités éventuelles de diminution de dose. C'est le préalable à toute démarche d'optimisation.

Ces repères permettent d'apprécier la qualité des équipements et des pratiques lors des contrôles internes et externes, et d'engager, en cas de dépassement injustifié des actions de correction. La formulation du décret est donc incorrecte, car c'est l'exposition moyenne pour un acte donné qui doit se situer en dessous du niveau de référence diagnostique (NRD) et non chaque acte. En revanche, on ne peut exiger que l'exposition se situe sous le NRD pour un acte, car les circonstances (corpulence du patient, nécessité de réitérer une acquisition etc.) peuvent amener à dépasser occasionnellement le NRD.

1.6.3. Elaboration

Elle suppose le choix de grandeurs dosimétriques appropriées, qui doivent :

- Être clairement définies et mesurables ;
- Refléter l'importance de l'irradiation délivrée aux patients ;
- Dépendre directement des paramètres techniques de l'examen ;
- Être adaptées au matériel radiologique courant.

Ces grandeurs ont fait l'objet d'un accord international, elles sont différentes en radiologie classique ou en tomodensitométrie (TDM), puisque la technologie et le mode d'exposition des patients diffèrent.

En radiologie conventionnelle, on utilise la dose à la surface d'entrée du patient (D_E) exprimée en milligrays (mGy) et le produit Dose x Surface (PDS) exprimé en $Gy.cm^2$ ou en $cGy.cm^2$. En tomodensitométrie, les indicateurs dosimétriques caractérisant une procédure sont de l'indice de dose scanographique volumique (IDSV) exprimé en milligrays (mGy) et du produit dose longueur (PDL) exprimé en milligrays.centimètres (mGy.cm).

En théorie, la seule grandeur dosimétrique qui soit commune à tout type d'exposition est la dose efficace (DE), mais ce n'est pas une quantité physique mesurable. Elle ne permet pas l'optimisation des procédures radiologiques car elle n'a pas de lien direct avec les paramètres d'exposition. Rappelons en outre que l'on passe facilement, grâce à des coefficients spécifiques de la région explorée, du PDS ou du PDL à la dose efficace. On pourra donc toujours, à partir des relevés de PDS et de PDL d'un même patient, retracer un cumul d'expositions, exprimé cette fois en dose efficace. De même, ces NRD figurant dans le guide des procédures radiologiques, pourront être utilisés pour une estimation de dose efficace qui devrait figurer dans le guide des indications des examens d'imagerie.

Pour l'établissement des valeurs numériques des NRD, la Commission européenne recommande une méthode empirique, partant de la réalité des pratiques médicales pour aller vers une réduction progressive des doses délivrées aux patients. C'est la méthode statistique dite du 75^{e} percentile, déjà mise en œuvre par plusieurs pays européens, dont la Grande-Bretagne, depuis une vingtaine d'années.

Les NRD initiaux sont mesurés pour une procédure courante, sur des groupes de patients types (70 +/- 3 kg de masse corporelle, 20 +/- 2 cm d'épaisseur de torse), ou sur un fantôme anthropomorphe standard. On adopte comme niveau de référence la valeur du 75^{e} percentile des doses mesurées pour une procédure donnée, sur un grand nombre de patients répartis dans un grand nombre de centres, représentatifs de la pratique radiologique d'un pays. Il ne s'agit donc pas d'une moyenne mais, pour chaque pratique, d'une valeur en dessous de laquelle se situent 75 % des mesures. Ceci revient à considérer que le quart des examens correspondant aux doses les plus élevées ne sont pas optimisés. Les niveaux de référence proposés par la Commission européenne découlent de la mise en œuvre de cette méthode, à partir de mesures effectuées dans une sélection de services de radiologie représentatifs des différents états membres de la communauté.

Par définition, ces niveaux sont appelés à se modifier avec la collecte des niveaux nationaux, et constituent cependant une bonne base de départ pour que chacun puisse commencer à situer sa pratique. En effet, les mesures spécifiques à la France sont encore trop partielles pour permettre un traitement statistique national fiable. L'ensemble des études dosimétriques réalisées au cours des quinze dernières années et celles en cours permettent de situer les valeurs de dose délivrées dans nos pays, et en France, par rapport aux autres pays européens. Elles montrent que les valeurs des niveaux de référence proposés par la Commission européenne constituent un point de départ réaliste et efficace dans le processus de mise en œuvre de niveaux de référence proprement français [15].

Les valeurs de l'IDSV et du PDL indiquées, chez l'adulte et l'enfant, correspondent à des mesures et des calculs réalisés sur un fantôme de 32 centimètres (cm) de diamètre pour les actes explorant le tronc et un fantôme de 16 cm de diamètre pour les actes explorant la tête et le cou, pour des paramètres d'exposition observés pour chaque acte. Les NRD mis à jour et publiés en Mai 2019 par l'ASN et l'IRSN chez l'adulte et l'enfant sont présentés dans les tableaux II & III en fonction du type d'examen [11].

Tableau II: Niveau de référence diagnostique et Valeur guide diagnostique en scanographie chez l'adulte pour une acquisition [11].

Actes	Niveau de référence diagnostique		Valeur guide diagnostique	
	IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)	IDSV (mGy	PDL (mGy.cm)
Encéphale	46	850	40	725
Sinus de la face	14	250	-	-
Thorax	9,5	350	7,5	275
Thorax-Abdomen	11	550	9,5	475
Abdomen-Pelvis	13	625	11	525
Thorax-Abdomen-Pelvis	11	750	9,5	650
Coeur (synchronisation prospective à l'ECG))	26	375	18	325
Coeur (synchronisation rétrospective à l'ECG)	44	875	30	550
Rachis Lombaire	28	725	12	625

Tableau III: Niveau de référence diagnostique en scanographie pédiatrique, selon les catégories de poids (kg), pour une acquisition. L'âge est donné à titre indicatif [11].

Actes	0 à <10 kg (0 à 1 an)		10 à <20 kg (1 à 5 ans)		20 à <30 kg (5 à 10 ans)		30 à <50 kg (10 à 18 ans)	
	IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)	IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)	IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)	IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)
Encéphale	20	320	22	360	26	470	-	-
Rochers	-	-	43	240	51	330	-	-
Thorax	1,1	20	1,3	26	1,4	40	-	-
Abdomen-pelvis	-	-	2	65	2,5	95	4	180

- : indisponible ;

2. CADRE ET METHODES D'ETUDE

2.1. CADRE D'ETUDE

La présente étude s'est déroulée dans l'unité de scanographie du Centre National Hospitalier et Universitaire de Cotonou, Hubert Koutoukou Maga (CNHU-HKM) dans le département du Littoral, au sud du Bénin.

2.1.1. Centre National Hospitalier Universitaire - Hubert Koutoukou MAGA (CNHU-HKM) de Cotonou.

Le Centre National Hospitalier et Universitaire Hubert Koutoukou Maga (CNHU-HKM) de Cotonou est l'hôpital de référence du BENIN. Il s'agit d'un cadre de soins, d'enseignement, de recherche et de formation pour les agents de santé toutes catégories confondues.

Il est organisé en cinq départements :

- Le département de chirurgie et spécialités chirurgicales ;
- Le département de médecine et spécialités médicales ;
- Le département de santé maternelle et infantile ;
- Le département des services biotechniques ;
- Le département administratif.

Dans l'hôpital, nous avons réalisé notre étude dans le service d'Imagerie Médicale. Il reçoit les patients provenant de tous les services du CNHU-HKM et d'autres structures sanitaires privées ou publiques.

Il est installé dans un bâtiment situé à côté du service de biochimie et au sud du service de Pédiatrie. Il est composé de trois (03) unités à savoir, unité de radiologie, d'échographie et de scanographie.

2.1.1.1. Infrastructures et Matériel

Le service est réparti comme suit :

- Une unité de radiographie constituée de :

✓ Cinq (05) salles appelées « postes », numérotées de 1 à 5 avec une table de radiographie aux « postes 1,3 et 4 », un mammographe au « poste 2 », et un panoramique dentaire au « poste 5 » ;

✓ Une salle contenant un (01) appareil de numérisation indirecte ;

✓ Une salle d'interprétation des clichés radiologiques ;

✓ Une salle de garde pour les techniciens de la radiographie ;

✓ Une salle d'accueil des entrées ;

✓ Une salle d'attente ;

✓ Un bureau pour le chef service adjoint, un pour le maitre-assistant ;

✓ Un bureau pour la surveillante de la radiographie ;

✓ Un bureau pour le secrétaire ;

- Une unité d'échographie : Elle occupe une salle qui dispose d'un échographe HITACHI EUB 500, et d'un échographe SIEMENS Accusons.

- Une unité de scanographie qui comprend :

✓ Une salle pour le scanner, il s'agit d'un scanner Siemens SOMATOM EMOTION à 16 barrettes, mis en service en Décembre 2013 (Figure 6).

✓ Trois (03) salles annexes : une pour la préparation du patient, une pour le système d'alimentation du scanner et une salle de commande pour la lecture et le post-traitement des images ;

✓ Une salle d'interprétation des clichés scanographiques ;

✓ Une salle d'enseignement ;

✓ Une salle d'accueil des entrées ;

✓ Une salle d'attente ;

- ✓ Un bureau pour le chef service ;
- ✓ Un bureau pour le surveillant du scanner et de l'échographie ;
- ✓ Un secrétariat pour le chef service d'Imagerie Médicale ;
- ✓ Un secrétariat pour l'unité d'échographie ;



Figure 6: Scanner SOMATOM ÉMOTION 16 SIEMENS du Centre National Hospitalier Universitaire de Cotonou.

2.1.1.2. Ressources humaines

Le personnel du service est constitué de :

- L'équipe médicale composée d'un (01) professeur titulaire, un (01) maître de conférences agrégé, et un (01) maitre-assistant ;
- L'équipe paramédicale qui comprend deux (02) surveillants, seize (16) techniciens supérieurs d'imagerie médicale dont trois (03) affectés au service de scannographie, cinq (05) aides-soignants ;

- L'équipe administrative composée de trois (03) secrétaires, et deux (02) agents de bureaux.

2.2. METHODES D'ETUDE

2.2.1. Type et période d'étude

Il s'agissait d'une étude transversale descriptive à collecte prospective. Elle s'est déroulée d'Aout 2019 à Janvier 2020, soit une période de six (06) mois.

2.2.2. Population d'étude

L'étude a porté sur tous les examens tomodensitométriques réalisés sans et ou avec injection de produit de contraste iodé, explorant le crâne et le tronc au cours de la période d'étude au CNHU-HKM de Cotonou, et répondant aux critères suivants :

2.2.2.1. Critères d'inclusion

Tout scanner cérébral, thoracique et abdomino-pelvien réalisé durant la période d'étude au CNHU-HKM de Cotonou.

2.2.2.2. Critères de non inclusion

Les femmes enceintes.

2.2.2.3. Critères d'exclusion

- Les examens tomodensitométriques explorant le rachis.
- Les examens tomodensitométriques dont les renseignements cliniques étaient inexploitables.

2.2.3. Echantillonnage

Un recensement exhaustif des scanners réalisés dans le service, et explorant le crâne et/ou le tronc au cours de la période d'étude.

2.2.4. Collecte de données

2.2.4.1. Equipe de collecte

La collecte des données a été faite par nous-mêmes, assisté de quelques membres du personnel médical qui se sont portés volontaires.

2.2.4.2. Matériel de collecte

Pour la collecte des données, nous avons utilisé une fiche d'enquête (Annexe) comportant des questions à choix multiples et des questions à réponse ouverte et courte portant sur :

- Les renseignements généraux du patient : Numéro d'enregistrement de l'examen, date de réalisation de l'examen, nom et prénoms, âge, sexe, poids, taille du patient ;
- La demande de l'examen : Indication, nom du prescripteur, statut du prescripteur, région anatomique explorée ;
- Les paramètres d'acquisition : nombre d'acquisition (s), injection de produit de contraste iodé ou non, tension aux bornes du générateur, intensité du courant, épaisseur des coupes, pitch, indice de dose scanographique volumique (IDSV), produit dose longueur (PDL), et la dose efficace (DE).
- Les paramètres d'acquisition de chaque examen réalisé ont été relevés à partir des rapports de dose, obtenus sur la console du scanographe à la fin de l'examen. Le scanographe est doté de protocoles pour adulte et enfant, avec la possibilité de modifier les paramètres d'acquisition au cours de l'examen. Les rapports de dose ont été enregistrés sous forme de fichier DICOM, à l'aide du logiciel SyngoAcquisition Workplace sur la console du scanner.

2.2.4.3. Déroulement de la collecte

La collecte des données a débuté après présentation du protocole de recherche au chef-service de l'unité de scanographie, et suite à l'obtention des

autorisations de réaliser cette étude. Une présentation de l'étude aux médecins radiologues et techniciens de l'unité a été effectuée, afin de nous assurer de la cohésion de notre étude avec les activités se déroulant quotidiennement dans le service. Durant la période d'Aout 2019 à Janvier 2020, nous avons recensé chaque jour tous les scanners cranio-encéphaliques, thoraciques, abdomino-pelviens et thoraco-abdomino-pelviens. Puis, une sélection a été faite en fonction des critères d'inclusion et d'exclusion. Le remplissage des questionnaires s'est fait par nous-mêmes ou par un membre du personnel médical volontaire. Les différents registres et la base de données (bons de prescription d'examens, registres d'enregistrement des examens, comptes rendus dosimétriques) mis à notre disposition ont permis de compléter les fiches d'enquête. Tous les items répertoriés sur la fiche d'enquête ont été remplis pour chaque examen réalisé, chez tous les patients répondant aux critères.

- Chaque prescription médicale était enregistrée dans un registre à l'accueil, puis dans un registre mis à la disposition des techniciens radiologues du service d'imagerie avant la réalisation de l'examen ;
- Le poids et la taille de chaque patient, étaient notifiés chaque jour avant la réalisation de l'examen à l'aide d'une balance et d'une toise ;
- Les informations relatives à la demande de l'examen (indication, statut du prescripteur, région anatomique à explorer), ont été recueillies à l'aide des différents bons d'examen.
- Celles relatives au déroulement de l'examen ont été recueillies à partir des rapports de dose enregistrés sur la console du scanner, à la fin de chaque examen.

Le remplissage des fiches d'enquête s'est fait sous la supervision des techniciens et médecins radiologues afin de nous assurer de la précision des données rassemblées.

2.2.5. Variables étudiées

2.2.5.1. Variables qualitatives

Ces données cliniques ont été obtenues sur chaque bon d'examen adressé dans l'unité de scanographie.

- Le sexe ;
- L'indication de chaque examen tomodensitométrique réalisé ;
- Le statut du prescripteur dont les modalités étaient : étudiant, médecin généraliste, médecin spécialiste et autres. La catégorie " autres " était constituée par les techniciens radiologues, d'analyse biomédicale, ainsi que les bons d'examens dont le prescripteur n'a pu être précisé,
- La justification de l'examen basée sur l'édition 2013 du guide de bon usage des examens d'imagerie médicale de la Société Française de Radiologie ;
- La (les) région (s) anatomique (s) explorée (s) au cours de chaque examen dont les modalités étaient : le crâne, le thorax, l'abdomen et le pelvis.

2.2.5.2. Variables quantitatives

- L'âge : recueilli sur chaque bon d'examen, et exprimé en années. Les tranches d'âge ont été établies uniquement chez les enfants, en se référant à l'arrêté du 23 Mai 2019 publié par l'Autorité de Sureté Nucléaire [11]. Les modalités étaient de 0 à 1 an, 1 à 5 ans, 5 à 10 ans, puis 10 à 18 ans.
- Le poids : pris à l'aide d'une balance, exprimé en kilogrammes (kgs). Les tranches de poids ont également été établies uniquement chez les enfants, et en se référant à ce même arrêté [11]. Les modalités étaient de 0 à 10kgs, 10 à 20 kgs, 20 à 30 kgs, 30 à 50 kgs, et plus de 50 kgs.
- La taille de chaque patient : recueillie à l'aide d'une toise, et exprimée en centimètres (cm).
- L'indice de masse corporelle (IMC) de chaque patient adulte calculé à partir du poids et de la taille, exprimé en kilogrammes par mètre carré ($kg.m^{-2}$). Les

modalités étaient : sujet maigre (IMC < 18.5), sujet normal (18.5 ≤ IMC ≤ 24.9), sujet en surpoids (25 ≤ IMC ≤ 29.9), sujet obèse (IMC ≥ 30), et les sujets dont l'indice de masse corporelle n'était pas disponible. Ces derniers étaient ceux dont le poids et la taille n'ont pu être recueillis du fait de leur état général et/ou état de conscience altéré.

Les données suivantes ont été directement recueillies sur les rapports de dose obtenus à la fin de chaque examen.

- Le nombre d'acquisitions pour chaque acte (examen) effectué ;
- L'injection de produit de contraste iodé : dont les modalités étaient Oui et Non ;
- La tension aux bornes du générateur pour chaque examen, exprimée en kilovolts (kV) ;
- La charge, exprimée en milliampères (mAs) ;
- L'épaisseur des coupes exprimée en millimètres (mm) ;
- Le pitch ou pas de l'hélice ;
- L'IDSV exprimé en milligrays (mGy) ;
- Le PDL exprimé en milligrays.centimètres (mGy.cm) ;
- Le PDL cumulé exprimé en milligrays.centimètres (mGy.cm) ;
- La dose efficace (E) exprimée en millisieverts (mSv), a été obtenue par calcul pour chaque acte réalisé. Elle peut être calculée précisément, en factorisant le PDL (exprimé en mGy.cm) par des facteurs de conversion définis en fonction de l'âge et de la région anatomique explorée. Ces différents facteurs sont présentés dans le tableau suivant (Tableau IV), basés sur la publication 103 de la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) en 2007 [27,28,29].

Tableau IV : Facteurs de conversion de référence de la CIPR par type d'examen en fonction de l'âge.

	0 an	1 an	5 ans	10 ans	15 ans	Adulte
Crane	0.009	0.006	0.004	0.003	0.002	0.002
Thorax	0.099	0.064	0.047	0.033	0.024	0.021
AP	0.092	0.060	0.043	0.028	0.022	0.018
TAP	0.086	0.056	0.041	0.028	0.021	0.018

2.2.6. Analyse statistique

À la fin de la collecte des données, les fiches d'enquête ont été vérifiées afin de s'assurer de la complétude des données. Ces dernières étaient relatives aux renseignements cliniques généraux des patients, et aux doses de rayonnements délivrées au cours des différents examens. La saisie des données a été faite dans le logiciel Epi Data Entry version 3.5.1., puis l'analyse des données a été faite à l'aide du logiciel R version 3.6.2. Les proportions (effectifs et pourcentages) ont été utilisées pour décrire les variables qualitatives (âge, sexe, indications cliniques des différents examens), puis les paramètres de tendances centrale et de dispersion (moyenne, écart-type, et 75^{e} percentiles) ont permis de décrire les variables quantitatives (poids, taille, indice de masse corporelle, indice de dose scanographique volumique, produit dose longueur, dose efficace).

Les graphes ont été obtenus à l'aide des logiciel R, et Microsoft Excel 2016, puis les tableaux à l'aide du logiciel Microsoft Excel. Le test t de Student et le test ANOVA ont été utilisés pour la comparaison des différents paramètres. Le seuil de significativité des tests statistiques a été fixé à 5%. Le document a été rédigé à l'aide du logiciel Microsoft Word 2016.

2.2.7. Aspects éthiques

Une autorisation des responsables à divers niveaux dans la formation sanitaire de notre cadre d'étude a été obtenue avant le début de l'enquête. Les données ont été recueillies et traitées dans le respect strict de la confidentialité. Toutes les données collectées ont été utilisées dans l'anonymat et conservées dans des lieux sécurisés (bureau du Maitre-assistant).

L'accès à la base de données numériques, et aux différents registres mis à notre disposition était strictement limité et réservé à l'équipe de recherche. La base de données est conservée dans un ordinateur, et protégée par un nom d'utilisateur et un mot de passe. Les fichiers étaient anonymes et codés avant tout transfert par support électronique ou e-mail.

2.2.8. Difficultés rencontrées

Les difficultés rencontrées étaient de trois (03) ordres :

- La coopération avec les techniciens n'était pas toujours aisée compte tenu de l'importance du flux des demandes d'examens, les rendant indisponibles.
- L'insuffisance ou l'absence du matériel (balance, toise), compliquant ainsi la mesure des paramètres physiques avant la réalisation de l'examen.
- La proportion élevée des demandes d'examens mal libellées, ainsi que celle des scanners explorant des régions anatomiques autres que le crâne et le tronc, expliquant le nombre important (1638 / 2788) d'examens exclus de l'étude.

3. RESULTATS

3.1. Caractéristiques de la population d'étude

Durant la période d'étude, **2788 examens tomodensitométriques** ont été réalisés, dont **1150** ont été retenus avec respectivement **1046 (91,0%)** chez les adultes et **104 (9,0%)** chez les enfants. (Figure 7)

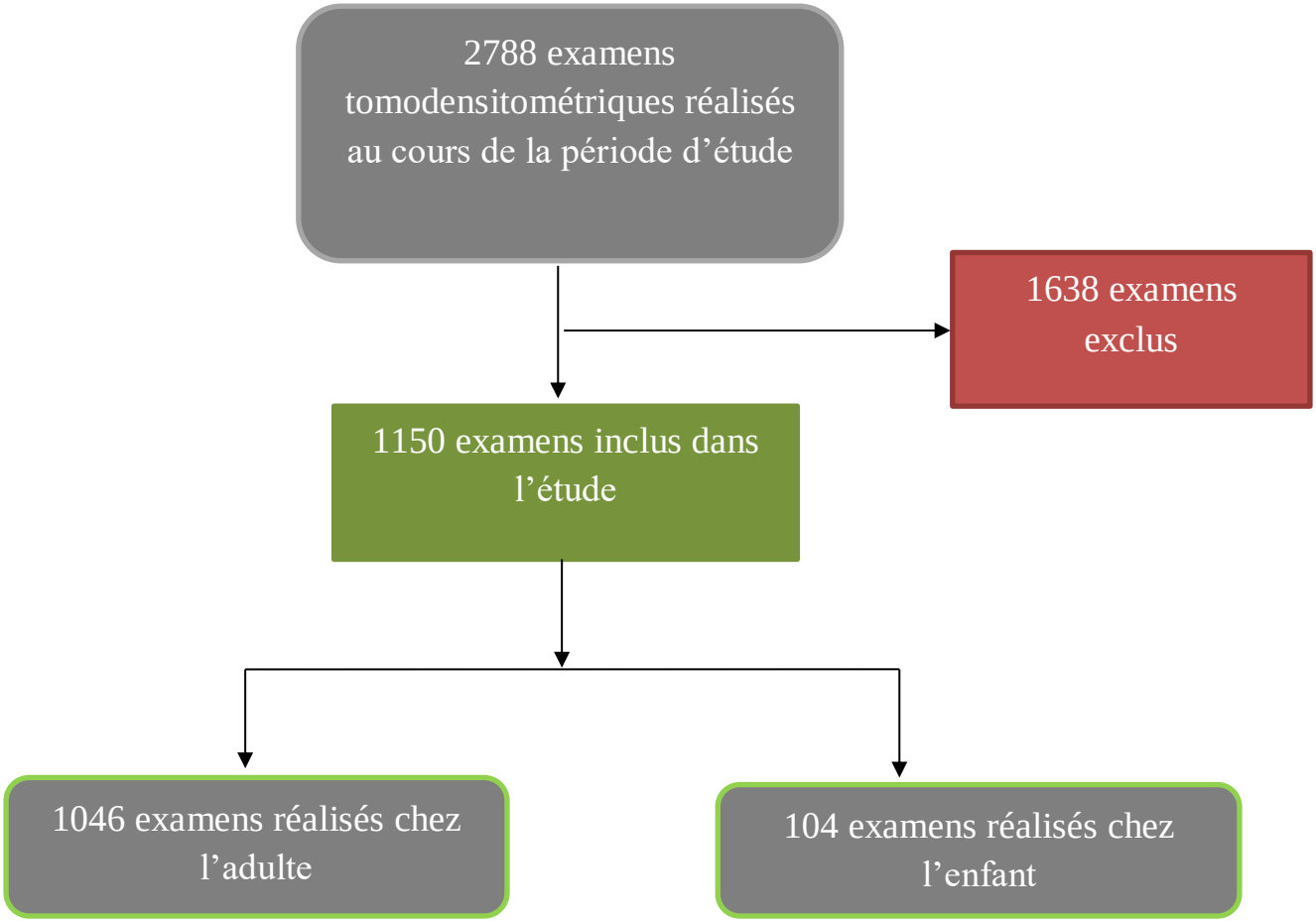


Figure 7 : Répartition de la population d'étude. CNHU-HKM (2019-2020)

3.1.1. Répartition des examens tomodensitométriques

La répartition des examens tomodensitométriques chez l'adulte et l'enfant, est rapportée dans le tableau V en fonction de l'étage exploré.

Tableau V : Répartition des examens en fonction de l'étage exploré chez l'adulte et l'enfant. CNHU-HKM (2019-2020)

	Crâne		Thorax		AT		AP		TAP		Total	
	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)
Adulte	**608**	**(58,2)**	38	(3,6)	104	(9,9)	141	(13,5)	155	(14,8)	1046	(100,0)
Enfant	**89**	**(85,6)**	2	(1,9)	2	(1,9)	8	(7,7)	3	(2,9)	104	(100,0)

AT: Angiothorax AP: Abdomino-pelvien; TAP: Thoraco-abdomino-pelvien.

Les scanners crânio-encéphaliques étaient majoritairement réalisés chez les adultes, et les enfants avec respectivement **608** examens (**58,2%**), puis **89** (**85,6%**)**.**

3.1.2. Caractéristiques sociodémographiques

3.1.2.1. Age

→ **Chez l'adulte**

L'âge moyen chez les adultes était de **53,7+/-16,5 ans [19-96 ans]**.

→ **Chez l'enfant**

La figure 8 décrit la répartition des examens réalisés selon l'âge chez l'enfant.

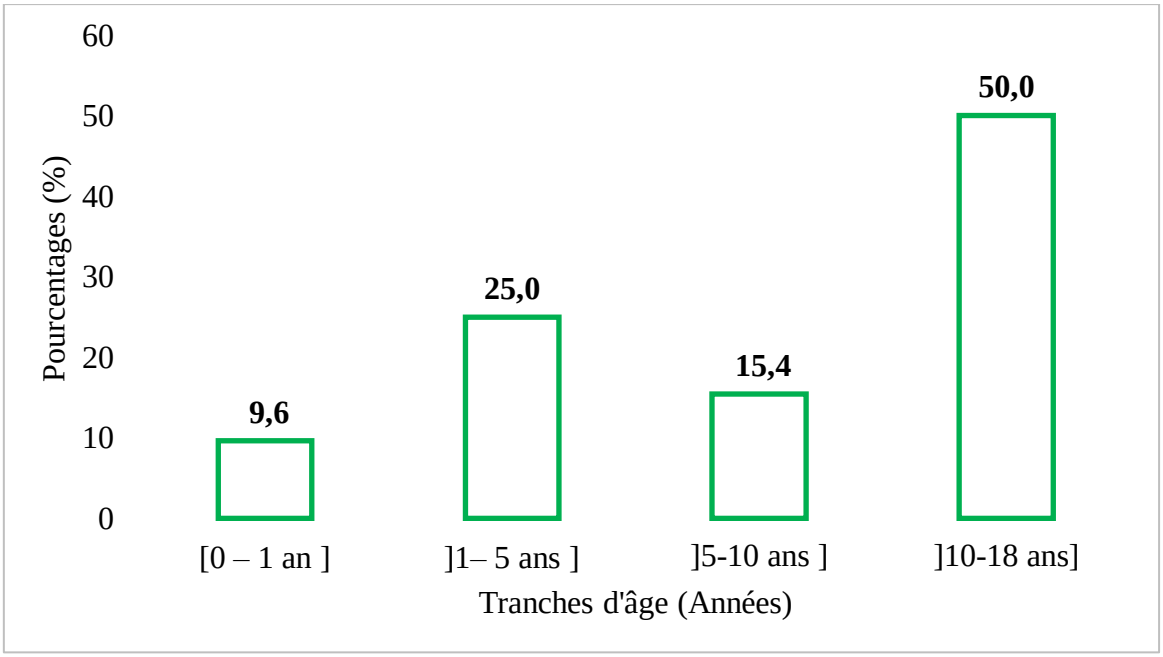


Figure 8: Répartition des examens réalisés selon l'âge chez l'enfant**.**

CNHU-HKM (2019-2020)

L'âge moyen dans la population pédiatrique était de **10,7+/-5,3 ans [0-18 ans]**. La tranche d'âge de **10** à **18 ans** était la plus représentée avec **52 (50,0%)** examens réalisés.

3.1.2.2. Sexe

La répartition des examens selon le sexe chez l'adulte et l'enfant, est illustrée sur la figure 9.

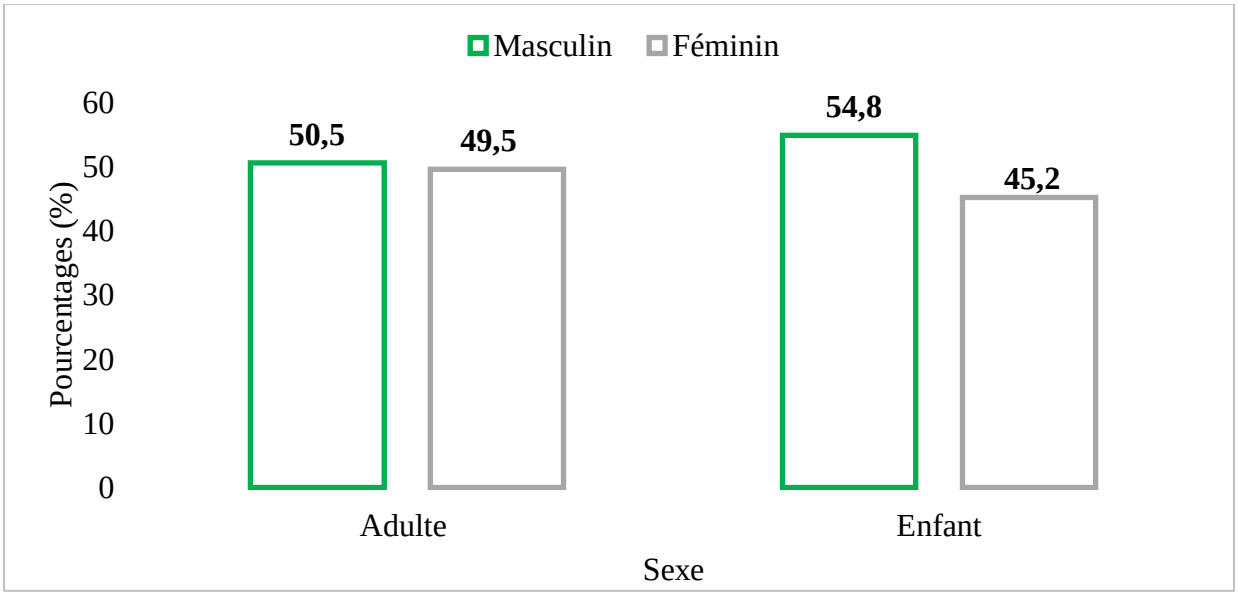


Figure 9: Répartition des examens selon le sexe. CNHU-HKM (2019-2020)

Une **prédominance masculine** a été observée chez l'adulte comme chez l'enfant, avec respectivement une sex ratio de **1,02** et **1,2**.

3.1.3. Caractéristiques physiques des patients

Les répartitions des examens selon l'indice de masse corporelle (IMC) des patients adultes, et selon le poids chez les enfants sont respectivement présentées sur la figure 10 et le tableau VI.

3.1.3.1. Chez l'adulte

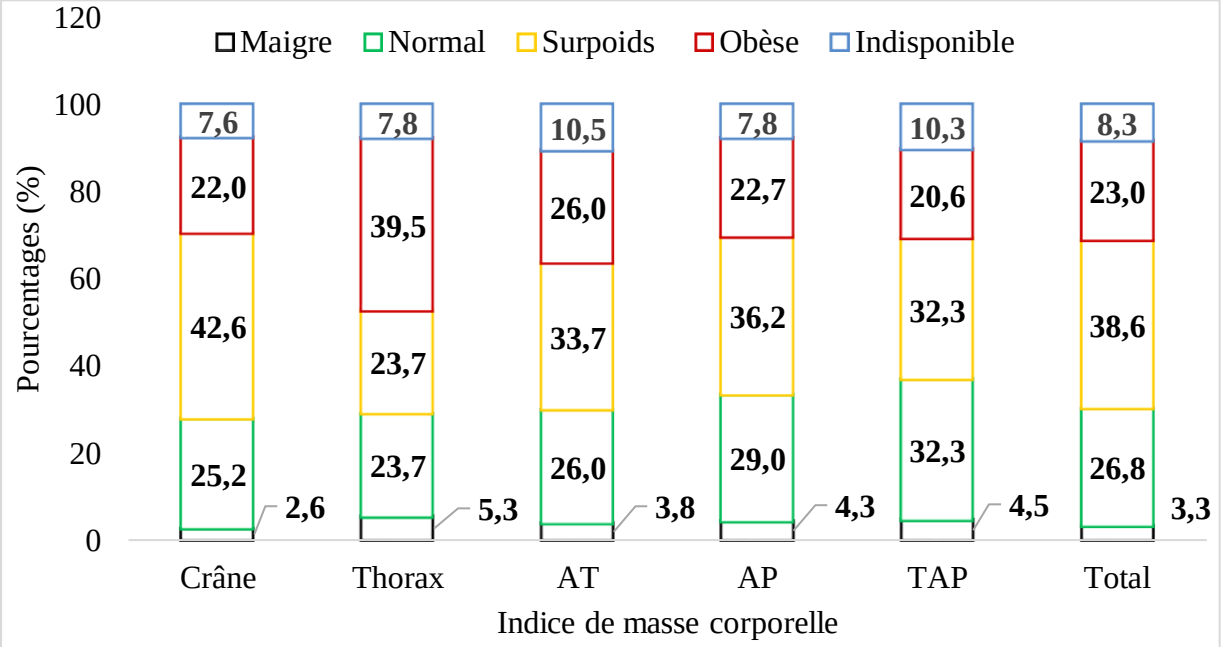


Figure 10: Répartition des examens selon l'indice de masse corporelle (IMC) des sujets adultes en fonction de l'étage exploré. CNHU-HKM (2019-2020)

Indépendamment du type d'examen, les TDM ont plus été réalisés chez des patients en surpoids (**404** soit **38,6%)**, suivis respectivement par les sujets ayant un IMC normal **280 (26,8%)**, et les sujets obèses **240 (23,0%)**.

3.1.3.2. Chez l'enfant

Tableau VI : Répartition des examens selon le poids des sujets enfants, en fonction de l'étage exploré. CNHU-HKM (2019-2020)

Poids	Crâne		Thorax		AT		AP		TAP		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
0-10	6	(6,7)	-	-	-	-	-	-	-	-	6	(5,8)
10-20	7	(7,9)	-	-	-	-	-	-	-	-	7	(6,7)
20-30	20	(22,5)	-	-	-	-	-	-	1	(33,3)	21	(20,1)
30-50	21	(23,6)	-	-	-	-	5	(62,5)	1	(33,3)	27	(26,0)
>50	**25**	**(28,1)**	**2**	**(100)**	**2**	**(100)**	**2**	**(25,0)**	**1**	**(33,3)**	**32**	**(30,8)**
Indisponible	10	(10,9)	-	-	-	-	1	(12,5)	-	-	11	(10,6)
Total	89	(100)	2	(100)	2	(100)	8	(100)	3	(100)	104	(100)

- : indisponible

Dans la population pédiatrique, les examens (**32** soit **30,8%**) ont été majoritairement réalisés chez des enfants dont le poids est supérieur à 50 kilogrammes.

3.2. Indications cliniques

Les indications cliniques des différents examens ont été classées en fonction de l'étage exploré chez l'adulte et l'enfant. Elles sont présentées dans les tableaux ci-dessous et la figure 11.

3.2.1. Scanner cérébral

Tableau VII : Répartition des scanners cérébraux en fonction des indications cliniques. CNHU-HKM (2019-2020)

	Indications	(n)	(%)
Adulte	**Recherche de lésions d'un accident vasculaire cérébral**	**439**	**72,2**
	Traumatisme cranio-encéphalique	120	19,7
	Crises convulsives généralisées	30	5,0
	Bilan d'extension d'une néoplasie primitive	13	2,1
	Syndrome confusionnel	6	1,0
Enfant	**Traumatisme cranio-encéphalique**	**43**	**48,3**
	Etat de mal épileptique	20	22,5
	Macrocranie	11	12,4
	Retard du développement psychomoteur	9	10,1
	Spina bifida	6	6,7

.

Chez l'adulte, la recherche de lésions d'un accident vasculaire cérébral **(439** soit **72,2%)** était l'indication la plus fréquente et, le traumatisme cranio-encéphalique **(43** soit **48,3%)** chez l'enfant**.**

3.2.2. Scanner thoracique

Tableau VIII : Répartition des scanners thoraciques en fonction des indications cliniques chez l'adulte. CNHU-HKM (2019-2020)

Indications	(n)	(%)
Suspicion d'une embolie pulmonaire	**20**	**52,6**
Bilan d'extension d'une néoplasie primitive	14	36,6
Hémoptysie	4	10,5

La suspicion d'une embolie pulmonaire (**20** soit **52,6%**) était majoritaire chez l'adulte.

Chez l'enfant, seulement deux examens thoraciques ont été réalisés. L'un pour la recherche de corps étranger intra thoracique et l'autre pour la caractérisation d'une opacité pulmonaire gauche.

3.2.3. Angioscanner thoracique

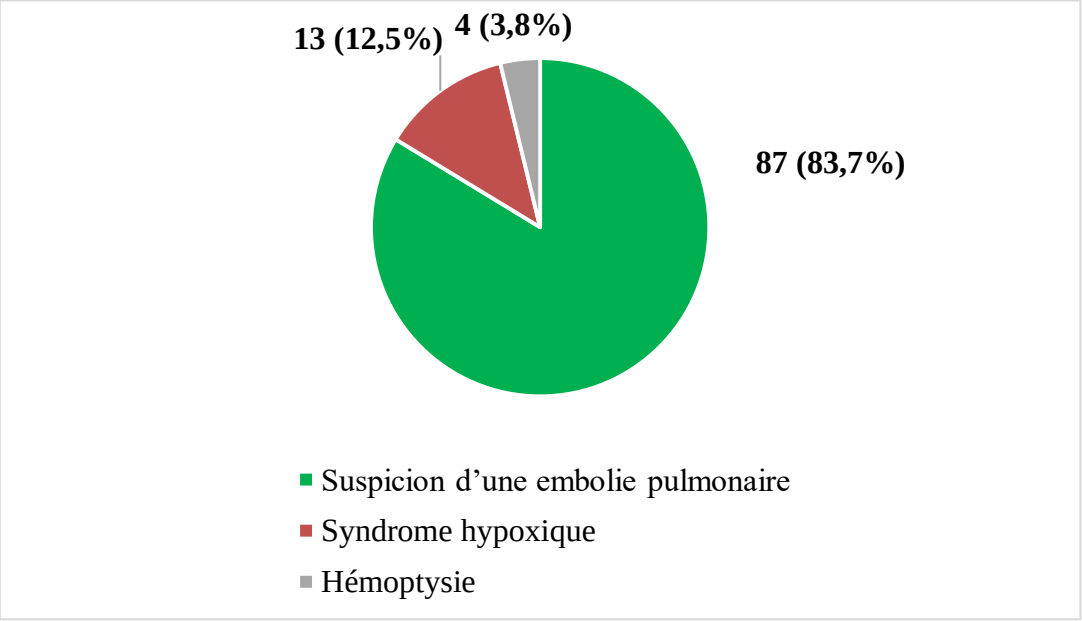


Figure 11: Répartition des angioscanners thoraciques réalisés chez les adultes en fonction des indications cliniques. CNHU-HKM (2019-2020)

La suspicion d'une embolie pulmonaire (**87** soit **83,7%**) était l'indication la plus fréquente chez l'adulte.

Chez l'enfant, le bilan d'une ascite et celui d'une dyspnée étaient respectivement les indications des deux angioscanners thoraciques.

3.2.4. Scanner abdomino-pelvien

Tableau IX: Répartition des scanners abdomino-pelviens en fonction des indications cliniques. CNHU-HKM (2019-2020)

	Indications	(n)	(%)
Adulte	**Caractérisation d'une masse abdominale**	**57**	**40,4**
	Bilan d'extension d'une tumeur primitive	**51**	**36,1**
	Recherche de lésions primitives	21	14,9
	Colique néphrétique	12	8,6
Enfants	**Douleur abdominale avec une échographie non contributive**	**5**	**62,5**
	Syndrome occlusif	1	14,3
	Epaississement pariétal de la vessie	1	14,3
	Colique néphrétique	1	14,3

La caractérisation d'une masse abdominale (**57** soit **40,4%**) et le bilan d'extension d'une tumeur primitive (**51** soit **36,1%**) étaient les indications les plus retrouvées chez l'adulte.

La douleur abdominale avec une échographie non contributive était la plus fréquente chez l'enfant (**5** soit **62,5%**).

3.2.5. Scanner thoraco-abdomino-pelvien

Chez l'adulte, les scanners TAP ont été majoritairement réalisés dans le cadre du bilan d'extension d'une tumeur primitive (**128** soit **81,9%**), suivis par la recherche de lésions primitives **(28 soit 18,1%).**

Chez l'enfant, le bilan d'extension d'une tumeur primitive (**3** soit **100,0%**) était la seule indication retrouvée.

3.2.6. Statut du prescripteur

La figure 12 présente la répartition des différents examens selon le statut du prescripteur, en fonction du type d'examen.

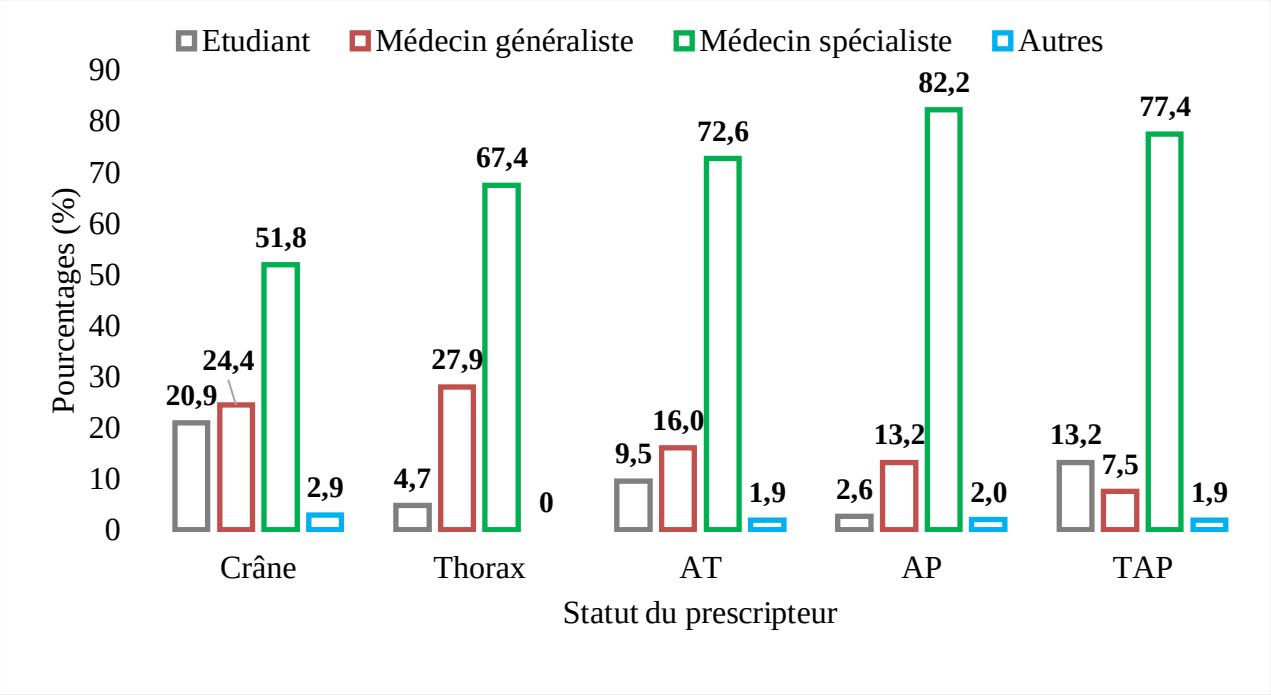


Figure 12: Répartition des examens selon le statut du prescripteur en fonction de l'étage exploré. CNHU-HKM (2019-2020)

Les scanners cérébraux, les angioscanners thoraciques et abdomino-pelviens ont été respectivement prescrits dans **51,8%, 72,6%**, et **82,2%** des cas par un **médecin spécialiste**. Seulement **13,2%** des scanners abdomino-pelviens ont été prescrits par un **médecin généraliste.**

3.2.7. Justification des prescriptions

La totalité des demandes d'examen était justifiée quel que soit l'étage exploré, aussi bien chez l'adulte que chez l'enfant.

3.3. Paramètres d'acquisition

Les paramètres d'acquisition du scanner sont décrits dans le tableau XI, en fonction de l'étage exploré.

Tableau X: Paramètres d'acquisition en fonction de l'étage exploré.

CNHU-HKM (2019-2020)

Paramètres	Unites	Crâne	Thorax	AT	AP	TAP
Tension	kV	**130**	**130**	**110**	**130**	**130**
Charge	mAs	220	24 - 101	20 - 90	25 – 112	15 – 311
Epaisseur des coupes	mm	1,0	5,0	1,0	1,5	1,5
Pitch		0,6	0,8	1,4	0,8 - 1,2	0,8 – 1,4

La tension était la même pour les différents protocoles utilisés quel que soit l'étage exploré, sauf pour les angioscanners thoraciques.

3.4. Données dosimétriques

La répartition des indices dosimétriques chez l'adulte et l'enfant, par acquisition sont présentés en fonction de l'étage exploré dans les tableaux XI & XII. Ces paramètres pour un acte complet sont présentés dans les tableaux XIII & XIV.

3.4.1. Indices dosimétriques par acquisition

3.4.1.1. Chez l'adulte

Tableau XI : Valeurs du 75e percentile de l'IDSV et du PDL par acquisition en fonction de l'étage exploré chez l'adulte**.** CNHU-HKM (2019-2020)

Indices	Unites	Crâne	Thorax	AT	AP	TAP
IDSV	(mGy)	**58,3**	**7,5**	**5,7**	**8,4**	**8,7**
PDL	(mGy.cm)	**1221,4**	**312,0**	**98,7**	**395,8**	**437,6**

Les valeurs du 75e percentile de l'IDSV par acquisition pour les examens cranio-encéphaliques était de **58,3 mGy**, et de **1221,4 mGy.cm** en ce qui concerne le PDL.

3.4.1.2. Chez l'enfant

Ces mêmes paramètres sont présentés dans le tableau XII, en fonction de la tranche d'âge, chez les enfants.

Tableau XII : Valeurs du 75e percentile de l'IDSV et du PDL par acquisition selon l'âge en fonction de l'étage exploré chez l'enfant. CNHU-HKM (2019-2020)

Age	Indices	Unités	Crâne	Thorax	AT	AP	TAP
[0 -1 an]	IDSV	(mGy)	**16,6**	-	-	-	-
	PDL	(mGy.cm)	**329,6**	-	-	-	-
]1-5 ans]	IDSV	(mGy)	**27,4**	**2,7**	-	**2,8**	**2,1**
	PDL	(mGy.cm)	**529,2**	**51,4**	-	**69,1**	**113,2**
]5-10 ans]	IDSV	(mGy)	**58,3**	-	-	**2,7**	-
	PDL	(mGy.cm)	**1141,2**	-	-	**92,5**	-
]10-18 ans]	IDSV	(mGy)	**58,3**	**3,7**	**5,8**	**9,1**	**5,1**
	PDL	(mGy.cm)	**1348,7**	**151,2**	**105,6**	**210,6**	**180,7**

La valeur du 75e percentile des indices dosimétriques par acquisition pour les examens cranio-encéphaliques réalisés chez les enfants âgés de 10 à 18 ans était de **58,3 mGy** et **1348,7 mGy.cm**.

3.4.2. Indices dosimétriques pour un acte complet

3.4.2.1. Chez l'adulte

Tableau XIII : Moyenne et 75e percentile du PDL pour un acte complet en fonction de l'étage exploré chez l'adulte. CNHU-HKM (2019-2020)

Paramètres	Crâne	Thorax	AT	AP	TAP
μ	**1606,3**	**276,3**	**301,8**	**1202,5**	**1530,1**
Q_3	2114,9	354,3	303,2	1584,2	1775,2

μ : moyenne ; Q_3 : 75e percentile

La valeur moyenne du PDL pour un scanner cranio-encéphalique et un scanner abdomino-pelvien complet étaient respectivement de **1606,3 mGy.cm** et **1202,5 mGy.cm.**

3.4.2.2. Chez l'enfant

Tableau XIV: Moyenne et 75^{e} percentile du PDL selon l'âge chez l'enfant pour un acte complet en fonction de l'étage exploré. CNHU-HKM (2019-2020)

Age		Crâne	Thorax	AT	AP	TAP
[0 -1 an]	μ	**798,3**	-	-	-	-
	Q_3	930,9	-	-	-	-
]1-5 ans]	μ	**940,6**	**51,4**	-	**276,3**	**452,8**
	Q_3	1069,3	51,4	-	276,3	452,8
]5-10ans]	μ	**1302,0**	-	-	**462,7**	-
	Q_3	1352,7	-	-	462,7	-
]10-18ans]	$\boldsymbol{\mu}$	**1681,4**	**151,2**	**303,7**	**663,4**	**895,7**
	Q_3	2092,9	151,2	316,7	807,2	903,5

Le PDL moyen pour un examen cranio-encéphalique complet chez les enfants âgés de 10 à 18 ans était de **1681,4 mGy.cm**, et de **663,4** pour un scanner abdomino-pelvien.

3.4.3. Dose efficace

Les tableaux suivants présentent les valeurs moyennes et du 75^{e} percentile de la dose efficace, respectivement chez l'adulte et l'enfant en fonction de l'étage exploré.

3.4.3.1. Chez l'adulte

Tableau XV: Moyenne et 75e percentile de la dose efficace (mSv) chez l'adulte en fonction de l'étage exploré. CNHU-HKM (2019-2020)

Paramètres	Crâne	Thorax	AT	AP	TAP
μ	**3,2**	**5,6**	**6,3**	**22,2**	**27,5**
Q_3	4,2	7.1	6,4	28,7	32,0

La dose efficace moyenne pour un scanner cérébral est de **3,2 mSv**, de **5,6** pour un scanner thoracique, **6,3** pour un angioscanner thoracique, **22,2** pour un scanner abdomino-pelvien et **27,5** pour scanner thoraco-abdomino-pelvien.

3.4.3.2. Chez l'enfant

Tableau XVI : Moyenne et 75e percentile de la dose efficace (mSv) chez l'enfant en fonction de l'étage exploré. CNHU-HKM (2019-2020)

Age		Crâne	Thorax	AT	AP	TAP
[0 -1 an]	μ	**7,5**	-	-	-	-
	Q_3	8,9	-	-	-	-
]1-5 ans]	μ	**5,6**	**3,3**	-	**16,6**	**25,4**
	Q_3	6,4	3,3	-	16,6	25,4
]5-10ans]	μ	**5,7**	-	-	**19,9**	-
	Q_3	6,1	-	-	19,9	-
]10-18ans]	μ	**5,0**	**5,0**	**10,0**	**18,6**	**25,1**
	Q_3	6,3	5,0	10,5	22,6	25,3

Chez les enfants âgés de 10 à 18 ans, la valeur moyenne de la dose efficace pour un scanner cérébral est de **7,5** mSv, et **25,1 mSv** pour un scanner thoraco-abdomino-pelvien.

3.5. Evaluation dosimétrique

3.5.1. Par rapport aux Niveaux de Référence Diagnostiques

Les différentes valeurs des indices dosimétriques obtenues ont été comparées aux niveaux de référence diagnostiques, en fonction de l'étage exploré. La répartition de ces indices dosimétriques, est présentée dans les tableaux suivants (XVII et XVIII) chez l'adulte, puis chez l'enfant selon leur conformité ou non aux recommandations en fonction de l'étage exploré.

3.5.1.1. Chez l'adulte

Tableau XVII : Répartition des examens selon la non-conformité aux recommandations, en fonction de l'étage exploré chez les adultes. CNHU-HKM (2019-2020)

Indices	Crâne (%)	Thorax (%)	AT (%)	AP (%)	TAP (%)	Total (%)
IDSV	99,2	7,9	2,9	0,0	6,5	59,7
PDL	97,9	21,1	0,0	0,0	0,6	58,4

De tous les examens réalisés chez l'adulte, **59,7%** avaient un IDSV non conforme aux NRD, et **58,4%** concernant le PDL.

3.5.1.2. Chez l'enfant

Tableau XVIII: Répartition des indices dosimétriques selon la non-conformité aux recommandations, en fonction de l'étage exploré chez les enfants. CNHU-HKM (2019-2020)

Age	Indices	Crâne (%)	Thorax (%)	AT (%)	AP (%)	TAP (%)
[0-1 an]	IDSV	10,0	-	-	-	-
	PDL	40,0	-	-	-	-
]1-5 ans]	IDSV	43,5	100,0	-	100,0	0,0
	PDL	78,3	100,0	-	100,0	0,0
]5-10ans]	IDSV	60,0	-	-	100,0	-
	PDL	80,0	-	-	0,0	-
]10-18ans]	IDSV	70,7	0,0	0,0	50,0	50,0
	PDL	58,5	0,0	0,0	50,0	50,0

Une minorité **(10.0%)** des examens cranio-encéphaliques réalisés chez les enfants âgés de 0 à 1 an, avaient des valeurs de l'IDSV n'étant pas **conformes aux NRD**, puis **40.0%** pour celles du PDL.

3.6. Facteurs physiques et techniques

3.6.1. Indice de masse corporelle chez l'adulte

Les moyennes de l'IDSV et du PDL selon la condition physique des patients adultes sont présentés dans le tableau suivant en fonction de l'étage exploré.

Tableau XIX : Moyennes de l'IDSV et du PDL selon la condition physique des patients adultes en fonction de l'étage exploré. CNHU-HKM (2019-2020)

Condition physique	Crâne		Thorax		AT		AP		TAP	
	IDSV	PDL	IDSV	PDL	IDSV	PDL	IDSV	PDL	IDSV	PDL
M	57,6	1065,0	3,6	139,1	5,8	93,2	4,7	210,5	8,4	426,2
N	57,6	1155,5	4,8	203,1	5,4	97,6	6,1	283,1	7,4	309,5
S	58,0	1140,0	4,9	195,0	5,7	90,1	7,2	339,1	6,8	343,8
O	58,3	1152,7	7,2	300,0	5,5	90,3	8,6	413,4	8,6	500,2
P value	6.10^{-1}	3.10^{-1}	8.10^{-3}	2.10^{-2}	9.10^{-1}	4.10^{-1}	6.10^{-5}	5.10^{-6}	5.10^{-5}	2.10^{-3}

M: maigre; N: normal; S: surpoids; O: obèse;

L'IDSV moyen des TDM cranio-encéphaliques des patients ayant une condition physique normale est de **57,6 mGy**, avec un PDL moyen de **1155,5 mGy.cm**. Les mêmes valeurs pour les patients obèses sont respectivement de **58,3 mGy** pour l'IDSV et de **1152,7 mGy.cm** pour le PDL.

3.6.2. Poids chez l'enfant

Les moyennes de l'IDSV et du PDL selon le poids chez les enfants sont présentés dans le tableau suivant en fonction de l'étage exploré.

Tableau XX: Moyennes de l'IDSV et du PDL selon le poids chez les enfants en fonction de l'étage exploré. CNHU-HKM (2019-2020)

Poids	Crâne		AT		AP		TAP	
	IDSV	PDL	IDSV	PDL	IDSV	PDL	IDSV	PDL
0-10 kgs	25,5	499,3	-	-	-	-	-	-
10-20 kgs	26,6	546,3	-	-	-	-	-	-
20-30 kgs	33,4	659,5	-	-	-	-	2,1	113,2
30-50 kgs	40,1	887,1	-	-	3,1	106,6	5,2	182,3
>50 kgs	54,3	1126,7	5,4	101,2	7,1	221,1	4,7	176,0
P value	3.10^{-5}	7.10^{-5}	-	-	-	-	-	-

L'IDSV moyen des TDM cranio-encéphaliques des enfants pesants entre 0 et 10 kgs est de **25,5 mGy**, avec un PDL moyen de **499,3 mGy.cm**. Les mêmes valeurs pour les enfants pesant plus de 50 kgs sont respectivement de **54,3 mGy** pour l'IDSV et de **1126,7 mGy.cm** pour le PDL. Le test était statistiquement significatif.

3.6.3. Injection de produit de contraste iodé

Les valeurs moyennes de l'IDSV et du PDL des scanners cérébraux par acquisition chez l'adulte et l'enfant, sont présentés dans les tableaux suivants en fonction du caractère injecté ou non de produit de contraste iodé au cours de l'examen.

Tableau XXI: Valeurs moyennes de l'IDSV et du PDL des scanners cérébraux par acquisition, chez l'adulte en fonction du caractère injecté ou non de produit de contraste au cours de l'examen. CNHU-HKM (2019-2020)

	IDSV	PDL
Injectés	56,9	1086,2
Non injectés	58,3	1167,6
P value	3.10^{-4}	2.10^{-4}

Chez l'adulte, la valeur moyenne de l'IDSV pour les TDM cranio-encéphaliques injectés est de **56,9 mGy**, et de **58,3 mGy** pour ceux non injectés. Concernant les PDL moyens, respectivement nous avons **1086,2 mGy.cm** pour les injectés et **1167,6 mGy.cm** pour les non injectés. Le test était statistiquement significatif.

Tableau XXII : Valeurs moyennes de l'IDSV et du PDL des scanners cérébraux par acquisition chez les enfants âgés de 10 à 18 ans, en fonction du caractère injecté ou non de produit de contraste au cours de l'examen. CNHU-HKM (2019-2020)

	IDSV	PDL
Injectés	48,8	968,8
Non injectés	55,6	1279,6
P value	6.10^{-3}	2.10^{-4}

Chez les enfants âgés de 10 à 18 ans, la valeur moyenne de l'IDSV pour les TDM cranio-encéphaliques injectés est de **48,8 mGy**, et de **55,6 mGy** pour ceux non injectés. Concernant les PDL moyens, respectivement nous avons **968,8 mGy.cm** pour les injectés et **1279,6 mGy.cm** pour les non injectés. Le test était statistiquement significatif

4. DISCUSSION

4.1. Validité des résultats

Nous avons pu relever les informations dosimétriques de 1150 examens réalisés durant notre enquête. En ce qui concerne les données collectées, les renseignements cliniques de certains patients étaient incomplets justifiant la population " indisponible " incluse. Cependant, ces informations manquantes n'altèrent significativement pas les résultats obtenus à l'issue de notre étude.

4.2. Atteinte des objectifs

. Au terme de notre étude, les différents objectifs fixés ont été atteints. La présente étude nous a permis de :

- Déterminer les proportions des examens réalisés dans les deux (02) populations (adulte et enfant), selon l'âge, le sexe, le poids et la condition physique de chaque sujet.
- Identifier toutes les indications cliniques, pour lesquelles chaque examen tomodensitométrique a été réalisé.
- Déterminer les proportions de chaque indication en fonction des différents types d'examen, que ce soit chez l'adulte, ou chez l'enfant.
- Déterminer les proportions de demandes d'examens rédigées par chaque type de prescripteur.
- Evaluer la justification de chaque examen réalisé selon l'étage exploré, sur la base du Guide de bon usage des examens d'imagerie médicale publiée par la Société Française de Radiologie (SFR).
- Répertorier les paramètres d'acquisition en fonction du type d'examen.
- Evaluer et comparer les valeurs des indices dosimétriques par rapport aux recommandations fixées par l'Autorité de Sureté Nucléaire (ASN).
- Déterminer les facteurs physiques et techniques qui influencent leurs variations.

4.3. Commentaires et discussion des résultats

4.3.1. Caractéristiques de la population d'étude

L'utilité de la tomodensitométrie dans la prise en charge médicale des patients quel que soit leur âge est indéniable. Son usage ne cesse de croître malgré son caractère très irradiant, posant ainsi un problème de radioprotection plus délicat chez l'enfant [25].

L'échantillon de notre étude était constitué par les examens tomodensitométriques réalisés chez les adultes et les enfants, au CNHU-HKM de Cotonou, avec un total de 1150 retenus. Chez l'adulte, 1046 (91,0%) examens tomodensitométriques ont été enregistrés, puis 104 (9,0%) réalisés dans la population pédiatrique. Cette fréquence obtenue chez l'enfant, est inférieure à celles rapportées par Tchaou et al. [25] au Togo en 2016 (15,45%), Adambounou et al. [26] au Togo en 2015 (10,97%), N'Goan-Domoua et al. [27] en Côte d'ivoire en 2013 (11,7%), Ongolo-Zogo et al. [17] au Cameroun en 2012 (14,0%). Elle est nettement supérieure à celle rapportée par Etard et al. [28] en France, qui était de 2,1% en 2010. Cette différence observée entre nos pays africains et la France, pourrait s'expliquer par une meilleure application des normes de radioprotection associée à une accessibilité plus facile à l'Imagerie par Résonance Magnétique, modalité non irradiante par rapport au scanner. Quant à la différence entre celles des pays africains, elle pourrait s'expliquer par l'importance de la disponibilité et de l'accessibilité de plus en plus croissante de la tomodensitométrie dans chaque pays.

Une prédominance des TDM cranio-encéphaliques a été notée dans les deux populations avec 58,2% chez l'adulte, et 85,6% chez l'enfant. Dans la littérature, la plupart des études scanographiques réalisées chez l'adulte s'étalait sur une période supérieure à cinq (05) ans, et n'explorait qu'un seul étage anatomique contrairement à la nôtre. Néanmoins Konrad et al. [29] rapportait que, les modalités fréquemment réalisées dans sa série étaient des scanners abdomino-

pelviens, suivis des scanners cérébraux et thoraciques. Toutes les études qu'elles soient européennes à savoir : Etard et al. en France en 2014 [28] ; Bernier et al. [30] en France en 2012, ou africaines Tchaou et al Togo en 2016, Adambounou et al. au Togo en 2015 [26] étaient unanimes sur cette prépondérance des TDM du pôle céphalique chez l'enfant [25]. Elle pourrait s'expliquer par la fréquence élevée des traumatismes cranio-encéphaliques, surtout chez l'enfant.

4.3.2. Profil sociodémographique

4.3.2.1. Age

L'âge moyen dans notre étude était de 53,7+/-16,5 ans [19-96 ans] chez l'adulte. Cette moyenne d'âge est supérieure à celle rapportée par Konrad et al. [29] aux Etats-Unis en 2019 qui était de 44 ans, ainsi que celles de N'Zi et al. [31] (45,95 et 44,99 ans) obtenues dans deux différents centres en Côte d'Ivoire en 2015. Ce qui s'expliquerait par le fait que les examens sont souvent réalisés chez des sujets actifs.

Chez l'enfant, la moyenne d'âge s'élevait à 10,7+/-5,3 ans [0-18 ans]. La tranche d'âge de 10-18 ans était la plus représentée avec 50,0%. Une prépondérance de la tranche d'âge de 5 à 15 ans avec 52%, était rapportée par Ongolo-Zogo et al. [17] au Cameroun en 2012 chez l'enfant. Par contre les séries de Tchaou et al. [25] au Togo en 2016 et de Etard et al. [28] en France en 2010, retrouvaient majoritairement la tranche d'âge de 10 à 15 ans, se rapprochant sensiblement de la nôtre. En effet à cet âge, l'enfant étant proche de l'adolescence est plus exposé aux traumatismes cranio-encéphaliques, qui sont de grands pourvoyeurs de la TDM cérébrale.

4.3.2.2. Sexe

Une dominance masculine a été observée chez l'adulte dans cette étude avec une sex ratio de 1,02, contrairement à N'Zi et al. [31] en Côte d'Ivoire en

2017 puis Konrad et al. aux Etats-Unis en 2019 [29], qui rapportaient une prédominance féminine avec respectivement une sex ratio de 0,98 et 0,93.

La supériorité masculine a également été notée chez les enfants avec une sex ratio de 1,2 dans notre étude. Tchaou et al. [25] au Togo en 2016 rapportait une supériorité identique à la nôtre avec une sex ratio de 1,2 , de même que Ongolo-Zogo et al. [17] au Cameroun en 2012 avec une sex ratio de 1,1.

4.3.3. Caractéristiques physiques des patients

Chez l'adulte, 38,6% des examens ont été enregistrés chez des patients en surpoids, puis 23,0% chez les sujets obèses, Dans la série de Konrad et al. [29], 35,1% des patients étaient en surpoids et 35,9% étaient obèses.

Dans la population pédiatrique, 30,8% des examens ont été réalisés chez des enfants dont le poids est supérieur à 50 kgs, puis 26,0% chez ceux pesant entre 30 et 50 kgs. Lodwick et al. [32] rapportait dans son étude aux Etats-Unis en 2017, une prévalence inférieure à nos résultats avec respectivement 18,9% d'enfants obèses et 13,3% en surpoids.

4.3.4. Indications cliniques

Chez l'adulte, la recherche de lésions en rapport avec un accident vasculaire cérébral (72,2%) et la suspicion d'une embolie pulmonaire (52,6%) étaient majoritaires pour les scanners cérébraux et thoraciques. La caractérisation d'une masse abdominale (40,4%) et le bilan d'extension d'une tumeur primitive (81,9%) étaient en tête, respectivement pour les TDM abdomino-pelviens et thoraco-abdomino-pelviens. Konrad et al. [29] retrouvait majoritairement chez l'adulte, le bilan d'extension d'une tumeur maligne (18,3%), suivi par la douleur abdominale (17,2%). En effet, les scanners abdomino-pelviens et TAP représentaient l'essentiel des examens réalisés dans sa série.

Chez l'enfant, le traumatisme cranio-encéphalique (48,3%) dominait. La même indication était rapportée par Tchaou et al. [25] au Togo en 2016 et Ongolo-Zogo et al [17] au Cameroun en 2012 avec respectivement 17,31% et 22,8%, proportions inférieures à la nôtre. L'importance de ces résultats permet d'établir une référence et élaborer des directives de diagnostic à l'échelle de la population en tenant compte des risques potentiels de cancer liés à la TDM tout en conservant leurs avantages cliniques.

Les médecins spécialistes étaient les plus grands prescripteurs dans notre série avec 51,8% des scanners cérébraux et 72,6% des angioscanners thoraciques. Des scanners abdomino-pelviens, 13,2% ont été prescrit par un médecin généraliste. Tchaou et al. [25] rapportait dans son étude que les médecins généralistes (29,81%) étaient majoritaires, suivis des assistants médicaux (26,92%). Le pourcentage d'examens prescrits par les paramédicaux (infirmiers) était de 31,73% et reste inférieur à celui d'examens prescrits par l'ensemble des spécialistes qui est 38,46%.

4.3.5. Justification des prescriptions

La totalité des examens réalisés étaient justifiés chez l'adulte, de même que chez l'enfant. Bien que supérieur à la valeur globalement obtenue par Tchaou et al. (77%.) [25], son taux épouse le même sens que notre constat. En effet, le premier des principes de réduction de dose est la justification de l'examen proposé, en particulier chez l'enfant.

4.3.6. Paramètres d'acquisition

Les protocoles d'examen variaient en fonction de l'âge et de la région anatomique explorée. Toutes les acquisitions obtenues étaient en mode hélicoïdal, comme le rapporte N'Zi et al. [31] dans sa série. Par contre, celles de l'étude de Garba et al. [33] au Nigéria en 2015 ont été obtenues en mode séquentiel. En considérant la procédure de réalisation des TDM, nous avions noté que les

logiciels de réduction de dose n'ont pas été utilisés. Une attention particulière devrait alors être accordée à la disponibilité de logiciels de réduction de la dose lors de l'achat des équipements d'imagerie, surtout à usage pédiatrique. En effet, un des aspects uniques de l'imagerie scanographique est la large gamme de la taille du patient et de son poids, ce qui nécessite donc une attention particulière à l'optimisation et la modification des paramètres du matériel et des techniques d'imagerie [25].

La tension était inférieure ou égale à 130 kV, et la charge maximale était de 300 mAs pour tous les examens réalisés dans notre étude. Le nombre d'acquisitions par scanner cranio-encéphalique variait entre 1 et 2, contre un nombre moyen d'acquisition plus élevé dans l'étude de N'Zi et al. [31] (CID = 1,96 ; HMA = 1,63). Toutes les TDM étaient réalisées avec des valeurs de Haute Tension (HT) et une charge conformes aux recommandations dosimétriques SFIPP/IRSN 2008 comme dans celle de Tchaou et al.[25] au Togo en 2016. Par contre dans la série de Ongolo-Zogo et al. [17] la tension n'était conforme que pour 87,7 % des examens et la charge ne l'était que pour 91,2 % des examens. Par conséquent, pour tout examen tomodensitométrique réalisé parce que bien justifié, la dose délivrée doit être optimisée. Elle doit être le plus faible possible tout en répondant à la question clinique, d'où le principe ALARA.

4.3.7. Evaluation dosimétrique

4.3.7.1. Par acquisition

Dans notre étude, 40,3% des examens réalisés chez l'adulte avaient un IDSV conforme aux NRD, puis 41,6% avaient un PDL conforme. Seulement une minorité des examens cranio-encéphaliques réalisés chez l'adulte, était conforme aux NRD avec respectivement 0,8% pour l'IDSV et 2,1% pour le PDL.

Les valeurs du 75^{e} percentile de l'IDSV par acquisition pour les examens cranio-encéphaliques étaient de 58,3 mGy, et 1221,4 mGy.cm pour le PDL. Nos valeurs se superposaient à celles de la littérature, notamment N'Zi et al. [31] qui rapportait des valeurs du 75^{e} percentile de l'IDSV et du PDL à la TDM cranio-encéphalique pour une acquisition, étant de 63,6 mGy et 1144,8 mGy.cm à l'HMA. Par contre, Garba et al. [33] retrouvait respectivement 77 mGy et 985 mGy.cm. Toutes ces valeurs étaient supérieures à celles utilisées dans les pays occidentaux pour la comparaison, confirmant ainsi la non-conformité des TDM réalisées. Les doses étaient plus élevées que celles établies dans l'enquête irlandaise de Foley et al. [34] en 2010 puis, comparables à celles de Treier [35] en Suisse en 2010 et Palorini en Italie en 2013 [36].

Abdulaziz et al. [37] rapportait dans son étude en Arabie Saoudite en 2014, que le 75^{e} percentile de l'IDSV et du PDL dans sa série était de 18 mGy et 630 mGy.cm pour les TDM thoraciques, 18 mGy et 480 mGy.cm pour les angio-TDM thoraciques, 15 mGy et 800 mGy.cm pour les abdomino-pelviens, puis 16 mGy et 1040 mGy.cm pour les thoraco-abdomino-pelviens. Ces valeurs étaient supérieures à celles de notre étude. L'élévation des doses pourrait être due aux différences dans la conception de protocoles et directives concernant la dose de rayonnement en tomodensitométrie, ainsi qu'au manque de sensibilisation des radiologues et des manipulateurs.

Chez l'enfant, en comparant nos résultats aux NRD français par tranche d'âge, il ressort que seules les valeurs obtenues à la TDM cranio-encéphalique n'étaient pas conformes en majorité. Ce constat est relégué par Tchaou et al [25] au Togo en 2016, mais touchant tous les étages explorés. Il rapportait que 53,73% des TDM cranio-encéphaliques, 18,19 % des TDM abdomino-pelviennes, avaient des valeurs de l'IDSV supérieures aux NRD. En ce qui concerne le PDL, 64,18% des TDM cranio-encéphaliques, 18,19 % des TDM de l'abdomen et du pelvis avaient des valeurs du PDL supérieures aux NRD français définis en fonction des

tranches d'âge. Le faible niveau des connaissances en radioprotection pourrait expliquer cette grande proportion d'examens en marge des recommandations, alors que les scanographes offraient l'option d'ajuster les paramètres et d'utiliser des protocoles en fonction de l'âge et du type d'examen à réaliser. Ce constat est surtout très inquiétant quand on sait qu'étant encore tout petits, ces enfants pourraient être encore exposés aux rayons X pour des raisons médicales, ce qui augmenteraient encore les risques [25].

4.3.7.2. Pour un acte complet

Dans notre étude quel que soit l'étage exploré, la valeur moyenne du PDL pour un examen complet était inférieure à celles retrouvées dans la littérature chez l'adulte, comme chez l'enfant. En effet, les valeurs obtenues par N'Zi et al [31] dans sa série étaient respectivement de 1968 et 2257,8 mGy.cm. Elles se rapprochent de celles rapportées par Smith-Bindman et al. [38] aux Etats-Unis en 2015 (2130 mGy.cm) et Palorini et al [36] (1233 mGy.cm). Néanmoins, Smith-Bindman et al. [38] rapportait également une valeur moyenne de 1310 mGy.cm chez l'enfant pour le même étage. Nos résultats suggèrent que l'augmentation du nombre de phases des différents types d'examens est le principal facteur affectant la dose totale délivrée au patient. Une attention particulière doit y être portée, afin de réduire le nombre d'acquisitions inutiles et de sélectionner soigneusement les patients pouvant subir des études multiphasiques. Dans ce contexte, bien que les NRD mis à jour peuvent toujours faire référence à des examens scanographiques monophasiques (IDSV et PDL), le suivi du PDL cumulé et du nombre de phases peut aider à contrôler l'augmentation constante de l'exposition des patients.

4.3.7.3. Dose efficace

La dose efficace moyenne lors d'un acte complet dans notre série, pour un scanner cérébral était de 3,2 mSv. Chez les enfants âgés de 10 à 18 ans, elle s'élevait à 5,0 mSv pour le même étage. Cependant, les valeurs obtenues chez

l'adulte pour un examen cranio-encéphalique dans la série de N'Zi et al. [31] s'élevaient respectivement à 4,13 et 4,74 mSv. Ces valeurs sont supérieures aux nôtres.

Le 75^{e} percentile du même paramètre dans notre étude était respectivement de 4,2 mSv pour les TDM cranio-encéphaliques, 7,1 pour les thoraciques, 6,4 pour les angioscanners thoraciques, 28,7 pour les abdomino-pelviens puis 27,5 mSv pour les TDM thoraco-abdomino-pelviens. Par contre, Smith-Bindman et al [38] retrouvait des valeurs nettement supérieures à celles de notre série, avec respectivement 8, 29, 32, et 43 mSv pour les scanners cérébraux, thoraciques, abdomino-pelviens et thoraco-abdomino-pelviens. Cette différence pourrait s'expliquer d'une part, par la durée d'étude et d'autre part par le nombre d'examens qui était plus important dans sa série.

4.3.8. Facteurs physiques et techniques influençant

4.3.8.1. Indice de masse corporelle chez l'adulte

L'IDSV moyen des TDM abdomino-pelviens des patients ayant une condition physique normale est de 6,1 mGy, avec un PDL moyen de 283,1 mGy.cm. Les mêmes valeurs pour les patients en surcharge pondérale et les obèses, sont respectivement de 7,2 et 8,6 mGy pour l'IDSV, puis 339,1 et 413,4 mGy.cm pour le PDL. Une variation des doses est observée, permettant d'émettre une hypothèse selon laquelle la condition physique de chaque individu serait un facteur influençant les doses d'exposition aux rayonnements. Konrad et al. [29] nous rejoint, en rapportant dans son étude que les patients en surpoids et obèses (69,6%) encouraient des doses significativement plus élevées.

4.3.8.2. Poids chez l'enfant

Dans notre série, l'IDSV moyen des TDM cranio-encéphaliques des enfants ayant un poids corporel compris entre 0 et 10 kgs était de 22,5 mGy, avec

un PDL moyen de 499,3 mGy.cm. Les mêmes valeurs pour les enfants pesant entre 20 et 30 kgs, et ceux ayant un poids supérieur à 50 kgs étaient respectivement de 33,4 et 54,3 mGy pour l'IDSV et de 659,5 et 1126,7 mGy.cm pour le PDL. Une augmentation significative des doses d'exposition a également été notée en fonction du poids de l'enfant. Le poids serait donc un facteur de variation des doses d'exposition chez les enfants, comme le rapportaient Cooper et al. [39], ainsi que Lodwick et al. [32] aux Etats-Unis en 2017.

4.3.8.3. Produit de contraste iodé

Chez l'adulte, la valeur moyenne de l'IDSV pour les TDM cranio-encéphaliques injectés est de 56,9 mGy, et de 58,3 mGy pour ceux non injectés. Concernant les PDL moyens, respectivement nous avons 1086,2 mGy.cm pour les injectés et 1167,6 mGy.cm pour les non injectés. Les p values sont inférieures à 0,05 pour toutes ces valeurs obtenues, la comparaison est donc significative dans notre étude. L'injection de produit de contraste iodé au cours d'un examen tomodensitométrique serait un facteur de variation des doses de rayonnements auxquelles les sujets adultes et enfants sont exposés comme le rapportait Kostas et al. [40] dans son étude en 2017. Cependant, Aschoff et al. [41] en 2017 rapportait le rôle important joué par le produit de contraste iodé dans la réduction des doses d'expositions aux rayonnements.

Nos résultats se rapprochent de ceux de la littérature. Il existerait donc une relation entre l'indice de masse corporelle, le poids, l'injection de produit de contraste iodé avec les doses de rayonnements ionisants auxquelles les sujets sont exposés.

CONCLUSION

Au terme de cette étude, nous pouvons retenir que :

- Il existe une primauté de l'activité tomodensitométrique chez les sujets obèses dans la population adulte, ainsi que celle pédiatrique au CNHU-HKM de Cotonou.
- Les paramètres techniques variaient en fonction de l'âge et de l'étage anatomique exploré. Les valeurs de la tension et de la charge étaient conformes aux recommandations.
- Les différentes mesures de réduction de dose d'exposition aux rayonnements ionisants étaient essentiellement basées sur les principes de la radioprotection.
- La plupart des examens réalisés ont été prescrits par un médecin spécialiste. Ces demandes d'examen étaient en majeure partie justifiées.
- Les TDM cranio-encéphaliques étaient majoritaires chez les adultes comme chez les enfants, avec des valeurs du 75^{e} percentile des indices dosimétriques (IDSV, PDL) supérieures aux niveaux de référence diagnostiques établis par l'Autorité de Sureté Nucléaire (ASN) en 2019.
- Les valeurs de ces indices dosimétriques pour les autres étages explorés chez l'adulte (thoraciques, abdomino-pelviens, et thoraco-abdomino-pelviens) étaient conformes aux NRD.
- Le nombre de phases, et le PDL cumulé sont des paramètres favorisant l'augmentation de la dose totale d'exposition individuelle des patients aux RI.
- Les doses d'exposition auxquelles sont soumis les patients variaient en fonction du poids chez l'enfant, et de l'indice de masse corporelle chez l'adulte. Le produit de contraste iodé est également un facteur de variation de ces doses, en faveur d'une réduction.

SUGGESTIONS

- **A l'endroit de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA) :**
  - ✓ Assurer la protection sanitaire et la sécurité du personnel, et des patients au cours des différentes activités.
  - ✓ Programmer des ateliers de formation en radioprotection pour renforcer les capacités des agents de santé des services d'imagerie médicale.
- **A l'endroit du Ministère de la santé :**
  - ✓ Financer le recrutement du personnel médical et paramédical, ainsi qu'une amélioration du plateau technique afin d'assurer une prestation de service de qualité à nos patients.
  - ✓ Veiller au respect des normes de sécurité et de sureté radiologique dans les services d'imagerie médicale.
- **A l'endroit des directeurs des centres hospitaliers :**
  - ✓ Installer le matériel de dosimétrie dans les services d'imagerie des différentes structures sanitaires hospitalières.
  - ✓ Soumettre un contrôle de qualité régulier dans chaque unité de scanographie sur l'étendue du territoire national, afin de surveiller les doses d'exposition auxquelles les patients sont soumis.
- **A l'endroit des chefs de service d'imagerie :**
  - ✓ Doter les services, des mises à jour des recommandations ainsi que des guides de bon usage afin de garantir le bon déroulement des activités.
  - ✓ Effectuer des études sur les différents aspects de la radioprotection afin de mieux cerner ces retentissements vis-à-vis des patients et du personnel médical..

REFERENCES

1. Coeytaux K, Bey E, Christensen D, Glassman ES, Murdock B, Doucet C. Reported radiation overexposure accidents worldwide, 1980-2013: A systematic review. PLoS One. 2015;10 (3) :1-26.

2. Zakari N, Ida TA, Dominique B, Issaka S, Bintou Z, Rabiou C. Évaluation des connaissances des praticiens sur la radioprotection des patients au Burkina Faso 2017 ; 9 (3) :101-5.

3. Paolicchi F, Miniati F, Bastiani L, Faggioni L, Ciaramella A, Creonti I, et al. Assessment of radiation protection awareness and knowledge about radiological examination doses among Italian radiographers. Insights Imaging. 2016 ; 7 (2) : 233-42.

4. Aubert B, Lefaure C. Peut-on optimiser la radioprotection des travailleurs dans le domaine médical ? J Radiol. 1998; 79 : 307-312.

5. Cordoliani Y- S, Boyer B. Chapitre XI : Doses délivrées au patient en scanographie (scanner). Feuill Radiol. 2004 ; 44 (2) :139-45.

6. Nénot J-C. Radioprotection et faibles doses. Rev Générale Nucléaire. 1996; (6) : 5-8.

7. Résumés des conférences JRANF 2016 : conférences 16 & 17. JAIM. 2016; 8 (2) : 46-56.

8. Loi n° 2017-29 du 15 Mars 2018 portant sûreté radiologique et sécurité nucléaire en République du Bénin.

9. Décret n°2019-397 du 06 Septembre 2019 portant approbation des statuts de l'Autorité nationale de sûreté radiologique et de radioprotection

10. Décret n°2019-573 du 24 Décembre 2019 portant nomination des membres du Conseil de surveillance de l'Autorité nationale de sûreté radiologique et de radioprotection.

11. ASN. Arrêté du 23 mai 2019 portant homologation de la décision n°2019-DC-0667 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 18 avril 2019 relative aux modalités d'évaluation des doses de rayonnements ionisants délivrées aux patients lors d'un acte de radiologie. J Off la République Française. 2019

12. Bibbo G, Piotto L. Background ionising radiation: a pictorial perspective. Australas Phys Eng Sci Med. 2014 ; 37 (3) : 575-81.

13. Gambini DJ. Notions de dosimétrie. J Radiol. 2010 ; 91 (11 C2) : 1189-91.

14. Coradin D. Les grands principes de la radioprotection. La Rev l'Infirmière. 2016 ; 65 (220) : 49-50.

15. Cordoliani Y-S. Niveaux de référence, guide des procédures et guide des indications des examens d'imagerie. Feuill Radiol. 2004 ; 44 (3) : 215-21.

16. Gambini DJ. Bases physiques. J Radiol. 2008 ; 89 (10) :1242.

17. Ongolo-Zogo P, Mpeke Mokubangele C, Moifo B, Gonsu Fotsin J. Evaluation de la dose patient en scanographie pédiatrique dans deux hôpitaux universitaires à Yaoundé Cameroun. Radioprotection. 2012; 47 (4): 533-42.

18. Moifo B, Kamgnie M Ndeh, Fointama N Fuh, Tambe J, Tebere H, Fotsin J Gonsu. Évaluation de la conformité des demandes d'examens d'imagerie médicale : une expérience en Afrique subsaharienne. Médecine et Santé Tropicales 2014 ; 24 : 392-396.

19. Moifo B, Ndeh Kamgnie M, Ninying Fuh F, Zeh OF, Tebere H, Jr Mouliou

TJ, et al. Pertinence des Indications d'examens d'Imagerie Médicale à Yaoundé - Cameroun . Health Sci Dis. December 2013;14 (4): 1-8.

20. Jankowski A, Ferretti G. Volumetric computed tomography: Principles, parameters. Rev Mal Respir. 2010 ; 27 (8) : 964-9.

21. Moifo B, Tapouh JRM, Guena MN, Ndah TN, Samba RN, Simo A. Diagnostic Reference Levels of Adults CT-Scan Imaging in Cameroon: a pilot study of four commonest CT-protocols in five radiology departments. Open J Med Imaging. 2017 ; 07 (1) :1–8.

22. Ideguchi R, Yoshida K, Ohtsuru A, Takamura N, Tsuchida T, Kimura H, et al. The present state of radiation exposure from pediatric CT examinations in Japan - What do we have to do? J Radiat Res. 2018 ; 59 : 130-136.

23. Gervaise A, Teixeira P, Villani N, Lecocq S, Louis M, Blum A. Optimisation et réduction de la dose des scanners en pathologie ostéoarticulaire. J Radiol Diagnostique Interv. 2013 ; 94 (4) : 383-401.

24. Chateil J, Gautier R. Évaluer la dose efficace délivrée en radiographie conventionnelle et en tomodensitométrie. J d'imagerie diagnostique Interv . 2020 ; 2 (4) : 176-81.

25. Tchaou M, Gnakadja GN, N'timon B, Sonhaye L, Amadou A, Agoda-Koussema LK, et al. Revue des doses d'exposition et des méthodes d'optimisation en tomodensitometrie (TDM) de l'enfant au Togo. Eur Sci Journal, ESJ. 2016 ; 12 (6) : 56.

26. Adambounou K, Lawson-Evi K, Gnakadja N. et al. Imagerie tomodensitométrique dans la prise en charge médicale des enfants au Togo. J. Rech. Sci. Univ. Lomé (Togo), Série D, 2015 ; 17 (1) : 251-8.

27. N'Goan-Domoua A M, Kouame N, Zod TB et al. La tomodensitométrie

dans la prise en charge des pathologies infantiles au CHU de Yopougon. Revue int sci méd. 2013 : 15 (1) : 20-4.

28. Etard C, Aubert B, Mezzarobba M, Bernier MO. Exposure of the French paediatric population to ionising radiation from diagnostic medical procedures in 2010. Pediatr Radiol. 2014 ; 44 (12) :1588-94.

29. Konrad HS, Cerhan JR. Cumulative Doses of Ionizing Radiation. Mayo Clin Proc.2021; 94 (10) : 2011-21.

30. Bernier MO, Rehel JL, Brisse HJ, Wu-Zhou X, Caer-Lorho S, Jacob S, et al. Radiation exposure from CT in early childhood: a french large-scale multicentre study. Br J Radiol. 2012 ; 85 (1009) : 53-60.

31. Paul N'ZI, Judicael AN, Ali C, Eric S, Patricia CC, Rémi SA. Comparaison des doses délivrées aux patients lors des tomodensitométries crânio-encéphaliques dans deux centres d'imagerie à Abidjan. JAIM. 2017 ; 9 (4) :165-8.

32. Lodwick DL, Cooper JN, Adler B, Lee C, Kelleher K, Minneci PC, et al. How to identify high radiation burden from computed tomography: an example in obese children. J Surg Res . 2017 ; 217 : 54-62.

33. Garba I, Engel-Hills P, Davidson F, Tabari AM. Computed tomography dose index for head CT in northern Nigeria. Radiat Prot Dosimetry. 2015; 165 (1-4) : 98-101.

34. Foley SJ, Mcentee MF, Rainford LA. Establishment of CT diagnostic reference levels in Ireland. Br J Radiol. 2012 ; 85 (1018) : 1390-7.

35. Treier R, Aroua A, Verdun FR, Samara E, Stuessi A. Patient doses in CT examinations in Switzerland: implementation of national diagnostic reference levels. Radiat Prot Dosimetry. 2010 ; 142 (2-4) : 244-54.

36. Palorini F, Origgi D, Granata C, Matranga D, Salerno S. Adult exposures from MDCT including multiphase studies: first Italian nationwide survey. Eur Radiol. 2014 ; 24 (2) : 469-83.

37. Qurashi AA, Rainford LA, Foley SJ. Establishment of diagnostic reference levels for CT trunk examinations in thewestern region of Saudi Arabia. Radiat Prot Dosimetry. 2015 ;167 (4) : 569-75.

38. Smith-Bindman R, Moghadassi M, Wilson N, Nelson TR, Boone JM, Cagnon CH, et al. Radiation doses in consecutive ct examinations from five university of California medical centers. Radiology. 2015 ; 277 (1) :134-41.

39. Cooper JN, Lodwick DL, Adler B, Lee C, Minneci PC, Deans KJ. Patient characteristics associated with differences in radiation exposure from pediatric abdomen-pelvis CT scans: a quantile regression analysis. Comput Biol Med. 2017 ; 85 : 7-12.

40 Kostas P, Tzedakis A, Spanakis K, Papadakis AE, Hatzidakis A, Damilakis J. The effect of iodine uptake on radiation dose absorbed by patient tissues in contrast enhanced CT imaging: implications for CT dosimetry. Eur Radiol. 2018 ; 28(1) : 151-8.

41. Aschoff AJ, Catalano C, Kirchin MA, Krix M, Albrecht T. Low radiation dose in computed tomography: The role of iodine. Br J Radiol. 2017; 90 : 1-10.

ANNEXES

ETUDE DES DOSES DE RAYONNEMENTS EMIS A LA TOMODENSITOMETRIE CEREBRALE, THORACIQUE ET ABDOMINO-PELVIENNE A COTONOU

FICHE D'ENQUETE N° DATE :

Q_*	MODALITES	ITEMS	REPONSES
I. **RENSEIGNEMENTS GENERAUX**			
Q_0	Nom :		
Q_1	Prénoms :		
Q_2	Sexe :	a. Masculin b. Féminin	
Q_3	Age :		
Q_4	Poids :		
Q_5	Taille :		
Q_6	IMC (poids/taille^2) :		
Q_7	Adresse (Tél) :		
Q_8	Centre d'étude :	a. CNHU-HKM b. HIA c. CRES	
Q_9	Indication :		
Q_{10}	Diagnostic :		
II. **CARACTERISTIQUES DE L'EXAMEN**			
Q_{11}	Prescripteur :		
Q_{12}	Statut du prescripteur :	a. Étudiant b. Médecin généraliste c. Médecin spécialiste (préciser) d. Autres (préciser)	
Q_{13}	Type d'examen :	a. Crane b. Thorax c. Abdomen	

		d. Pelvis	
III. **PARAMETRES ET INDICES**			
Q_{14}	Type d'acquisition :	a. Hélicoïdal b. Séquentiel	
Q_{15}	Nombre d'acquisition (s) :		
Q_{16}	IPDC :	a. Oui b. Non	
Q_{17}	Tension (kV) :		
Q_{18}	Charge (mAs) :		
Q_{19}	Épaisseur des coupes (mm) :		
Q_{20}	Pitch (cm) :		
Q_{21}	IDSV (mGy) :		
Q_{22}	PDL (mGy.cm) :		
Q_{23}	DE (mSv) :		

TABLE DES MATIERES

DEDICACES ET REMERCIEMENTS i

HOMMAGES vi

LISTE DES ABREVIATIONS ix

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES xii

LISTE DES TABLEAUX xiii

LISTE DES FIGURES xvi

SOMMAIRE xvii

INTRODUCTION 1

1. GENERALITES 5

1.1. QUELQUES CONCEPTS 6

1.2. RAYONNEMENT IONISANT 7

1.2.1. Définition 7

1.2.2. Modalités d'exposition 8

1.2.3. Effets biologiques des rayonnements 8

1.3. RADIOPROTECTION 9

1.3.1. Définition 9

1.3.2. Principes 9

1.3.2.1. Justification 10

1.3.2.2. Optimisation 10

1.3.2.3. Limitation 11

1.3.3. Règles de prescription des examens d'imagerie 13

1.4. TOMODENSITOMETRIE 16

1.4.1. Définition 16

1.4.2. Paramètres techniques 16

1.4.2.1. Formation de l'image 16

1.4.2.2. Différents types d'acquisition 19

1.4.2.3. Qualité d'image 20

1.4.2.4. Autres paramètres techniques 22

1.5. DOSIMETRIE 23

1.5.1. Définition 23

1.5.2. Grandeurs de mesure 23

1.5.3. Facteurs influençant la variation des doses 28

1.6. NIVEAUX DE REFERENCE DIAGNOSTIQUES 32

1.6.1. Définition 32

1.6.2. But 33

1.6.3. Elaboration 35

2. CADRE ET METHODES D'ETUDE 40

2.1. CADRE D'ETUDE 41

2.1.1. Centre National Hospitalier Universitaire - Hubert Koutoukou MAGA (CNHU-HKM) de Cotonou. 41

2.1.1.1. Infrastructures et Matériel 42

2.1.1.2. Ressources humaines 43

2.2. METHODES D'ETUDE 44

2.2.1. Type et période d'étude 44

2.2.2. Population d'étude 44

2.2.2.1. Critères d'inclusion 44

2.2.2.2. Critères de non inclusion 44

2.2.2.3. Critères d'exclusion 44

2.2.3. Echantillonnage 44

2.2.4. Collecte de données 45

2.2.4.1. Equipe de collecte 45

2.2.4.2. Matériel de collecte 45

2.2.4.3. Déroulement de la collecte 45

2.2.5. Variables étudiées 47

2.2.5.1. Variables qualitatives 47

2.2.5.2. Variables quantitatives 47

2.2.6. Analyse statistique 49

2.2.7. Aspects éthiques 50

2.2.8. Difficultés rencontrées 50

3. RESULTATS 51

3.1. Caractéristiques de la population d'étude 52

3.1.1. Répartition des examens tomodensitométriques 53

3.1.2.1. Age 53

→ Chez l'adulte 53

→ Chez l'enfant 54

3.1.2.2. Sexe 55

3.1.3. Caractéristiques physiques des patients 55

3.1.3.1. Chez l'adulte 56

3.1.3.2. Chez l'enfant 57

3.2. Indications cliniques 57

3.2.1. Scanner cérébral 58

3.2.2. Scanner thoracique 59

3.2.3. Angioscanner thoracique 60

3.2.4. Scanner abdomino-pelvien 61

3.2.5. Scanner thoraco-abdomino-pelvien 62

3.2.6. Statut du prescripteur 62

3.2.7. Justification des prescriptions 63

3.3. Paramètres d'acquisition 63

3.4. Données dosimétriques 63

3.4.1. Indices dosimétriques par acquisition 64

3.4.1.1. Chez l'adulte 64

3.4.1.2. Chez l'enfant 64

3.4.2. Indices dosimétriques pour un acte complet 65

3.4.2.1. Chez l'adulte 65

3.4.3.1. Chez l'adulte 67

3.5. Evaluation dosimétrique 68

3.5.1. Par rapport aux Niveaux de Référence Diagnostiques 68

3.5.1.1. Chez l'adulte 68

3.5.1.2. Chez l'enfant 69

3.6. Facteurs physiques et techniques 69

3.6.1. Indice de masse corporelle chez l'adulte 69

3.6.2. Poids chez l'enfant 70

3.6.3. Injection de produit de contraste iodé 71

4. DISCUSSION 74

4.1. Validité des résultats 75

4.2. Atteinte des objectifs 75

4.3. Commentaires et discussion des résultats 76

4.3.1. Caractéristiques de la population d'étude 76

4.3.2. Profil sociodémographique 77

4.3.2.1. Age 77

4.3.2.2. Sexe 77

4.3.3. Caractéristiques physiques des patients 78

4.3.4. Indications cliniques 78

4.3.5. Justification des prescriptions 79

4.3.6. Paramètres d'acquisition 79

4.3.7. Evaluation dosimétrique 80

4.3.7.1. Par acquisition 80

4.3.7.2. Pour un acte complet 82

4.3.7.3. Dose efficace 82

4.3.8. Facteurs physiques et techniques influençant 83

4.3.8.1. Indice de masse corporelle chez l'adulte 83

4.3.8.2. Poids chez l'enfant 83

4.3.8.3. Produit de contraste iodé 84

CONCLUSION 85

SUGGESTIONS 87

REFERENCES 89

ANNEXES ..... A

TABLE DES MATIERES ..... a

SERMENT D'HYPOCRATE

Devant le peuple béninois et en présence des maîtres de cette faculté, de mes chers condisciples, devant l'effigie d'Hippocrate, je promets et je jure, au nom de l'être suprême, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine.

Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail. Je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires. Admis à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me sont confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime. Je ne permettrai pas que les considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Je garderai le respect absolu de la vie humaine dès la conception. Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.

Respectueux et reconnaissant envers les maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs parents. Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois couvert d'opprobres et méprisé de mes confrères si j'y manque.

Je le jure.

LE PRESIDENT DU JURY

LE DOYEN

VU ET PERMIS D'IMPRIMER

LE RECTEUR DE L'UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI

RESUME

Introduction : Le secteur médical a connu une rapide croissance de l'utilisation de rayonnements ionisants, avec une référence particulière à la tomodensitométrie. En termes de radioprotection, les principes de base sont : la justification des activités, l'optimisation des expositions et la limitation des doses d'exposition individuelle, valables aussi bien pour les patients que le personnel. La connaissance des doses délivrées en tomodensitométrie est une obligation légale et un impératif de bonne pratique. Plusieurs organisations notamment l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (AIEA), à travers la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) œuvrent dans le cadre de la radioprotection, Néanmoins en Afrique, la radioprotection est préoccupante en raison du non-respect des lois et règlements établis. Au Bénin, il est créé à cet effet, une autorité de réglementation des pratiques et activités utilisant les rayonnements ionisants, dénommée Autorité Nationale de Sûreté Radiologique et de Radioprotection (ANSR).

Objectif : Etudier les doses de rayonnements émis à la tomodensitométrie cérébrale, thoracique et abdomino-pelvienne au CNHU-HKM de Cotonou.

Méthodes : Il s'agissait d'une étude transversale à collecte prospective ; à visée descriptive et comparative. Elle s'est déroulée d'Aout 2019 à Janvier 2020, soit une période de six (06) mois. Un recensement exhaustif des scanners explorant le crâne, et/ou le tronc réalisés avec ou sans injection de produit de contraste.

Résultats : Durant notre période d'étude, 2788 examens tomodensitométriques ont été réalisés, 1150 ont été retenus dont 1046 (91,0%) chez l'adulte et 104 (9.0%) chez l'enfant. Les TDM ont été majoritairement réalisés chez des patients adultes en surpoids (38,6%) et, chez des enfants dont le poids est supérieur à 50 kgs (30,8%). La majorité des examens réalisés dans les deux populations était justifiée quel que soit l'étage exploré. Chez l'adulte, les valeurs du 75^{e} percentile de l'IDSV et du PDL n'étaient pas conformes dans respectivement 59,7% et 58,4% des cas. La dose efficace moyenne pour un scanner cérébral est de 3,2 mSv chez l'adulte, et de 7,5 mSv chez les enfants de 10 à 18 ans. Une variation des doses est observée selon l'indice de masse corporelle chez l'adulte, et le poids chez l'enfant.

Conclusion : Notre étude a révélé une prédominance de l'activité tomodensitométrique chez les sujets obèses aussi bien chez l'adulte que chez l'enfant. La majorité des examens réalisés était justifiée. Les valeurs du 75^{e} percentile des indices dosimétriques (IDSV, PDL) étaient supérieures aux niveaux de référence diagnostiques établis par l'Autorité de Sureté Nucléaire en 2019. Les doses d'exposition variaient en fonction de plusieurs facteurs dont l'indice de masse corporelle chez l'adulte et le poids chez l'enfant.

Mots clés : Tomodensitométrie, rayonnement ionisant, doses d'exposition, Bénin.

ABSTRACT

Background: The medical sector has experienced rapid growth in the use of ionizing radiation, with particular reference to computed tomography. In terms of radiation protection, the basic principles are: justification of activities, optimization of exposures and limitation of individual level exposure, valid for both patients and staff. Knowledge of the level exposure delivered by CT-scan is a legal obligation and an imperative of good practice. Several organizations, in particular the International Atomic Energy Agency (IAEA), through the International Commission on Radiological Protection (ICRP) work within the framework of radiation protection. In Africa, radiation protection is worrying because of the non-compliance with established laws and regulations. In Benin, a regulatory authority for practices and activities using ionizing radiation is created, called the National Authority for Radiological Safety and Radiation Protection (ANSR).

Objective: Study the radiation doses emitted by cerebral, thoracic and abdomin-pelvic CT scans at the CNHU-HKM in Cotonou.

Methods: This was a cross-sectional study with prospective collection; for descriptive and comparative purposes. It took place from August 2019 to January 2020, a period of six (06) months. An exhaustive census of scanners exploring the skull and / or the trunk performed with or without injection of contrast product.

Results: About 2788 CT scans were included, with 1046 (91.0%) in adults and 104 (9.0%) in children. CT scans were mainly performed on overweight adult patients (38.6%) and, in children whose weight is more than 50 kgs. Most of examinations performed in the two populations were justified regardless of the level explored. In adults, the 75th percentile values of IDSV and PDL were not consistent in 59.7% and 58.4% of cases, respectively. The average effective dose for a brain scan was 3.2 mSv in adults, and 7.5 mSv in children 10-18 years of age. A variation in doses is observed according to the body mass index in adults, and weight in children.

Conclusion: Our study revealed a predominance of CT activity in obese subjects in both adults and children. The majority of the examinations carried out were justified. The 75th percentile dosimetry index values (CTDI vol, DLP) were higher than the diagnostic reference levels established by the Nuclear Safety Authority in 2019. The level exposure varied depending on several factors including the body mass index in the adult and the weight in children.

Keywords: Computed tomography, ionizing radiation, exposure doses, Benin.