N°...107……

UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI (UAC)

ECOLE DOCTORALE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR « ED-SDI »

MASTER DE RECHERCHE EN RADIOBIOLOGIE-RADIOPROTECTION

……..

RAPPORT DE STAGE

Pour l'obtention du Diplôme de Master de Recherche en

Radiobiologie-Radioprotection

THEME :

Analyse des aberrations chromosomiques radio induites par un examen de tomodensitométrie abdomino-pelvien de patients pédiatriques à l'hôpital Yalgado Ouédraogo

Sous la direction de :

Dr. DOSSOU Julien

Maître de Conférences des Universités
CAMES

Présenté par :

KALAGA Issoufou

Co-Superviseur :

Dr. M'KACHER Radhia

Directrice de Recherche

Hôpital Paul de Brousse France

Défendu publiquement le 20/12/2021, devant le jury composé de

Président : Pr. Dr Ir. Guy Apollinaire MENSAH, Directeur de Recherche, INRAB

Examinateur 1 : Pr. Dr Hyacinthe AHISSOU, Professeur Titulaire, UAC

Examinateur 2 : Pr. Dr Nicodème CHABI, Professeur Titulaire, UAC

Rapporteur : Dr Julien Dossou, Maître de Conférences, UAC

Laboratoire Cells & Environement (France)

LISTE DES ENSEIGNANTS

Titre / Prénom(s)	Nom(s)	Matières Enseignées
Pr. Léonard	FOURN	Epidémiologie des cancers Bio statistiques
Pr. Isidore	SOSSA ZOHOUN	Hématologie et Oncologie
M. Edmond	MONOTE	Informatique Générale
Pr. Hyacinthe	AHISSOU	Chimie sous Rayonnements
Dr Vincent	MASSOLOKONON	Histologie des tissus irradiés
Pr. Delphin O.	KOUDANDE	Animaux de Laboratoire
M. Bienvenu	OLLORY	Anglais Scientifique
Pr. Guy Apollinaire	MENSAH	Méthodologie de Recherche
Pr. Anatole	LALLEYE	Cytogénétique conventionnelle et Cancer
Dr. Julien	DOSSOU	Propriétés Physique des rayonnements ionisants, Radiotoxicologie et Contamination nucléaire, Réparations des lésions de l'ADN et Réparatose, Radiosensibilité et Courbe de survie cellulaire
Dr. Radhia	M'KHACHER	Cytogénétique avancée et Dosimétrie biologique
Expert AIEA s/c		
Dr. Julien	DOSSOU	Radioprotection

DEDICACE

Je dédie affectueusement ce mémoire :

A ma mère :

Toi qui es aujourd'hui malade, tu es pour moi une source intarissable d'amour, de confiance et de réconfort. Tu as tout sacrifié pour moi.

Tes conseils et ton dévouement n'ont jamais fait défaut pour ma réussite. Ce travail est le fruit de ta bravoure. Toujours couchée, de suite de maladie. Je prie Allah que tu recouvres ta santé jamais égalée afin de profiter du fruit de tes longues années de souffrance. Merci à toi Maman.

A mon père :

A travers toi, père, j'ai appris le travail bien fait. Toi qui m'as mis à l'école, toi qui m'as appris à me battre. Tu es une source intarissable d'amour et de réconfort. Tes conseils et ton dévouement n'ont jamais fait défaut. Ce travail est le fruit de tes efforts constants. Je prie Dieu qu'il t'accorde longue vie et plein de Santé afin que tu puisses profiter de ces longues années de souffrance.

Merci à toi PAPA, pour tous les efforts consentis.

A mon épouse :

Ton soutien nuit et jour a été d'un grand apport dans la réalisation de ce travail. Je te remercie du fond du cœur.

A mes enfants Yahaya et Rahinatou :

Je sais combien vous êtes précieux pour moi. Ce travail est le couronnement de plusieurs années de dur labeur. Je souhaite que vous fassiez mieux que moi.

REMERCIEMENTS

Ce travail de recherche aussi modeste soit-il, ne saurait se réaliser sans le concours de responsables de structures, de personnes qui se sont investi de près ou loin. C'est le lieu pour moi, de leur adresser toute ma reconnaissance et mes sincères remerciements à tous. Particulièrement :

A mon très cher maitre le **Dr Julien DOSSOU**, Maître des Conférences des Universités du CAMES**,** Directeur de ce rapport de stage, Coordonnateur du Master pour les orientations et les conseils dans le cadre de cette formation. Malgré, les conditions difficiles liées aux ressources humaines, matérielles et techniques, un effort est consenti. Je vous témoigne toute ma profonde gratitude.

A **Dr M'KACHER Radhia**, Enseignante, Directrice de recherche, Laboratoire Cell & Environment DNA damage R&D à Paris-Sud en France, qui a accepté m'encadrer et analyser mes échantillons à titre gracieux. Je suis reconnaissant des efforts que vous avez consentis à mon endroit.

Au Personnel et enseignants de l'Ecole Doctorale des Sciences de l'Ingénieur « ED-SDI »

Au **Professeur Antoine VIANOU**, directeur de l'école doctorale pour m'avoir accepté en tant qu'étudiant dans votre école. Vos conseils et vos orientations dont nous avons bénéficiés ont permis de répondre à nos préoccupations de la formation. Je suis énormément heureux et je ne saurai vous témoigner cette reconnaissance.

Au **Dr Macaire AGBOMAHEMA**, Enseignant à l'école doctorale, de par son implication personnelle, sa détermination constante, ses conseils et orientations. Vous avez été d'un grand apport pour nous.

A la secrétaire **Mme Nathalie AHOMADIKPOHOU**. J'en suis reconnaissant.

Au Personnel du service d'Imagerie Médicale du CHU-YO.

Au **Professeur Rabiou CISSE**, Chef de service de l'Imagerie Médical qui dès les premières heures m'a accepté volontiers dans son service pour effectuer mon stage et collecter mes données. Toute ma reconnaissance et ma profonde gratitude.

Au **Professeur Ousséini DIALLO,** merci pour les conseils, encouragements et la facilité dont vous avez fait montre.

A **Monsieur Zouli Amadou OUERAOGO**, Major du service de scanner. Merci pour l'accompagnement malgré les difficultés.

Au Personnel du service de la Médecine Nucléaire du CHU-YO.

Au **Dr Luc BAMBARA**, physicien Médical, qui malgré votre emploi de temps chargé, m'a fait preuve de disponibilité et accepté personnellement de m'encadrer. Je m'excuse pour mes multiples dérangements. N'eut été votre apport cette étude saurait être très difficile pour moi. Que le seigneur vous comble de ses innombrables bienfaits.

Au Dr SAWADOGO Patindoilba Marcel, Pharmacien Parasitologue, qui a accepté superviser nos prélèvements et au conditionnement à l'expédition en France au niveau du Centre de prélèvement sanguin de l'hôpital Yalgado. Que Dieu vous bénisse.

Au Personnel du Laboratoire National de Santé publique (LNSP).

A **Monsieur le Directeur Généra**l. Votre accompagnement en prêt et lecture de dosimètres Thermoluminescents a été d'un très grand apport pour ce travail. Merci de l'inestimable soutien dont j'ai bénéficié.

A **Madame la Directrice de la Toxicologie, du Contrôle de l'Environnement et de l'Hygiène Publique du LNSP (DTCE/HP)** pour m'avoir fait preuve de confiance, de disponibilité à m'accompagner lorsque j'ai exprimé le besoin des dosimètres Thermoluminescences(TLD). Votre soutien restera inoubliable pour moi.

A **Monsieur Arouna Zoungrana,** Chef de Service de Radioprotection, qui n'a ménagé aucun effort pour la lecture et la résolution de mes préoccupations. Je vous exprime toute ma reconnaissance pour le soutien.

A tous les enseignants de la formation et amis ! Je vous dis sincèrement Merci.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Schéma illustratif du pouvoir de pénétration des rayonnements ionisants..... 10
Figure 2 : Schéma illustratif des actions directe et indirecte des radiations ionisantes sur l'ADN..... 14
Figure 3 : Chromosome dicentrique accompagné de son fragment acentrique (coloration au Giemsa). 16
Figure 4 : Visualisation de télomère centromère. Marquage télomère-centromère(IRPA, 2018)..... 16
Figure 5 : Translocations de chromosomes détectés par FISH (AIEA, 2011)..... 17
Figure 6 : Aberrations chromosomiques détectées (M'Kacher et *al*., 2014) 18
Figure 7: Forte Exposition au Rayons X (Cours National Radioprotection Cotonou 2017)20
Figure 8 : Source en contact ou très proche. (Cours National Radioprotection Cotonou 2017)..... 20
Figure 9 : Scanner (64) barrettes CHU-YO (Photo itel 1516 02/04/ 2018) 25
Figure 10 : Colis UN 3373 du /10/11/2018..... 28
Figure 11 : Mesures par les TLD (Photo itel 1508 du 09/11/2018) Dosimètres..... 31
Figure 12 : Répartition des patients en fonction de la tranche d'âge de référence..... 34
Figure 13 : Aberrations chromosomiques dénombrées (M'Kacher, 2018)..... 38
Figure 14 : Corrélation entre aberrations chromosomiques et la dose physique relevée.... 40

LISTE DES TABLEAUX.

Tableau 1 : Quelques rayonnements ionisants et leurs caractéristiques..... 10
Tableau 2 : Effectifs du personnel en 2018..... 24
Tableau 3 : Matériel du Service d'Imagerie Médicale en 2018 24
Tableau 4 : Caractéristique de l'appareil du scanner 26
Tableau 5 : Tableau clinique des patients ayant subi une TDM abdomino-pelvienne selon l'âge et sexe 34
Tableau 6 : Répartition des PDLs moyen (mGy/cm) selon l'âge des patients 35
Tableau 7 : Répartition des PDLs cumulés (mGy/cm) selon l'âge de référence des patients36
Tableau 8 : Doses de référence selon l'âge de référence des patients en rapport avec les doses physiques relevées à la console et des dosimètres TLD..... 37
Tableau 9 : Fréquence des aberrations chromosomiques chez les patients pédiatriques avant la TDM 38
Tableau 10 : Fréquence des aberrations chromosomique chez les patients pédiatriques après la TDM..... 39
Tableau 11 : Aberrations chromosomiques dénombrées chez les nouveau-nés et ceux de plus de 01 an après la TDM abdomino-pelvienne (synthétique)..... 39

RESUME

La pratique d'un examen de tomodensitométrie (TDM) abdomino-pelvien à l'hôpital Yalgado Ouédraogo est de nos jours un acte courant. Cependant, sa réalisation doit suffisamment tenir compte des règles de radioprotection de patients surtout lorsqu'il s'agit de la tranche d'âge pédiatrique. L'objectif de l'étude était de faire une analyse cytogénétique des aberrations chromosomiques dans les lymphocytes circulants de patients pédiatriques soumis à la TDM abdomino-pelvienne indispensable à la détermination et à la compréhension des effets cytogénétiques et des risques associés. Un échantillon de onze patients pédiatriques d'âge compris entre 0 et 14 ans a été choisi suivant un questionnaire. Les dosimètres thermoluminescents ont été utilisés afin de mesurer les doses délivrées au cours de l'examen, en confrontation avec celles relevées à la console. Le dénombrement des aberrations chromosomiques a été effectué après le marquage des télomères et des centromères. Les aberrations chromosomiques instables ont été relevées. Les prélèvements de sept patients ont pu être exploités à partir de 3557 cellules observées. Les résultats ont montré que sur 1447 cellules en métaphase analysées avant l'exposition à la TDM, 04 aberrations chromosomiques ont été dénombrées uniquement des délétions terminales. Par contre, sur 2110 cellules en métaphase analysées après l'exposition à la TDM ont été dénombrées 58 aberrations instables. Une augmentation de la fréquence des chromosomes dicentriques et des cassures double brin résultant du dénombrement a été observée. Les doses efficaces cumulées relevées ont été fortement élevées par rapport aux valeurs de doses recommandées par la CIPR (60), CIPR (103). En somme, l'étude montre un effet cytogénétique de la TDM sur les lymphocytes circulants des patients pédiatriques posant le problème des faibles doses auprès des patients jeunes avec une forte radiosensibilité.

Mots clé : TDM, dicentrique, anneaux acentrique, télomère, centromère, dose, patients jeunes.

ABSTRACT.

Abdominopelvic CT scan at examens Yalgado Ouédraogo teaching Hospital is widely used. However, its implementation must take sufficient account of the radiation protection norms of patients, especially when it comes to the pediatric age group. The objective of the study was to carry out a cytogenetic analysis of chromosomal aberrations in circulating lymphocytes from pediatric patients subjected to abdomino-pelvic CT, essential for determining and understanding cytogenetic effects and associated risks. Blood samples of eleven pediatric patients age range between 0 to 14 years was selected to answer a survey. Thermoluminescents dosimeters were used to measure the doses delivered during the examination, in comparison with that taken at the console. The scoring of chromosomal aberrations was performed after telomere and centromere staining. Unstable chromosome aberrations were noted. Samples from seven patients were used from 3557 cells observed. Before CT scan expose, 1447 metaphases cells analyzed, 04 chromosomes aberrations were counted only as terminal deletions. After CT scan exposure, 2110 metaphases cells were analyzed, 58 unstable aberrations were found. An increase in the frequency of dicentric chromosomes and double strand breaks resulting from enumeration was observed. The cumulative effective doses recorded by physical dosimetry are strongly high at the dose values recommended by the ICRP (60), ICRP (103). This study shows a cytogenetic effect of CT scan on circulating lymphocytes of pediatric patients leading the problem of low doses in young population characterized by a higher radiosensitive.

Keywords: CT scan, dicentric, acentric rings, telomere, centromere; dose, young patients.

LISTE DES SIGLES. ABREVIATIONS ET ACRONYMES.

1 Ev	**:**	1,602. 10^{-19}J
ADN	**:**	Acide désoxyribonucléique
AIEA	**:**	Agence Internationale de l'Energie Atomique
ACE (+/+)	**:**	Fragments acentrique de 04 télomères
ACE (- /-)		Fragment acentrique sans télomère
ACE (+/-)		Fragment acentrique de deux télomères
ALARA	**:**	As Low Raisonnably achieved
CDB	**:**	Cassure double brin
CEA	**:**	Commissariat à l'Energie Atomique
CHU/YO	**:**	Centre Hospitalier Universitaire-Yalgado Ouédraogo
Chr (-/-)	**:**	Délétions, Chromosome présentant deux télomères
CIPR	**:**	Commission International de Protection Radiologique
CSB	**:**	Cassure simple brin
CDTI vol	**:**	Computed Tomographie dose Index ou Index de dose volumique
DTCE/HP	**:**	Direction de Toxicologie, du Contrôle de l'Environnement et l'Hygiène Publique.
ED-SDI	**:**	Ecole Doctorale des Sciences de l'Ingénieur
EPAC	**:**	Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi
Eréf	**:**	Dose de référence
Ev	**:**	Electronvolt
FISH	**:**	Hybridation fluorescente *in situ* (FISH).
G	**:**	Guanine
Gy	**:**	Gray
Ht	**:**	Dose Equivalente
INSD	**:**	Institut National de la Statistique et de la Démographie
J	**:**	Joule
LNSP	**:**	Laboratoire National de Santé Publique
M.S.	**:**	Ministère de la Santé
mSv	**:**	milli sievert

NRD	**:**	Niveaux de Références Diagnostiques
NTIC	**:**	Nouvelle Technologie de l'information et de la Communication
NFS	**:**	Numération Formule Sanguine
IRM	**:**	Imagerie par Résonnance Magnétique
IRSN	**:**	Institut de Radioprotection et de Sureté Nucléaire
OMS	**:**	Organisation Mondiale de la Santé
PDL	**:**	Produit de Dose par la longueur
PDC	**:**	Produit de Contraste
R.I	**:**	Rayonnement ionisant
R.N.I	**:**	Rayonnement non ionisant
RX	**:**	Rayons X
SFIPP	**:**	Société Francophone d'Imagerie Pédiatrique et Prénatale
SFR	**:**	Société Française de Radiologie
SPDC	**:**	Sans Produit de Contraste.
SOGEMAB	**:**	Société de Gestion et d'Equipement de Matériels Biomédical
TLD	**:**	Dosimètre Thermoluminescence
TEL	**:**	Transfert Energy linéaire.
TDM	**:**	Tomodensitométrie

SOMMAIRE

LISTE DES ENSEIGNANTS ii
DEDICACE iii
REMERCIEMENTS iv
LISTE DES FIGURES vi
LISTE DES TABLEAUX. vii
RESUME viii
ABSTRACT. ix
LISTE DES SIGLES. ABREVIATIONS ET ACRONYMES. x
SOMMAIRE xii
INTRODUCTION 1
CHAPITRE I: CADRE THÉORIQUE DE L'ÉTUDE 4
1.1 CONTEXTE ET JUSTIFICATION 5
1.2 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE 6
1.3 QUESTIONS DE RECHERCHE 6
CHAPITRE II: GENERALITES SUR LES RAYONNEMENTS IONISANTS 7
2.1 DEFINITIONS ET CONCEPTS 8
2.2 RAPPEL SUR LES RAYONNEMENTS IONISANTS 9
2.3 DOSIMÉTRIE BIOLOGIQUE 17
2.4 EFFETS PATHOLOGIQUES DES RAYONNEMENTS IONISANTS. 19
2.5 RADIOPROTECTION DES PATIENTS 21
CHAPITRE III: MÉTHODOLOGIE 23
3.1 CADRE DE L'ÉTUDE 24
3.2 MATÉRIELS ET MÉTHODES DE l' ETUDE 25
CHAPITRE IV: RESULTATS 33
4.1 RESULTATS 34
4.2. DISCUSSION 40
4.3 SUGGESTIONS ET REGLES DE RADIOPROTECTION 44
CONCLUSION 45
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 48
ANNEXES 52
TABLE DES MATIERES 61

INTRODUCTION

La scanographie ou la tomodensitométrie (TDM) est une technique de diagnostic en imagerie médicale. Elle a été mise au point en 1971 par le chercheur Britannique Godfrey Newbold Hounsfield selon les travaux du Physicien Américain Allan Macleod Cormack.

C'est une chaîne radiologique avec un tube à rayons X et un ensemble de détecteurs disposés en couronne. L'utilisation des multi-détecteurs et l'amélioration du dispositif fait de la TDM l'un des outils le plus performant en Imagerie médicale.

Cette imagerie en coupe a révolutionné le secteur de la radiologie par sa précision, la possibilité de reconstruction des images en deux ou trois dimensions, l'économie des films, le stockage, la transmission et surtout la protection des données.

Cette évolution technologique permet non seulement l'amélioration subséquente de l'information diagnostique mais aussi une exposition des patients à des irradiations ionisantes. (P. Onglo et *al,* 2012).

Au cours de la réalisation de l'examen de la TDM, l'interaction de la matière avec les rayons X crée successivement deux évènements initiaux : l'excitation et l'ionisation dans l'atome ou les cellules de la matière. Lorsqu'il y a dommages sur l'ADN de la cellule**,** alors intervient le système de réparation. Le défaut ou l'erreur de réparation des lésions produites (cassure simple brin ou cassure double brin) sur l'ADN, crée des anomalies chromosomiques dites des aberrations chromosomiques. La reconnaissance et le dénombrement de ses aberrations chromosomiques au sein des lymphocytes circulants du sang périphérique est la technique de référence imposée par l'Agence Internationale d'Energie Atomique pour estimer la dose reçue par les noyaux de la cellule après une exposition accidentelle (AIEA, 2011) : C'est la dosimétrie biologique. Elle est un biomarqueur pour la prédiction du risque de cancer et repose sur l'analyse des chromosomes dicentriques (AIEA, 2011). Le chromosome dicentrique est l'aberration la plus sensible dans l'estimation des doses reçues.

En 1960 Bergonié et Tribondeau ont montré que la radiosensibilité d'une cellule varie proportionnellement avec sa capacité de division et inversement proportionnellement à son degré de différenciation. Du fait de la croissance de l'enfant, sa radiosensibilité est plus importante et on considère que le risque de cancer radio-induit est trois fois plus élevé entre la naissance et l'âge de dix ans qu'à l'âge adulte après une exposition aux radiations ionisantes (Tubiana, 2008).

Au Burkina Faso, l'imagerie médicale a connu un essor dans la majorité des services de santé. De l'analogie à la numérique, le Centre Hospitalier Universitaire Yalgado utilise aujourd'hui un scanner multi barrettes (64) en coupe hélicoïdale. En raison de son rôle dans le diagnostic, les prescriptions des examens au scanner ont augmenté surtout à l'endroit de la tranche pédiatrique. Cela est aussi favorisé par la politique de gratuité des soins des enfants de 0 à 5 ans et de la femme enceinte lancé par les autorités en Avril 2016.

Par contre, la radioprotection est l'ensemble des règles, des procédures, des moyens de prévention et de surveillance visant à empêcher ou à réduire les effets nocifs des rayonnements ionisants produits sur les personnes y compris les atteintes portées à l'environnement tout en permettant de les utiliser (Nikèma et *al,* 2016). Pour ce qui concerne les patients, trois grands principes sont énoncés : la justification, l'optimisation et la limitation de dose. Tout examen doit être justifié. La justification seule ne suffit pas. L'exposition doit être maintenue au niveau le plus faible possible qu'il est raisonnablement possible d'atteindre. C'est le principe « ALARA ». Elle rajoute que lors de la réalisation de l'examen les doses délivrées doivent être optimales et régulièrement évaluées en confrontation aux Niveaux de Références Diagnostiques(NRD)**.** Ceux-ci ne doivent donc pas être dépassés sans justification. Les normes et standards internationaux et les cadres règlementaires européens (Conseil de l'union européenne, 1997) et français (M. Mabille et *al*, 2005 ; SFIPP, 2006 ; SFR, 2009 ; IRSN, 2010) exigent que les équipements, les accessoires et les procédures soient adaptés à la pratique de l'imagerie pédiatrique.

Les effets biologiques de très faibles doses des examens radiologiques comme la TDM ont alimenté une discussion très rude entre les partisans des effets seuils et ceux de la présence d'une hyper-radiosensibilité dans ce domaine de faibles doses. Les avancées technologiques en microscopie comme les avancées des méthodologies de détection des faibles doses ont pu faire progresser nos connaissances dans ce problème de santé publique. La technique de détection des aberrations chromosomiques radio induites après marquage homogène (Giemsa ou Dapi) dite gold standard ne pourrait pas être utilisée dans la détection des effets de TDM. L'introduction de marquage des télomères et des centromères dans les études cytogénétiques liées à des expositions aux radiations ionisantes a permis une identification très précise des aberrations dénombrées mais aussi a augmenté la sensibilité de la technique. Les aberrations chromosomiques radio induites après exposition à une TDM ont été évaluées à l'aide de cette technique.

Le problème qui préoccupe est d'identifier les éventuels risques liés à la réalisation d'une TDM abdomino-pelvienne à l'hôpital Yalgado en rapport avec les doses administrées dans l'optique du respect des règles de radioprotection du patient.

Nous nous proposons donc d'évaluer les aberrations chromosomiques dans les lymphocytes circulants de patients pédiatriques exposés de suite des examens de TDM abdomino-pelviens en confrontation les doses administrées et de la dosimétrie passive.

CHAPITRE I: CADRE THÉORIQUE DE L'ÉTUDE

1.1 CONTEXTE ET JUSTIFICATION

Le Burkina-Faso est un pays enclavé situé au cœur de l'Afrique de l'ouest. En 2018 sa population est estimée à 17.860.386 habitants. Les enfants de 0-14 ans sont estimées à 44.95% (*Sources Banque Mondiale, 2017*). Selon Institut National de Statistique et de Développement (INSD), la croissance de la population burkinabé est estimée à 6% par an. Cette forte croissance implique nécessairement plusieurs défis dont celui de la santé.

C'est pourquoi, le Ministère de la Santé à travers la SOGEMA-B (Société de Gestion et d'Equipement de Matériels Biomédicaux) a doté le CHU/YO en 2014 d'un nouvel appareil de scanner 64 barrettes de Marque Siemens. Son objectif est d'assurer une meilleure prise en charge des patients mais aussi et surtout de relever le plateau technique des soins. Cet appareil moderne utilise des Rayons X pour réaliser les images de tomodensitométrie. Cette technique est de plus en plus sollicitée par les cliniciens, du fait notamment de sa précision, de l'amélioration de la définition de ses images multicoupes apportées.

Cependant, en dépit de ces multiples avantages, le scanner irradie bien plus que la radiographie standard. Une TDM abdomino-pelvienne correspond à 240 clichés d'examens thoraciques standards avec une équivalence d'exposition naturelle de 5 ans (Hôpitaux pédiatriques de NICES 22/03/2013). En France, par exemple, 7 à 8% d'actes scanographiques représentent 36 à 40% de dose efficace délivrée par rapport aux expositions médicales (BEH, no 15-16/2006). Par ailleurs, la plus longue espérance de vie des enfants et leur plus grande susceptibilité accroit le risque de survenue des effets délétères des radiations ionisantes quand l'exposition survient au cours de la première décade de la vie (IAEA, 2011 ; Geleijns, 2010; Valentin, 2007).

Or, l'effet délétère le plus redouté est le cancer radio-induit. Au Burkina Faso, le cancer constitue une préoccupation nationale. En effet, il est la troisième cause de mortalité dans le pays (Plan Cancer 2013-2017). En 2012, Tuina H. rapportait que sa prévalence est non connue, mais 1669 cas de cancer de l'enfant ont été notifiés dans les structures hospitalières. Au niveau du ministère de la santé, un plan national de lutte contre le cancer a été élaboré pour la période 2013-2017. Par ailleurs, ce plan rapporte que l'état consacre chaque année, 60% de son budget des évacuations sanitaires à l'évacuation pour le diagnostic, le traitement et le suivi des malades cancéreux. Ce même

rapport cite les rayonnements ionisants comme autres facteurs favorisant l'apparition du cancer.

En outre, très peu de travaux de recherche se sont penchés sur les effets probables radio-induits des rayonnements ionisants particulièrement sur les enfants dans notre pays. Encore moins sur ceux observés auprès des tranches pédiatriques de 0 à 14 ans. Cette étude vise, à quantifier les aberrations chromosomiques radio-induites probables après un examen de TDM abdomino-pelvienne chez l'enfant. Au demeurant, sensibiliser les prescripteurs, les professionnels des services d'imagerie médicale à plus de respect, des règles de radioprotection des patients. Mieux, cette approche va apporter plus de connaissances sur les effets radio-induits dans le cadre de nos pratiques d'imagerie à l'hôpital Yalgado Ouédraogo. Alors, la réalisation d'une TDM abdomino-pelvienne sur un patient pédiatrique causerait-t-il des aberrations chromosomiques ? Quelles seraient les mesures de radioprotection à respecter dans le cas du CHU-YO pour réduire les doses délivrées au cours d'un examen de TDM abdomino-pelvienne.

1.2 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

❖ Objectif général

Analyser les aberrations chromosomiques radio-induites dans les lymphocytes circulants de patients pédiatrique soumis aux examens de TDM abdomino-pelviennes.

❖ Objectifs spécifiques

- Dénombrer les différents types d'aberrations chromosomiques radio-induites dans les lymphocytes circulants de patients pédiatriques admis au service d'imagerie médicale pour une TDM abdomino-pelvienne.
- Etablir la corrélation entre l'exposition de la dose physique émise et l'apparition de aberrations chromosomiques radio-induites.
- Déterminer les risques associés au cours de la réalisation d'une TDM abdomino-pelvienne.

1.3 QUESTIONS DE RECHERCHE

La réalisation d'une TDM abdomino-pelvienne cause-t-elle des aberrations chromosomiques détectables chez nos patients pédiatriques ?

Quelle est la corrélation entre l'apparition des aberrations chromosomiques et les doses reçues par les patients pédiatriques après une TDM abdomino-pelvienne ?

Quels sont les risques probables associés lors de la réalisation d'une TDM abdomino-pelvienne pour patients pédiatriques ?

CHAPITRE II: GENERALITES SUR LES RAYONNEMENTS IONISANTS

Préambule

L'examen de la TDM dont l'objectif est de poser un bon diagnostic pour une meilleure prise en charge du patient peut se révéler catastrophique lorsque les mesures de radioprotection ne sont pas respectées. Le but de ce chapitre est de faire la synthèse de nos connaissances sur les rayonnements ionisants (RI) avec leurs effets sanitaires radio-induits.

2.1 DEFINITIONS ET CONCEPTS

Un rayonnement est une propagation d'énergie sous forme de photons ; de particules depuis son origine. Il devient ionisant lorsque l'énergie transportée est suffisamment grande pour déloger un électron de la couche périphérique d'un atome ou d'une molécule. L'ionisation, c'est la perte (ou le gain) d'un électron. De façon classique, l'énergie seuil nécessaire pour arracher un atome d'hydrogène est de 13.6 eV.

Un rayonnement est dit « **directement ionisant** » lorsqu'il est constitué de particules électriquement chargées, d'énergie suffisante pour produire des ions en interaction avec la matière.

Un rayonnement est dit « **indirectement ionisant** » lorsqu'il est constitué de photons ou de particules non chargées électriquement, dont l'énergie est suffisante pour produire selon plusieurs types d'interactions, une ionisation de la matière.

ADN : Acide Désoxyribonucléique est une macromolécule qui transporte l'information génétique de la cellule. Il joue un rôle essentiel dans la vie d'un être vivant.

Excitation et ionisation : Ce sont deux évènements initiaux créé au passage du rayonnement dans la molécule ou dans l'atome. Ils sont tributaires de la quantité d'énergie que transportent le rayonnement et en même temps des énergies de liaison des électrons dans la molécule, de l'atome de la matière.

Effet radio-induits : Ce sont les effets provoqués par les rayonnements ionisants en traversant la matière biologique. Il provoque des troubles physico-chimiques pour aboutir à des troubles biologiques indésirables.

L'effet (selon le Petit Larousse 2016) : C'est le résultat d'une action. C'est l'ensemble des évènements créé à l'issue d'une irradiation.

Aberration chromosomique : C'est une anomalie du chromosome. Elle est produite, suite une réparation fautive d'un chromosome exposé à un agent physique ou chimique.

Cytogénétique : Elle consiste à étudier les chromosomes d'un individu à partir d'un prélèvement. Elle est soit classique ou conventionnelle, soit moléculaire.

Dosimétrie physique : C'est l'estimation de la quantité de dose absorbée à l'aide d'un dosimètre passif ou actif. Pour notre étude nous avons utilisé les dosimètres passifs Thermoluminescents(TLD) de type GR200A (Lif, Mg, Cu, P).

Dosimétrie biologique : C'est l'estimation rapide de la dose reçue par un individu après le comptage de certaines anomalies chromosomiques (dicentriques, anneaux centriques) dans au moins 500 métaphases de lymphocytes circulants. C'est une technique qui vient en complément de la dosimétrie clinique et physique. Elle a une valeur médico-légale.

Niveaux de Reference Diagnostic (NRD) : Ce ne sont pas des « limites » de doses, mais des doses recommandées en tomodensitométrie pédiatrique.

2.2 RAPPEL SUR LES RAYONNEMENTS IONISANTS

2.2.1 RAYONNEMENTS IONISANTS ET LEURS CARACTÉRISTIQUES

Chaque type de rayonnement est caractérisé par son origine atomique ou nucléaire, la variabilité de son énergie, son pouvoir d'ionisation, de sa pénétration et sa capacité à être stoppé.

Tableau 1 : Quelques rayonnements ionisants et leurs caractéristiques

Quelques rayonnements ionisants et leurs caractéristiques			
Alpha α	Nature	Spécificité	Pouvoir de pénétration
	Particules constituées de 2 protons et 2 neutrons (charge électrique positive).	Directement ionisant	Faible pouvoir de pénétration -Parcourt quelques cm dans l'air. -Arrêté par la couche cornée de la peau ou une feuille de papier
Betaβ	Electrons porteur d'une charge électrique positive ou négative	Directement ionisant	Pouvoir de pénétration limitée -Parcourt quelques m dans l'air -Arrêté par une feuille d'aluminium ou de matériaux de faible poids atomiques (plexiglas,…)
Rayons X	Photons énergétiques	Indirectement ionisants.	Pénétration importante -parcours quelques centaines m dans l'air -Traverse les vêtements, le corps. -arrêté ou atténué par les écrans protecteurs (plomb, bétons,…)
Neutronique	Neutrons	Indirectement ionisant	Pénétration importante -parcourt quelques centaines de m dans l'air -Traverse les vêtements et le corps -Arrêté par des écrans de paraffine.

Source : cours histologie des tissus irradiés (Massolokonon V., 2017)

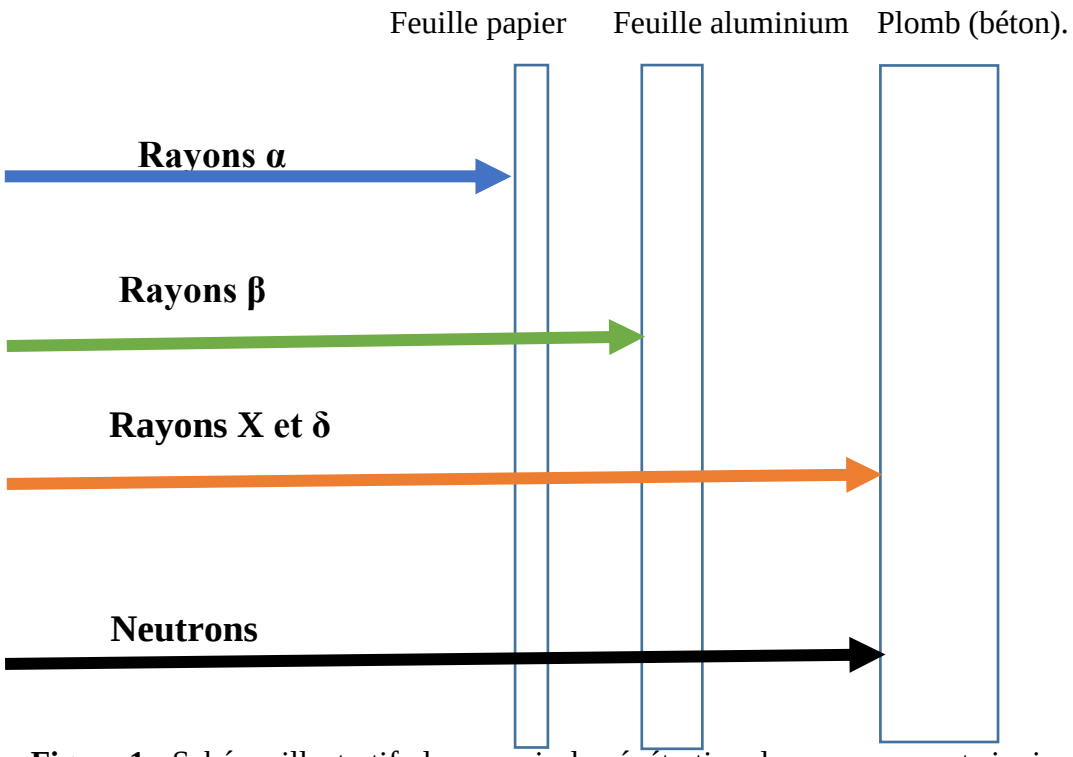

Figure 1 : Schéma illustratif du pouvoir de pénétration des rayonnements ionisants

Source : cours sur les propriétés physiques des rayonnements ionisants (Dossou J., 2017)

1.2.2 GRANDEURS DOSIMÉTRIQUES PHYSIQUES

La **dose** est la quantité d'énergie transmise par le rayonnement.

La quantification des rayonnements ionisants en dose responsable des dommages biologiques fait appel à certains nombres de grandeurs :

La dose absorbée : c'est l'énergie absorbée par unité de masse de matière. L'unité de dose absorbée est le gray (Gy) qui est égal à 1 joule par kilogramme. Une dose de $1Gy=60.10^{17}$ eV/kg correspondant à une densité d'ionisation de 2.10^{17} ionisations par kg ; soit 2.10^{5} ionisations pour une cellule de 10^{-9}.

$D = d\varepsilon /dm$.

$d\varepsilon$ est l'énergie moyenne communiquée par le rayonnement ionisant à la matière dans un élément de volume.

dm est la matière contenue dans cet élément de volume.

La dose équivalente (Ht) : A dose absorbée égale, les rayonnements produisent des effets biologiques différents. La prise en compte de l'effet biologique s'effectue en pondérant la dose absorbée dans un organe par la qualité du rayonnement. L'unité de la dose équivalente est le Sievert (Sv). On l'obtient par le calcul en multipliant la dose absorbée par un coefficient appelé facteur de pondération pour les rayonnements Wr qui varie de 1 à 20 pour les types de rayonnements.

Ht =Wr.Dt, r

Dt, r est la moyenne pour l'organe ou le tissu T de la dose absorbée du rayonnement R.

La dose efficace : Tous les organes ne sont sensibles de la même manière aux rayonnements. La notion de dose efficace est surtout utilisée lorsque l'exposition de l'organisme n'est pas homogène. C'est la somme des doses équivalentes pondérées dans tous les tissus et les organes du corps par le facteur de pondération, Wt.

2.2.3 QUELQUES PARAMÈTRES UTILISÉS EN SCANOGRAPHIE

- Le CTDI volumique (CTDI vol – volume computed tomography dose index) ou Index de dose Volumique au scanner : C'est la quantité de dose délivrée sur un volume de corps donné suivant le pitch en mode hélicoïdal. Il s'exprime en mGy.
- Le pitch correspond au nombre de pas d'acquisition. Un pitch égal un pas d'acquisition.

- Le PDL est le produit de la dose multiplié par la longueur de la région anatomique explorée. C'est un indicateur de la dose totale que reçoit le patient pendant un examen. Il s'exprime en mGy.cm.

2.2.4 MÉCANISMES DE FORMATION DES ABERRATIONS CHROMOSOMIQUES

✓ **Le choix des lymphocytes circulants.**

La région anatomique abdomino-pelvienne contient plusieurs organes : le foie, le pancréas, la rate, le gros intestin, l'intestin grêle et les organes retro péritonéaux (les reins). Tous ses organes sont exposés lors de la réalisation d'une TDM abdomino-pelvienne, mais n'ont pas la même radiosensibilité. Le tissu sanguin constitué en majorité de lymphocytes se trouve un peu partout dans l'organisme. Les lymphocytes ont tous à peu près la même radiosensibilité chez le même individu car au même stade du cycle cellulaire (blocage Go) et leur recueil est simple par prélèvement de quelques millilitres de sang veineux (Zinsou B, 2014).

✓ **Lymphocytes circulants**

Le lymphocyte est une cellule sanguine, mononucléaire appartenant à la lignée blanche ou hématopoïétique. Ils sont en majorité formés de deux types : les lymphocytes B et T. Ils sont présents un peu partout dans l'organisme humain (sang ; ganglions, lymphe, rate…..).

Son caractère circulant vient du fait de leur représentativité en pool à tous les niveaux de la circulation sanguine. La durée de vie des lymphocytes est plus ou moins longue, 500 à 1800 jours sans subir de division (Phase G0). Les lymphocytes T restent en état de quiescence et les B se divisent une fois pour détruire un pathogène (Claire, 2019).

Par ailleurs, les lymphocytes restent 30 mn dans le sang périphérique avant d'être renvoyés dans les organes. On estime qu'environ 80 % (soit 400 x 10^9) des lymphocytes appartiennent à ce pool et que le délai de recirculation est d'environ 12 heures.

En analysant donc les lymphocytes humains, on peut non seulement détecter les aberrations chromosomiques induites dans les lymphocytes du sang périphérique mais aussi celles qui ont été induites dans les lymphocytes répartis dans différents organes du corps humain (AIEA, 2013).

- ✓ **La survenue de la lésion radio-induite.**

Les rayonnements ionisants agissent sur les biomolécules soit directement, soit indirectement par l'intermédiaire des espèces réactives de l'oxygène provenant de la radiolyse de l'eau (Tubiana, 2008). Dès lors que l'ADN support de l'information génétique est exposé, une succession d'évènements physiques initiaux se produisent : l'ionisation et l'excitation. L'ionisation est l'action directe du rayonnement. Elle provoque une ionisation des composants de l'ADN suivie de rupture ou de cassure simple brin(CSB) ou double brin (CDB). Ce phénomène primaire d'ionisation se produit en quelque 10^{-16}secondes donnant des radicaux-cations ($eau^{\bullet +}$, $ADN^{\bullet +}$ ….). Dans le cas d'un rayonnement à faible transfert d'énergie linéaire ou TEL (rayons X et gamma), environ 40% des lésions sont la conséquence directe de dépôt d'énergie dans la matière biologique.

Par ailleurs, au cours de la réaction les radicaux $eaux^{\cdot +}$ peuvent interagir avec d'autres molécules proches par échange de charge en produisant toujours des radicaux $ADN^{\cdot +}$. Ces radicaux, à leur tour, peuvent provoquer également des ruptures de brins chromosomiques. C'est l'effet quasi-direct du rayonnement ionisant.

L'action indirecte se fait à travers la radiolyse de l'eau. L'espèce, la plus réactive formée par la radiolyse de l'eau est le radical OH. Le radical OH est un puissant oxydant dont son action délétère est reconnue sur les bio-organismes. Outre l'oxydation des bases pyriques et pyrimidiques de l'ADN, il peut y avoir élimination des bases donnant des sites abasiques, de ruptures simples et doubles brins et des pontages ADN/ADN ou ADN/protéines.

Elle représente 60% des lésions lors du dépôt d'énergie dans la matière. La majorité des radicaux OH***** (80 %) réagissent avec l'ADN en s'additionnant sur les doubles liaisons de bases, (20 %) va réagir avec les sucres en substituant un atome d'hydrogène, formant ainsi des radicaux en sucre.

Dans tous les cas lorsqu'il y a une irradiation provoquant des lésions moléculaires, le système de réparation intervient. La réparation peut être normale ou fautive. Plus la dose d'irradiation est élevée, plus la fiabilité et l'efficacité des systèmes de réparation diminuent (Tubiana, 2008).

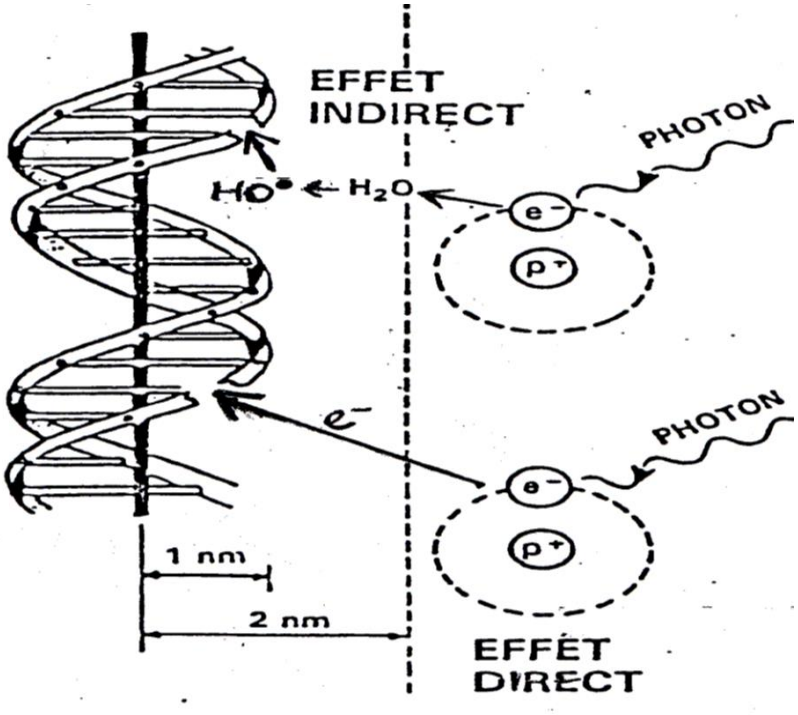

Figure 2 : Schéma illustratif des actions directe et indirecte des radiations ionisantes sur l'ADN **source :** Cours radiobiologie, radiopathologie (Michel Rossi, 2021).

2.2.5 ABERRATIONS CHROMOSOMIQUES

Une aberration chromosomique est produite lorsque deux ou plusieurs fragments double-brin sans homologie de séquence et provenant du même chromosome ou de chromosome voisin se lient par une jonction fautive (Tubiana, 2008). Ces anomalies chromosomiques peuvent être de nombre ou de structure. En effet, lorsqu'il y a lésion chromosomique (CSB ou CDB) la plupart des chromosomes se réparent par la soudure des fragments et retrouvent leur configuration initiale. Lors de cette réparation les fragments chromosomiques peuvent être échangés ou réarrangés formant ainsi des chromosomes différents des chromosomes de départ, c'est-à-dire des aberrations chromosomiques. En effet, lorsque l'irradiation intervient lors de la phase de quiescence (Go) du cycle cellulaire, elle produit des aberrations radio-induites. En outre, les aberrations deviennent chromatidiennes lorsque l'irradiation intervient pendant la phase S de synthèse de la division cellulaire. C'est la période où le chromosome se divise en chromatide. Toutefois, d'autres agents aneugène et clastogène peuvent également induire des aberrations chromosomiques. Cependant, lors de la réparation, une seule lésion non réparée de la molécule d'ADN peut conduire soit à une mort cellulaire par apoptose, soit à une mutation quelle que soit la dose surtout lorsque la lésion porte sur un gène essentiel

(de l'apoptose ou de la réparation de l'ADN). Les mécanismes qui sous-tendent la transmission des aberrations chromosomiques (AC) restent flous, malgré un important travail et des avancées technologiques majeures dans l'identification des chromosomes (M'kacher et *al,* 2014). Ces aberrations chromosomiques (AC) radio-induites sont caractérisés soit par leur stabilité, soit par leur instabilité (Kaddour, 2017).

2.2.5.1 Aberrations chromosomiques instables

Une aberration chromosomique est dite instable lorsqu'elle n'est pas transmissible au cours de la division cellulaire. Elle n'est pas compatible à la division cellulaire donc non viable. Ce sont des anomalies de la structure du chromosome.

Le chromosome dicentrique ou polycentrique (dicentrique) : ils sont issus des échanges inter chromosomiques entre deux ou plusieurs chromosomes. Les centromères s'unissent de façon asymétrique. Le dicentrique est toujours accompagné d'un fragment acentrique. A ce niveau, on peut rencontrer des aberrations centromériques issues d'un échange entre les parties centromériques de deux chromosomes cassés.

Les anneaux centriques (ring) des suites de la cassure double brin(CDB), le chromosome perd ses segments distaux, se courbe et subit un rattachement au niveau des extrémités avec un centromère. Il devient un anneau centrique. En l'absence d'un centromère de la partie, il devient anneau acentrique.

Les fragments acentriques : c'est l'absence de centromère sur aucun des parties du fragment chromosomique avec une présence des quatre télomères aux extrémités des fragments. Il est issu des Cassures simples brins ou doubles brins.

Les remaniements complexes : il s'agit d'échange entre un chromosome avec au moins trois chromosomes différents.

Il faut remarquer que les aberrations télomérique et centromérique sont bien visualisées par la technique de marquage télomère centromère mise au point par M'kacher, 2014. Mieux, cette technique visualise d'une façon précise les fragments acentriques par rapport à la coloration ordinaire Giemsa.

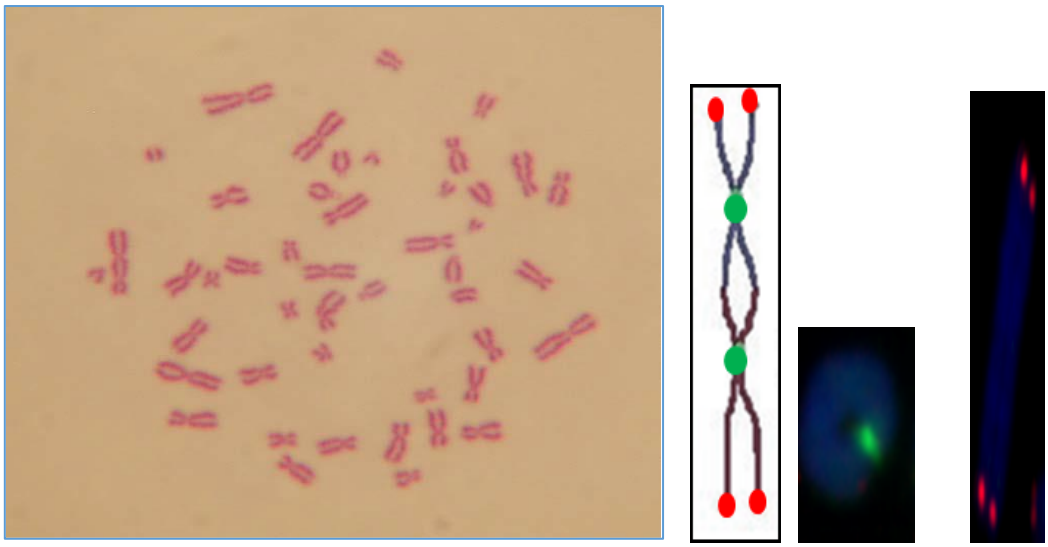

Figure 3 : Chromosome dicentrique accompagné de son fragment acentrique (coloration au Giemsa) (AEIA, 2013).

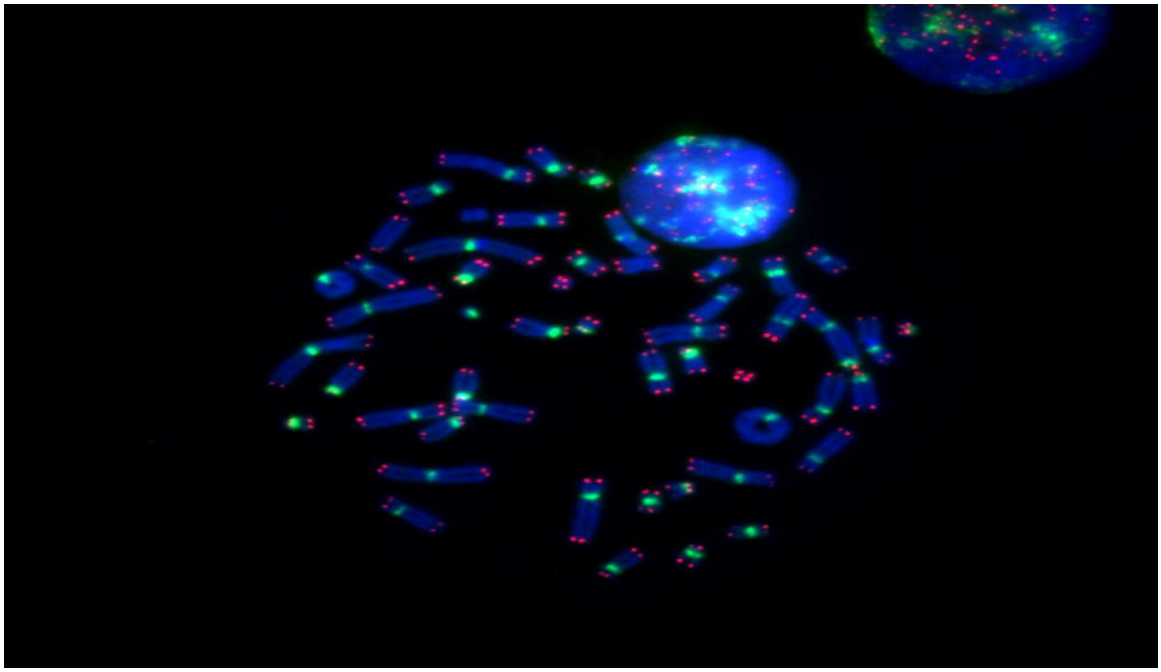

Figure 4 : Visualisation de télomère centromère. Marquage télomère-centromère (IRPA, 2018).

2.2.5.2 Aberrations chromosomiques stables

Les aberrations chromosomiques stables sont celles compatibles avec la division cellulaire. Elles peuvent être transmises. Ce sont généralement les translocations, les délétions et les inversions.

Les translocations ; elles sont soit réciproques, soit Robersoniennes. Les translocations réciproques sont issues d'échange symétrique de partie de deux chromosomes. Par contre, les translocations Robertsoniennes constituent une jonction de deux chromosomes acrocentriques au niveau de leur région centromérique.

Les délétions : elles sont caractérisées par la perte du segment distal du chromosome.

Dans le cas des faibles doses ; les délétions constituent la majeure partie des aberrations télomérique. Ce sont la perte d'un télomère, la perte de deux télomères ou le dédoublement télomérique. Au niveau des délétions, on peut y avoir des aberrations télomériques tributaires du temps et de la phase de la division cellulaire. Généralement, elles sont soit dues à une mutation de gêne, soit par une duplication.

Les inversions : elles sont issues de la séparation de la partie d'un chromosome avec ses extrémités suivi d'un retournement du fragment avec ou sans centromère.

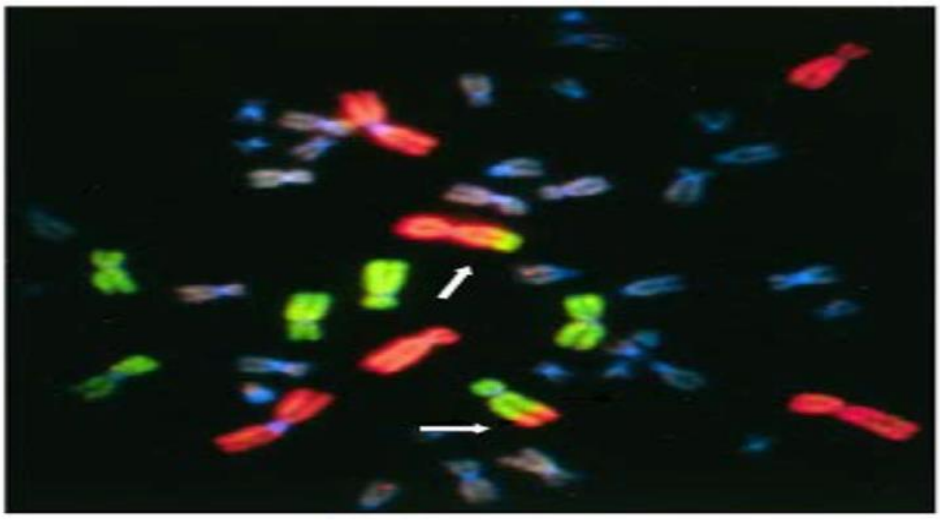

Figure 5 : Translocations de chromosomes détectés par FISH (AIEA, 2011)

2.3 DOSIMÉTRIE BIOLOGIQUE

C'est une technique d'évaluation de dose à l'aide de paramètre biologique. Elle se repose en partie sur l'évaluation des anomalies induites à l'ADN par les rayonnements ionisants (aberrations chromosomiques, foci de γH_2AX ; test des comètes ; etc…) (Bourguignon et *al*, 2016).

2.3.1 DOSIMÉTRIE BIOLOGIQUE STANDARD

Elle est basée sur l'estimation de la dose absorbée en se reportant à la fréquence mesurée par certaines aberrations, par exemple les dicentriques sur une courbe d'étalonnage correspondant à une dose moyenne absorbée par les lymphocytes (AIEA,

2011). La dose minimale détectable dépend du nombre de cellules observées et du bruit de fond de la population (1 dicentrique pour mille cellules observées). Elle est de l'ordre de 0,1 Gy, pour une irradiation récente et homogène, lorsque l'on observe 500 cellules. Elle a une valeur médico-légale.

Après une mise en culture des lymphocytes obtenus par un prélèvement de sang sur le patient pédiatrique, les aberrations chromosomiques produites par l'irradiation sont dénombrées. Au total, 500 cellules sont observées et le résultat de l'observation est reporté sur une courbe de référence établie au préalable. Une courbe de référence "dose-effet" permet d'estimer la dose absorbée au corps entier de la victime à partir de la fréquence des aberrations chromosomiques.

Il est très important de rechercher l'équilibre lymphocytaire pour avoir une bonne estimation de la dose reçue. Pour une exposition corps entier, il est atteint environ six heures. Lorsqu'elle est partielle, l'équilibre s'obtient 24h après. Si l'on prélève du sang avant ce délai, la proportion de cellules irradiées dans les échantillons risque de ne pas être représentative (AIEA, 2011).

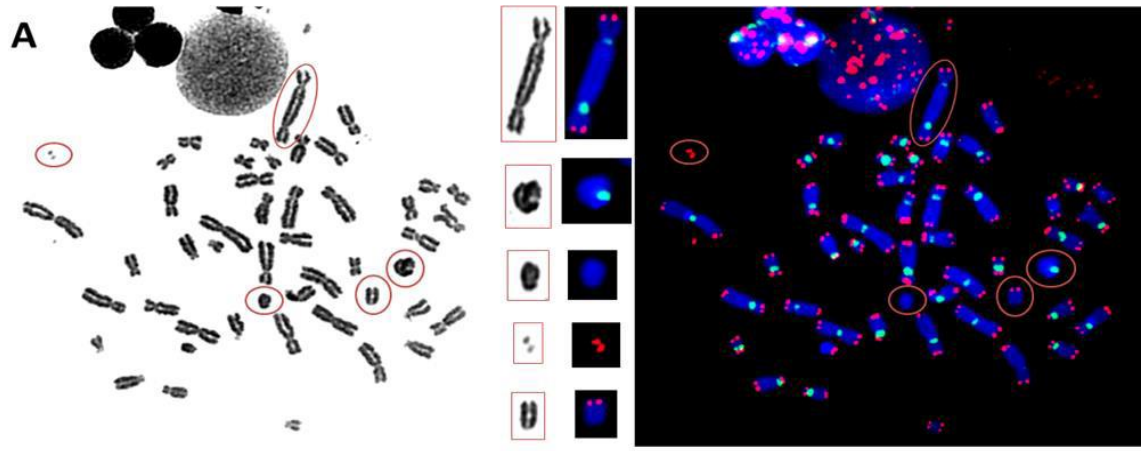

Figure 6 : Aberrations chromosomiques détectées (M'Kacher et *al*, 2014)

2.3.2 DOSIMÉTRIE CLINIQUE

Elle se limite à l'étude des signes cliniques après une exposition accidentelle de rayonnements ionisants. Ses symptômes constituent les effets déterministes. L'apparition de ses signes est fonction du débit de dose (dose seuil) et de la radiosensibilité des tissus en cause (Tubiana, 2009). Selon que l'irradiation soit partielle ou globale du corps, la phase d'état d'une irradiation aigué se divise en trois syndromes :

Un syndrome hématopoïétique caractéristique de dépression des globules blancs, des plaquettes et des globules rouges (avec une dose supérieure à 1 gray).

Un syndrome gastro-intestinal apparait pour une dose comprise entre 8-10 grays. Il s'exprime par une atteinte de la flore intestinale causant la plupart du temps une infection avec une baisse de la défense immunologique chez l'individu.

Un syndrome neuro-vasculaire apparait pour une dose au-delà de 15 gray. L'existence de troubles neurologiques (désorientation, convulsion, détresse respiratoire) doit faire craindre des doses supérieures à (15 Gray).

2.3.3 DOSIMÉTRIE BIOLOGIQUE HÉMATOLOGIQUE

Cette technique permet d'évaluer les différents éléments contenus dans un prélèvement sanguin. Elle s'intéresse à la Numération Formule Sanguine(NFS) et le prélèvement doit être fait le plus rapidement possible après l'irradiation.

2.3.4 DOSIMÉTRIE MOLÉCULAIRE

Considérée comme une nouvelle technique, elle se base sur différents marqueurs cellulaires ou moléculaires permettant de quantifier les modifications sur l'ADN. La méthode Immuno-histo-chimie est la plus souvent utilisée. En effet, lorsqu'il y a lésions chromosomiques (cassures simple ou double brins), des anticorps détectables se grippent à certains antigènes autour de la lésion créant de foyer protéinique juste après l'irradiation. Ces foyers protéiniques dénombrés sont proportionnels à la dose d'irradiation absorbée (Sorokine-Durm, Voisin, 2002).

2.3.5 DOSIMÉTRIE BIOLOGIQUE RÉTROSPECTIVE

C'est le dénombrement des aberrations chromosomiques stables détectées par la technique FISH ou M-FISH. Son avantage est la possibilité de faire une dosimétrie à distance de l'irradiation. L'estimation de la dose d'irradiation se fait sur la base des translocations observées.

2.4 EFFETS PATHOLOGIQUES DES RAYONNEMENTS IONISANTS.

L'interaction des rayonnements ionisants avec la matière a pour conséquence les effets sanitaires radio-induits. On distingue les effets déterministes et des effets stochastiques.

2.4.1 EFFETS DÉTERMINISTES

Après une irradiation aigüe, un certain nombre d'effets se manifestent obligatoirement. Ce sont les effets déterministes. Ils apparaissent une fois que la dose seuil est atteinte. Ils se caractérisent par le fait qu'ils sont :

Précoces : De quelques heures à un mois après l'exposition. Chronologiquement, apparait la fatigue comme premier signe associé à des troubles du sommeil, l'anorexie, les nausées associées à des vomissements, la fièvre etc. (IRSN, 2002). Toutefois, on peut noter des effets tardifs n'excédant pas un délai de six mois tels l'atrophie cutanée, la sténose du tube digestif ou la cataracte qui survient dans les années qui suivent l'exposition.

- L'intensité des effets augmente lorsque la dose seuil augmente (à forte dose, cela peut provoquer la mort chez l'individu exposé).
- Clairement décrits du point de vue symptomatique
- Différents selon que l'exposition est globale (l'organisme entier) ou partielle (une partie de l'organisme).

Par contre, lorsque la dose est inférieure à la dose seuil, le nombre de cellules détruites est trop faible pour que l'effet soit apparent.

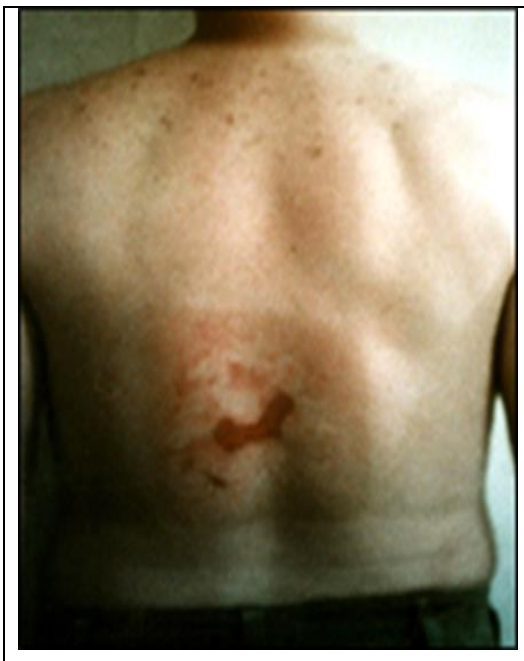

Figure 7: Forte exposition aux rayons (Cours National Radioprotection Cotonou 2017)



Figure 8 : Source en contact ou très proche**.** (Cours National Radioprotection Cotonou 2017)

2.4.2 EFFETS STOCHASTIQUES

Ils se caractérisent par le fait qu'ils sont :

- Tardifs : plusieurs années après l'exposition, voire chez la descendance.
- La fréquence d'apparition des effets stochastiques est proportionnelle à l'augmentation de la dose. (Il n'y a pas de dose seuil pour l'apparition et la gravité de l'effet).
- Non spécifiques : il n'y a pas de moyen à déterminer l'origine du cancer ou de l'anomalie génétique radio-induite.

Au cas où la mutation se porte sur un gène d'une cellule somatique, les effets se limitent à l'individu exposé. Ce sont les effets cancérigènes.
En revanche, lorsqu'elle se porte sur un gène germinal (ovule chez la femme ou spermatozoïdes chez l'homme), les effets concernent aussi bien l'individu exposé que sa descendance. Ils sont héréditaires.

2.5 RADIOPROTECTION DES PATIENTS

Principes de radioprotection

Selon la publication de la Commission Internationale de Protection contre les Rayonnements ionisants CIPR(103) ; la radioprotection se fonde sur trois grands principes aussi bien pour les patients que les professionnels.

La justification : Tout examen en imagerie médicale doit être justifié. En effet, un examen est justifié lorsqu'il est utile à l'orientation diagnostique avec un bon rapport coût /efficacité. Il doit tenir compte de l'appareillage utilisé, du nombre de coupes (pour la TDM) et de clichés réalisés (pour la radio standard). Le bénéfice de l'acte attendu pour le patient doit être nettement supérieur au risque qu'il pourrait comporter. La balance risque/avantage par rapport à d'autres méthodes qui apporteraient la même information est satisfaisante.

Chez l'enfant et le fœtus, du fait de la radiosensibilité élevée et du risque de transmission de mutations génétiques la vigilance est demandée. Il faudra veiller à ne pas répéter l'examen irradiant, voire la substituer par un examen moins irradiant (échographie, Imagerie par Résonnance Magnétique,……).

L'optimisation : L'examen de scanner doit être réalisé au meilleur coût dosimétrique. La dose délivrée est au niveau le plus bas qu'il est raisonnablement possible, dans les limites de la réalisation d'un examen médical de qualité. C'est le principe ALARA. En effet, cela exige une bonne préparation du patient, afin de garantir la réussite au premier passage, à une maitrise des paramètres techniques et du morphotype du patient (sédation chez l'enfant, contentions chez les plus agités ou confus…). Un acte de mauvaise qualité est une irradiation inutile car n'apporte pas un résultat escompté.

La limitation de dose : Elle s'appuie sur des recommandations permettant d'améliorer la qualité globale des pratiques radiologiques :

- ✓ Écrire des procédures pour chaque type de pratique irradiante.
- ✓ Déterminer des niveaux de références diagnostiques.
- ✓ Mettre en place un relevé dosimétrique qui est une contrainte de doses dérivant de la célèbre Directive Euratom 97/43. Il permet de communiquer de façon plus transparente sur les doses délivrées, d'une part avec les correspondants et d'autre part avec les patients.
- ✓ Rédiger un guide de recommandation en matière de prescriptions d'imagerie médicales incluant les doses d'irradiation.
- ✓ Mettre en place un plan de formations spécifiques en matière de radioprotection de patients pédiatriques.
- ✓ Assurer l'étalonnage et une maintenance préventive de l'appareil de scanographie.

CHAPITRE III: MÉTHODOLOGIE

3.1 CADRE DE L'ÉTUDE

Le Centre Universitaire Hôpital Yalgado Ouédraogo (CHU/YO) du nom premier médecin Voltaïque actuel Burkina-Faso ; est situé au cœur de la ville de Ouagadougou. Il fait partie des premiers centres hospitaliers universitaires de référence du pays. L'hôpital offre des soins, participe à la recherche, à la formation des médecins, de spécialistes et des paramédicaux.

Son service d'Imagerie Médicale, constitué d'une Unité de Radiologie, d'Echographie et de Scanner offre des services multiple aux patients externe comme interne. Le service d'Imagerie fonctionne en plein temps. Chaque technicien réalise ses examens selon le choix de son protocole et suivant un programme de passage de travail.

Tableau 2 : Effectifs du personnel en 2018

Qualification	Nombre
Médecins Radiologues	6
Techniciens Supérieurs d'Imagerie Médicale	15
Anesthésistes-Réanimateurs	3
Etudiants DES	Pas défini
Etudiants MEER	Pas défini
Secrétaires médicaux	2
Personnels de soutien	7
Total	33

Tableau 3 : Matériel du Service d'Imagerie Médicale en 2018

Nombre de Salles	Type d'appareils	Fonctionnalités
02	Radiographie standards	01
02	Scanners	01
02	Echographes	02
01	Mammographe	01
01	Panoramique dentaire	00
01	Angiographe	00

Le prélèvement « avant et après » a lieu au Centre de Prélèvement Polyvalent du CHU-YO.

L'analyse cytogénétique a lieu au laboratoire Cells & environement à l'hôpital Paul de Brousse en France. Un encadreur y est prévu pour s'assurer de la qualité des échantillons prélevés suivant les techniques d'analyses.

3.2 MATÉRIELS ET MÉTHODES DE l'ETUDE

3.2.1 MATÉRIELS

- **L'appareil de Scanner du service**

Acquis en 2014, l'utilisation de l'appareil de scanner a débuté en fin 2015. De marque ''Siemens'', il occupe une salle de 30 m^3 de volume. Un paravent plombé sépare la console de la salle d'examen. Une porte plombée également accès à la salle d'examen.

A la suite de panne, en 2016, le premier tube de l'appareil a été rechangé. Le seul moment, où le tube fut étalonné. Malgré cela, au cours de notre stage, l'appareil a connu une longue panne avec un temps d'immobilisation de quatre mois.

Il faut dire que le scanner de l'hôpital n'est pas soumis ni à un contrat de maintenance préventive, ni curative. Le contrôle de qualité se limite au cheik up réalisé chaque matin. Les différentes salles ne disposent pas de voyants lumineux, ni d'indication de zonage.

Seul un tablier plombé est disponible comme matériel de radioprotection individuel et pour les travailleurs et pour les patients.



Figure 9 : Scanner (64) barrettes CHU-YO (Photo itel 1516 02/04/ 2018)

Tableau 4 : Caractéristique de l'appareil du scanner

Nom du Produit	**SOMATOM DEFINITION AS**
Marque	Siemens AG 2013. ALL rights Multibarrettes xai 64 barrettes
Logiciel	: Syngo cT2012B ICS/IES : VA44A IRS_:44.2.1 IRS_SP3_20140429. Mod mise jour log : VA44A_SP1 ; VA44A_SP1A ; VA44A_SP2 ; VA44A ; FP
Applications	Syngo: VH10A SL 79P118. Windows : 6.1 (Buld7601.Service Pack1 Numéro du ficher de Moteur d'acquisition Trend

3.2.2 MÉTHODE

3.2.2.1 Type et période d'étude

Il s'agit d'une étude transversale prospective. L'étude s'est déroulée sur une période de dix (10) mois de Mars à décembre 2018.

3.2.2.2 Population

Notre étude s'est portée sur des patients pédiatriques devant subir un examen de TDM abdomino-pelvienne pour la première fois. Originaire de ville ou de campagne, scolarisés ou non et être admis au service d'imagerie médicale de l'hôpital yalgado. Chaque parent ou tuteur, et l'enfant lui-même s'il scolarisé, a reçu une explication claire de l'objet de l'étude de même que le médecin traitant.

3.2.2.3 Échantillonnage

Au total onze (11) patients pédiatriques (sexe masculin et féminin), d'âge compris entre 0 à 14 ans ont été retenus.

- **Les critères inclusion** :

- Être admis au service d'imagerie médicale.
- Avoir un examen de scanner abdomino-pelvien pour la première fois.
- Avoir un âge compris entre 0 à14 ans inclus.
- Volontaire avec consentement d'au moins un des parents.
- N'avoir jamais subi une lourde exposition aux rayonnements ionisant;

- N'avoir pas de maladie virale, de cancer ou de métastases.

Les critères d'exclusion

- Être au-delà de l'âge requis.
- N'avoir pas un examen de scanner abdomino-pelvien
- Avoir déjà fait un examen de scanner abdomino-pelvien.
- Celui qui sera réticent après un consentement libre et éclairé suivant des raisons diverses ou personnelles;
- Avoir subi une lourde exposition aux rayonnements ionisants comme la radiothérapie, chimiothérapie, examen de scanner ou d'examen standard dans les 06 mois avant.
- N'être pas soumis à de médicaments ayant des effets clastogène ou aneugène.
- Avoir une atteinte virale, de cancer ou de métastases cancéreuses.

3.2.2.4 Considérations éthiques

Nous avons reçu le certificat du Comité d'éthique et l'autorisation de la direction générale (CHU-YO) joint en annexe avant le début nos travaux.

Le formulaire de consentement éclairé et la lettre d'information ont été également remis à chaque participant (annexe3).

Par ailleurs, notre travail a été mené sous la direction d'un superviseur local, surtout au lieu des prélèvements nous rassurant des normes respectées.

3.2.2.5 Prélèvements sanguins

- Une ponction veineuse au pli du coude de chaque patient.
- Avant et après l'examen de TDM abdomino-pelvien dans des tubes différents.
- 10 ml de sang par patient (soit 05 ml au tube témoins et 05 ml au tube d'étude).
- 24 heures après le scanner afin qu'il ait une répartition homogène des lymphocytes exposés dans tout l'organisme. En effet, le taux de répartition des lymphocytes sera le même dans tout l'organisme. Tout prélèvement, à n'importe quelle partie de l'organisme aura la même possibilité de trouver le même nombre d'anomalie (AIEA, 2013).
- Les conditions rigoureuses d'asepsie sont respectées (AIEA, 2013).

Au total, sur trente patients enquêtés, 11 patients pédiatriques ont répondu à nos critères d'inclusions et ont accepté librement de participer à notre étude.

3.2.2.6 Transport

Les échantillons ont été transportés au laboratoire conformément aux règles nationales et/ou internationales applicables au transport de matières infectieuses, comme l'indique le Guide Pratique sur l'application au règlement relatif au transport de matières infectieuses publié par l'OMS (1993).

La méthode M.S. SASAKI a été utilisée pour le conditionnement :

- les tubes stériles de 10 ml contiennent 5ml de milieu de Leibowitz L-15 ; 20 % de sérum de veau fœtal et 4% de PHA déshydratée (milieu Leibowitz L-15) pour la longue durée de voyage.
- un échantillon de sang est recueilli dans un tube héparine/lithium classique.
- Ensuite 5 ml de sang héparine dans le tube contenant le milieu L-15 et les mélangés.
- Les tubes conservées à température ambiante ; dans ses conditions le prélèvement peut être expédiés au laboratoire sans réduire de manière notable la viabilité des échantillons.
- Le kit d'emballage conforme est acquis sur la place du marché et le transport s'est fait en deux temps. (1) Air Maroc : (2) Air France.
- Un certificat de non contamination a été délivré.
- L'autorisation d'exportation est jointe à notre colis pour minimiser une éventuelle exposition radiographique aux contrôles de sécurité.

Le colis a été étiqueté mentionnant un losange blanc dans lequel est figuré « ONU 3373 », avec le nom de l'expéditeur, son numéro téléphone, son adresse et du laboratoire destinataire du colis (AIEA, 2013).



Figure 10 : Colis UN 3373 du /10/11/2018

3.2.2.7 Culture cellulaire

La culture de sang total a été fait dans des flacons de 25cm^2 en milieu RPMI 1640 (Glutamax, rouge de phénol et Hepes 25mM) (Sigma®) complété avec 10% de Sérum de Veau Fœtal (SVF) (Eurobio) décomplémenté à 56°C pendant 20min ainsi que 5 000 unités de pénicilline pour 500mL de milieu. On y a ajouté 0.5mL de sang total. Puis on a stimulé la croissance des lymphocytes T avec 150µL de PHA (Phytohémagglutine de forme M) (Gibco®). 100ul de BrdU a été ajouté dans chaque flasque afin de distinguer la prèmière de la deuxième métaphase. Les flasques ont été incubées à 37°C dans une atmosphère humide à 5% de CO_2 pendant 48h.

3.2.2.7.1 Préparation des chromosomes métaphasiques

Les cultures ont été arrêtées 48h après irradiation et après avoir été incubées en présence de 0.12µg/mL Colchicine pendant 2h. Cela permet de bloquer la division cellulaire et d'accumuler les cellules au stade de métaphase. Les cellules ont ensuite été centrifugées 7min à 1 400rpm. Le surnageant a été éliminé et les cellules ont été incubé 20min à 37°C en présence de KCl 0.075M pour le choc hypotonique. Les cellules ont été préfixées avec quelques gouttes de fixateur Ethanol/Acide acétique (3v/1v). La préfixation permet de détruire les membranes et de supprimer les organites. Après une centrifugation de 7min à 1 400rpm le surnageant a été éliminé et 10mL de fixateur ont été ajoutés une première fois. L'opération a été répétée deux fois afin d'enlever le maximum de débris. Une dernière centrifugation a été effectuée et les cellules ont été mises en fixateur sur la nuit à 4°C. Le lendemain, après une dernière étape de fixation la préparation métaphasique a été étalée sur des lames humides et froides. Les lames ont été séchées une nuit à température ambiante, puis conservées à -20°C avant leurs utilisations.

Hybridation in situ en fluorescence : Sonde PNA (Peptid Nucleic Acid).

L'introduction de la sonde PNA dans l'hybridation en fluorescence in situ a permis de raccourcir le temps d'hybridation (2 heures versus 16 heures) et d'augmenter l'intensité du signal. Afin de rendre le dénombrement des anomalies chromosomiques radio induites plus fiable et plus robuste, nous avons introduit le marquage simultané des centromères et des télomères. Cette introduction impliquera une réduction de temps d'analyse par rapport à la technique conventionnelle (coloration au Giemsa) et sans augmentation importante de coût.

3.2.2.7.2 Technique de marquage télomère et centromère

La sonde télomérique utilisée est la sonde PNA, molécules de synthèse, analogues des acides nucléiques, dont la séquence est CCCTAA. Elle s'apparie aux séquences d'acides nucléiques avec une forte affinité et spécificité. Ces sondes sont directement marquées à la cyanine 3 (Cya3) et s'hybrident aux extrémités chromosomiques dont la séquence est TTAGGG.

La sonde PNA couplée à l'isothiocyanate de Fluorescéine (FITC) de fluorescence verte, est spécifique de la séquence centromérique. Avant marquage, les lames ont été laissées sécher la nuit à température ambiante.

L'hybridation s'est effectuée sur des chromosomes métaphasiques (préparés précédemment). Les lames ont été rincées 5min dans du PBS 1x, puis fixées en formaldéhyde 4% PBS 1X pendant 2min, et de nouveau rincées trois fois en PBS 1x pendant 5min. Elles ont ensuite été incubées pendant 7min à 37°C en présence de pepsine 20 mg/mL. Cette enzyme hydrolyse les liaisons peptidiques ce qui permet de digérer les protéines qui interagissent avec l'ADN afin d'obtenir une meilleure accessibilité des sondes sur l'ADN. Après un rinçage rapide en PBS 1X les lames ont de nouveau été fixées en formaldéhyde 4% PBS 1X, puis rincées 3 fois 5min au PBS 1x. La déshydratation des lames a été faite dans des bains successifs d'éthanol 5 min dans des concentrations différentes (50%, 70% et 100%). Les lames ont été séchées 20min à température ambiante. Cette étape permet d'éliminer progressivement l'eau afin d'obtenir une hybridation optimum. Les deux sondes PNA (télomère et centromère) ont été utilisées à 0.3ng/µL. La dilution a été effectuée en tampon 70% formamide ; 10mM de Tris HCl pH 7.2 ; 1% de blocking réagent. La sonde est alors déposée sur les lames. De manière à dénaturer l'ADN, les lames sont posées 3min sur une plaque chauffante à 80°C, permettant ainsi à la sonde de s'apparier à l'ADN. Après deux heures dans l'obscurité à température ambiante, les lames ont été rincées dans deux solutions, l'une contenant du formamide 70%, Tris HCl pH 7.2 (10mM) pendant 2 fois 15min, l'autre du Tris HCl pH7.2 (50mM), NaCl à 150mM et Tween20 (0.05%) pendant 3 fois 5min. Les lames ont ensuite été contre colorées au DAPI (4',6'-Diamidino-2- Phénylindole) qui est un agent intercalant permettant d'observer la métaphase en entier. Elles ont ensuite été montées entre lamelles au PPD (Para-PhénylèneDiamine). Le PPD est un liquide de montage qui permet d'établir le contact entre lame et lamelle en évitant la perte de la

fluorescence. Il est d'usage de laisser les lames environ 30min au réfrigérateur avant la capture au microscope à fluorescence.

3.2.2.7.3 Capture et analyse des métaphases

La capture des lames a été effectuée à l'aide d'un microscope à épi fluorescence l'AXIOPLAN2 Imaging du fabricant ZEISS. Puis c'est à l'aide du logiciel d'analyse d'image Meta Système que les images ont été obtenues notamment grâce à l'utilisation de trois options de logiciels :

- « Search » qui permet une recherche automatique des métaphases.
- « Autocapt » qui permet de capturer les séquences télomériques et centromèriques dans les métaphases en plus de la contre coloration (DAPI).
- « Isis » qui permet l'analyse des métaphases capturées

3.2.2.8. Evaluation de la dose physique délivrée au patient

- A l'aide d'un physicien médical ; nous avons procéder au mesures des doses physique par les TLD. Les doses à la console de l'appareil de scanner sont directement relevées et mentionnés sur une feuille de calcul (**annexe 7**).
- Dosimétrie physique thermoluniscent (TLD) de type GR 200A (lif ; mg, cu, p)**.**
- Les TLD sont placés à la hauteur de l'aile iliaque à droite du patient et à la hauteur de la 11ème côte à gauche de sorte à prendre en compte la dimension de l'abdomen du diaphragme au pelvis. Pour le cas de notre étude, 02 TLD ont été utilisés pour chaque patient lors de la procédure abdomino-pelvien.

N.B : l'étalonnage des dosimètres TLD a été fait à 100 mAs au niveau laboratoire National de Santé Publique(LNSP).



Figure 11 : Mesures par les TLD (itel 1508 du 09/11/2018) Dosimètres TLD

3.2.3 ANALYSE ET TRAITEMENT DES DONNÉES

Les données sont présentées sous forme de tableau, de fréquence ou de graphique grâce au logiciel Excel et spss21.

Les variables étudiées.

Les caractéristiques sociodémographiques.

- l'âge
- le sexe
- l'indication liée à l'examen de scanner.

Les variables liés aux aberrations chromosomiques

- Types d'aberrations

Variables liées à l'exposition

- le PDL (Produit de Dose Longueur)
- la dose efficace d'exposition.

CHAPITRE IV: RESULTATS

4.1 RESULTATS

4.1.1 CARACTÉRISTIQUE SOCIO DÉMOGRAPHIQUES DE NOS PATIENTS

- **Age**

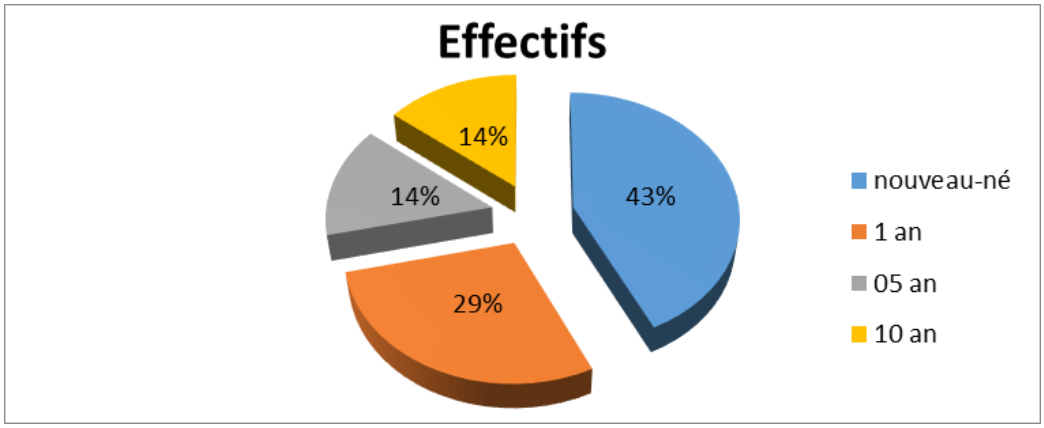

Figure 12 : Répartition des patients en fonction de la tranche d'âge de référence

4.1.2 INDICATION LIÉE À L'EXAMEN DE SCANNER

Tableau 5 : Tableau clinique des patients ayant subi une TDM abdomino-pelvienne selon l'âge et le sexe

Code Patient	Maladie diagnostiquée	Motif de l'examen du scanner.
BF01	Kyste rénale.	Masse liquidienne trouble intra rénale objectivé à l'échographie
BF02	Uretèro-hydronéphrose	Uretèro-hydronéphrose abdominale droite avec compression des voies urétrales à l'échographie.
BF03	Hernie ombilicale	Masse péri ombilicale post césarienne avec douleur au flanc gauche.
BF04	Ictère chez l'enfant.	Recherche d'une anomalie intra- hépatique
BF05	Spina bifida + rein gauche ectopique.	Recherche d'un rein gauche ectopique + bilan d'une malformation.
BF07	Lithiase rénale gauche	Bilan d'une lithiase rénale gauche objectivé à l'échographie.
BF10	Syndrome mictionnel.	Bilan d'une lithiase vésiculaire objectivé à l'échographie

4.1.3 QUANTIFICATION DES DOSES PHYSIQUES ADMINISTRÉES

Pour la TDM, le PDL ou le produit de dose multipliée par la longueur de la région anatomique explorée donne une valeur indicative de la dose reçue par le patient. Il est

fonction du nombre de coupe effectuée sur la longueur de la région anatomique explorée de chaque patient.

En outre, dans le cas de notre étude, chaque examen abdomino-pelvien est réalisé en deux phases :

- Phase1 : Sans injection ou Sans Produit de Contraste(SPDC)
- Phase2 : Avec injection (Télébrix[35]) ou avec PDC.

Il faut dire que ce tableau est obtenu à partir de nos données collectées lors de la réalisation de chaque TDM abdomino-pelvienne pour chaque patient**.**

Tableau 6 : Répartition des PDLs moyen (mGy/cm) selon l'âge des patients

Age de référence	Age du patient	TDM sans PDC	TDM avec PDC	TDM du patient
		PDL moyen	PDL moyen	PDLmoyen/ Patient
Nv-né	0.66 mois	502.2	498.26	499.25
1 an	15 mois	562.5	558.56	559.55
1 an	10 mois	546.2	542.26	543.25
10 ans	120 mois	570.2	596.4	589.85
Nv-né	0.66 mois	502.2	498.26	499.25
5 ans	60 mois	682.8	455.2	682.8
Nv-né	05 mois	114.4	104	113.64
Total	211.32 mois M=30.18mois	3480.5 M*=497.21mGy/cm	3252.94 M**=464.7mGy/cm	3486.79 PDLmoyen global(M_2)=498.11mGy/cm

Tableau 7 : Répartition des PDLs cumulés (mGy/cm) selon l'âge de référence des patients

Age du patient	**TDM sans PDC**	**TDM avec PDC**	**TDM du patient**
	PDLcumulé	PDLcumulé	PDLcumulé Global
Nv-né	502.2	1494.8	1997
1 an	562.5	1675.7	2238.2
1 an	546.2	1626.8	2173
10 an	570.2	1789.2	2359.4
Nv-né	502.2	1494.8	1997
5 an	682.8	1365.6	2048.4
Nv-né	114.4	453.8	568.2

Au regard des valeurs pondérées par le PDL cumulé global lors de la réalisation du scanner de chaque patient, nous pouvons ainsi calculer les doses efficaces cumulées reçues. A cet effet, nous avons utilisé les facteurs de conversion élaborées par Morine Delchambre et *al,* 2012 en France en suivant les âges de références connus (cf. annexe 8).

Pour les dosimètres thermoluminescents (TLD), deux paramètres sont mesurés : la dose corps entier et la dose à la peau. Pour estimer la dose efficace, nous avons considéré la dose corps entier qui est la résultante des valeurs obtenues par nos deux dosimètres. (Jean Luc Rehel et *al,* 2005). C'est la dose physique cumulée.

Tableau 8 : Doses de référence selon l'âge de référence des patients en rapport avec les doses physiques relevées à la console et des dosimètres TLD

Age Patient	Dose Efficace Sans PDC (mSv)	Dose Efficace avec PDC (mSv)	Eréférence SPDC (mSv)	Eréférence PDC (mSv)	Dose Efficace Cumulée (mSv) /patient	Dose Physique Cumulée (mSv) /patient
Nv-né	24.60	73.24	7.48	10.2	73.24	28.37
1 an	16.87	50.27	6.06	8.2	67.14	82.95
1 an	16.38	48.80	6.06	8.2	65.19	320.96
10 an	8.55	26.83	6.3	8.5	35.39	636.5
Nv-né	24.60	73.24	7.48	10.2	73.24	43.44
5 ans	13.65	27.31	6.04	8	40.96	38.33
Nv-né	5.60	22.23	7.48	8.2	27.84	39.01
TOTAL					383.00	1189.56

Eréf : Dose de référence PDC= Produit de contraste SPDC= Sans Produit de Contraste.

NB : CIPR (60) : SPDC : 10.7 mSv PDC : 17.2 mSv

CIPR (103) : SPDC : 9.6 mSv PDC : 15.5 mSv

Les valeurs CIPR sont des moyennes qui ne pas sont définis selon l'âge des patients mais seulement de la tranche d'âge pédiatrique.

En somme, nos données montrent que, la dose corps entier cumulée relevé par les dosimètres thermoluniscent(TLD) est relativement plus élevé que la dose efficace cumulée. Egalement, nous notons que ces valeurs sont plus élevées par rapport aux doses de référence. Il est aussi à remarquer que les doses efficaces sans produit de contraste ou avec produit de contraste sont supérieures aux doses de références (selon le calcul de Morine Delchambre en 2012). De même, ces doses sont supérieures aux valeurs de références moyennes prescrites par la CIPR (60) et la CIPR (103).

4.1.4. DÉNOMBREMENT DES ABERRATIONS CHROMOSOMIQUES

Il faut remarquer que sur 11 prélèvements attendus; sept ont pu être analysés. Le taux de succès est estimé à 63.63 %.

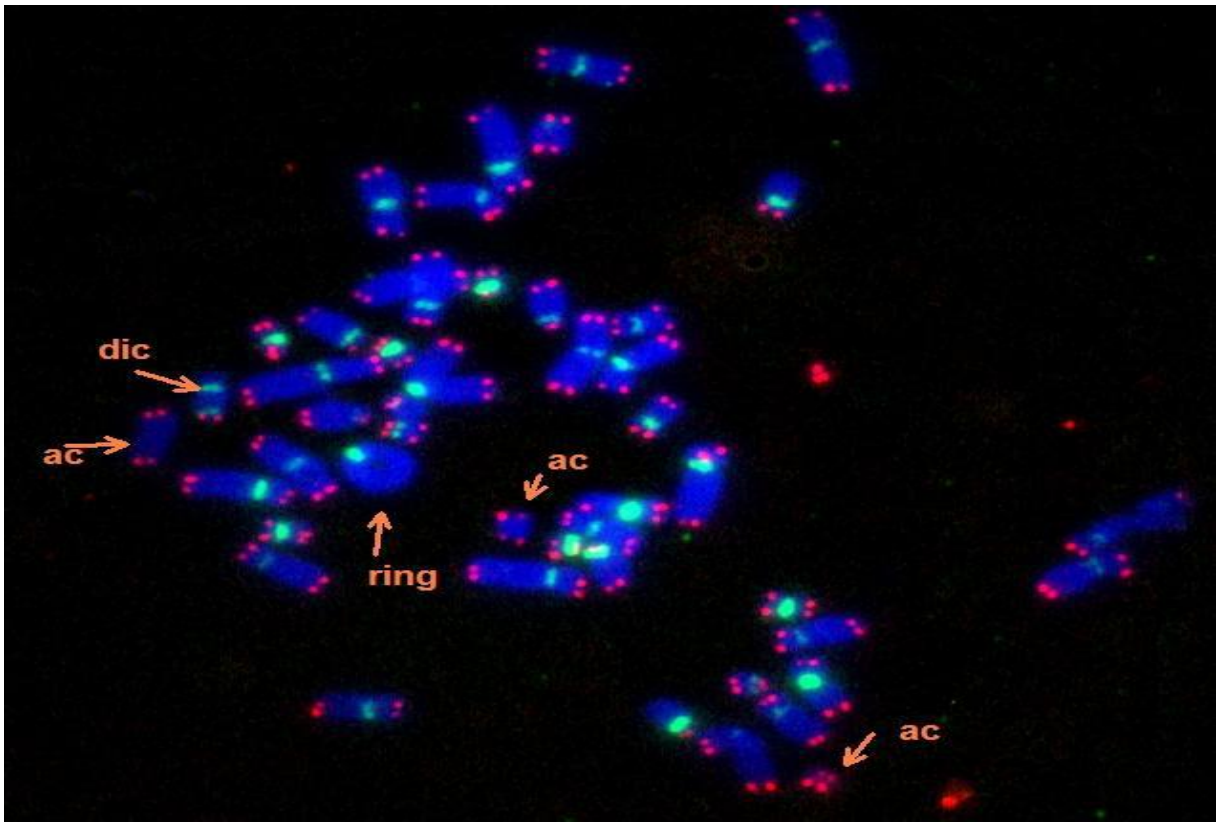

Figure 13 : Aberrations chromosomiques dénombrées (M'Kacher, 2018)

Tableau 9 : Fréquence des aberrations chromosomiques chez les patients pédiatriques avant la TDM

Age	Code	Nombre de cellules lues	Types d'aberrations							Total
			Dic	rings	ace (+/+)	ace (+/-)	ace (-/-)	ring ac	chr (+/-)	
Nvé-né	BF1	200	00	00	00	00	00	00	00	00
01 an	BF2									
01 an	BF 3	189	00	00	00	00	00	00	00	00
10 ans	BF4	200	000	00	00	00	00	00	00	00
Nvé-né	BF5	342	00	00	00	00	00	00	1	01
05 ans	BF7	215	00	00	00	00	00	00	00	00
Nvé-né	BF 10	301	00	00	00	00	00	00	3	03
	TOTAL	1447	00	00	00	00	00	00	4	**04**
	F.ab./cell. M_0=0.0027		00%	00%	00%	00%	00%	00%	0.27 %	0.27%

dic : dicentrique ; **ring** : anneau centrique ; **ace** : acentrique ace (+/-), (+/+), (-/-) ; **chr (+/-)** : délétions chromosomique

Tableau 10 : Fréquence des aberrations chromosomique chez les patients pédiatriques après la TDM

Age	Code	Nombre de cellules lues	Types d'aberrations							Total
			Dic	rings	ace (+/+)	ace (+/-)	ace (-/-)	ring ac	Chr (+/-)	
Nvé-né	BF1	210	1	-	1	00	00	00	7	09
01 an	BF2	420	3	2	3	4	-	3	-	15
01 an	BF 3	120	00	00	00	00	00	00	2	02
10 ans	BF4	235	00	00	00	00	1	00	00	01
Nvé-né	BF5	405	2	1	3	00	1	00	9	16
05 ans	BF7	311	1		1	-	-		4	06
Nvé-né	BF10	409	00	00	00	00	1	00	8	09
	Total	2110	7	3	8	4	3	3	30	58
	F.ab./cell M_1=0.027		0.33 %	0.14 %	0.37 %	0.18 %	0.14 %	0.14 %	1.42 %	2.74%

dic : dicentrique ; **ring** : anneau centrique ; **ace** : acentrique ace (+/-), (+/+), (-/-) ; **chr (+/-)** : délétions chromosomique

Tableau 11 : Aberrations chromosomiques dénombrées chez les nouveau-nés et ceux plus de 01 an après la TDM abdomino-pelvienne (synthétique).

Total cellules analysées chez les nouveau-nés	**Nombre d'aberrations dénombrées**	**Total cellules analysées chez les patients plus de 01 an.**	**Nombre d'aberrations dénombrées**
1024	34	1086	24

4.1.5 CORRÉLATION ENTRE L'APPARITION DES ABERRATIONS ET LES DOSES PHYSIQUES ADMINISTRÉES.

En considérant r comme le coefficient de corrélation linéaire ; M_1 : moyenne d'apparition des aberrations chromosomiques (M_1=0.027) et M_2 : la moyenne globale des PDLs des patients exposés (M_2= 498.11mGy/cm). Le calcul du coefficient de corrélation r= 1 ; r= 1 >> 0. Cette valeur montre qu'il existe une forte corrélation entre l'exposition et l'apparition des aberrations après le scanner.

Par ailleurs le taux des dicentriques de patients après le scanner (0.033%) < 0.5 montre qu'il y a plus d'accumulation de dicentrique après le scanner. Hors, la norme indique 01 dicentrique pour 1000 cellules observées comme témoin bruit de fond.

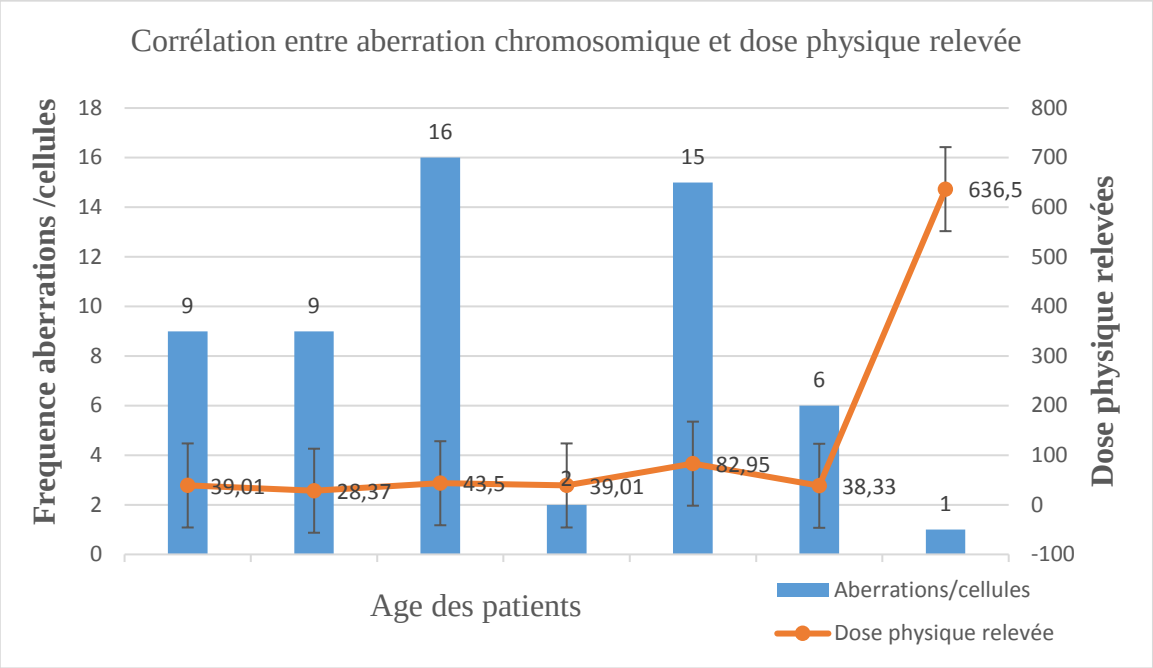

Figure 14 : Corrélation entre aberrations chromosomiques et la dose physique relevée

4.2. DISCUSSION

4.2.1 CARACTÉRISTIQUES SOCIO DÉMOGRAPHIQUES

- L'âge pédiatrique

Notre classification de l'âge pédiatrique de nos patients en quatre catégories d'âge de référence : nouveau-né ; 1an, 5 an, 10 an corrobore avec celui Morine Delchambre et *al*, 2012 en France. De même, SEGDA, dans ses travaux de thèse en 2018, a procédé à la même classification. Elle est également retrouvée dans la recommandation de l'IRSN/SFIPP 2010. Nous avons ainsi, regroupé les patients selon la proximité de l'âge de chaque patient à l'âge de référence. L'âge moyen calculé est de 30,18 mois soit 2,08 ans. La tranche d'âge nouveau-né est la plus représentative. Cette forte affluence des nouveaux nés s'explique du fait de la gratuité des soins des enfants de 0 à 5 ans et de l'accessibilité des examens de TDM au niveau du service d'imagerie Médicale.

4.2.2. ANALYSE DES VALEURS DE DOSES D'EXPOSITION

Nos valeurs de dose mesurées sont soit sans Produit de Contraste, soit avec Produit de contraste. En effet, elles sont supérieures aux doses de référence connues. CIPR (60) : Sans Produit de Contraste 10.7 mSv ; avec Produit de Contraste 17.2 mSv ;

et CIPR (103) Sans Produit de Contraste 9.6 mSv et avec Produit de Contraste 15.5 mSv. Le rapport DRPH/SER No 2010-12 de l'IRSN/InVS indique des valeurs de 10 mSv pour la TDM abdomino-pelvienne avec injection de produit de contraste et sans produit de contraste pour tout âge pédiatrique. Globalement, les doses physiques cumulées relevées par nos dosimètres thermo luminescents (TLD) sont moins élevés par rapport aux doses efficaces cumulées relevées à la console et plus élevées par rapport à la dose de référence. Nos valeurs dosimétriques corroborent avec celles des travaux de SEGDA en 2018 qui indiquent aussi des valeurs élevées par rapport aux valeurs de référence pour la tranche d'âge pédiatrique. Au Québec ces valeurs également sont corroborées dans les résultats du rapport rédigé par Wilber Deck et Aimé-Robert Leblanc en 2011. En effet, beaucoup de facteurs pourraient expliquer l'augmentation de la dose efficace délivrée à nos patients pédiatriques.

- L'utilisation des paramètres adulte au cours de la réalisation de la TDM pour enfant.
- Ouverture peu importante du champ de vue (Fov) du fait de la zone anatomique bien réduite à explorer. Ce qui est plus important chez l'adulte. Plus le Fov est étroit, plus la dose délivrée est élevée.
- L'absence de procédure pédiatrique validée et affichée, qui pourrait servir de guide à tout opérateur pour la réalisation des examens de TDM pour enfants.
- Pas de Niveau de Référence Diagnostique (NRD) aussi bien niveau national qu'au niveau du service. Ce qui devrait permettre d'optimiser la dose de rayonnement à l'endroit de la tranche d'âge pédiatrique.
- L'absence d'étalonnage de l'appareil de scanner.
- L'insuffisance de formation des praticiens en matière de radioprotection de patients. Plus particulièrement, à l'endroit de celle pédiatrique.

4.2.3. PRÉSENCE D'ABERRATIONS CHROMOSOMIQUES CHEZ LES TÉMOINS

Il faut dire que les patients dans le cas de notre étude présentaient un motif sérieux à l'examen de la TDM. La majorité présentait des malformations à la naissance. Ces anomalies pourraient être considérées comme des facteurs favorisant l'apparition des aberrations chromosomiques. Néanmoins, l'analyse de nos prélèvements avant le scanner montre une faible apparition des aberrations chromosomiques (0.02%) constitué essentiellement de délétions chromosomiques. Ce résultat est parfaitement en concordance avec l'étude de Dossou et *al*, en 2014. Ces aberrations peuvent être

considérées comme le bruit de fond initial en l'absence de toute irradiation avérée. Autrement, ce sont des lésions considérées comme des lésions primaires dues au fait des effets aneugène ou clastogène (Tubiana et *al*, 2008).

4.2.4 ABERRATIONS CHROMOSOMIQUES APRÈS LA TDM

Au total, sept types d'aberrations chromosomiques ont été relevés après la TDM. Les chromosomes acentriques représentent soit 83.87% de nos aberrations chromosomiques dénombrés. Ces résultats corroborent avec ceux de nos résultats préliminaires présentés lors du congrès IRPA en septembre 2018. De même ; plusieurs de ces aberrations ont été également mises en évidence dans l'étude de M'kacher et *al* en 2014. Par ailleurs, ces aberrations montrent que les chromosomes ont subi une exposition à de très faibles doses de rayonnement ionisant. En effet, Dossou et *al*, révélaient en 2014 avoir remarqué plus de chromosomes acentriques chez les travailleurs professionnellement exposés aux faibles doses. Or, notre relevé dosimétrique montre de doses supérieures par rapport aux doses de références, CIPR (60) et CIPR (103). Elles sont considérées relativement comme de forte faible dose. Selon (AEIA, 2011) les dicentriques sont toujours accompagnés de fragments acentriques augmentant de facto leur nombre. Tubiana, 2008 rapportait que lorsque les doses sont un peu plus élevées mais faibles (<10 mSv), il n'y a pas d'induction de réparation de l'ADN, la quasi-totalité des cellules lésées meurent par apoptose. Si supérieures ou égal 10 mSv, le système de réparation est déclenché et nous pouvons avoir des réparations fidèles comme des réparations fautives pour donner suite à des aberrations chromosomiques. Nous pouvons donc estimée que ses lésions sont causées par de très faibles doses. Mais seule ; la courbe dose-effet pourra estimer les valeurs exactes de dose reçue par les cellules lors des procédures scanographiques de nos patients.

4.2.5. RELATION ENTRE L'APPARITION DES ABERRATIONS CHROMOSOMIQUES ET LA DOSE D'EXPOSITION

Le calcul du coefficient de corrélation (**r= 1**) montre qu'il y a une forte corrélation entre l'apparition des aberrations chromosomiques et les doses d'exposition à la TDM. Cette corrélation est corroborée avec les résultats des travaux de Dossou et *al*, en 2014. Par ailleurs, ils montraient plutôt une faible corrélation entre l'apparition des aberrations chromosomiques et le temps passé sous rayonnement ionisant par les travailleurs. Or, dans le cas de notre étude, il y a une forte accumulation des aberrations chromosomiques après la TDM pour nos patients pédiatriques. Cela est parfaitement corroborée avec les

travaux de l'AIEA, en 2013 qui indiquait que les aberrations chromosomiques sont en toute rigueur le paramètre biologique mesuré, qui reflète de la dose reçue par les cellules. Ces données confirment que l'apparition des aberrations chromosomiques est tributaire du temps et de la dose d'exposition.

Plus loin, on remarque sur le Tableau 11 synthétique que les aberrations chromosomiques recensées sont beaucoup plus importantes chez les nouveaux nés que les patients de plus de 01 an. Cela montre que plus l'enfant ou le patient est très jeune, plus il se produit beaucoup de dommages chromosomiques. Ils ont alors une forte radiosensibilité même aux faibles doses de rayonnement ionisant par rapport à ceux de plus de 01 an. Du même coup, plusieurs risques d'effet radio-induit peuvent être associés tels les risques d'effets cancérigènes, de mutation ou héréditaires.

4.2.6 LIMITES OU CONTRAINTES DE L'ÉTUDE

Objectivement, il faut dire que très peu d'étude se sont penchés spécifiquement sur l'analyse cytogénétique des aberrations chromosomiques surtout pour la tranche d'âge pédiatrique. Néanmoins, la littérature essentiellement sur le cas adulte nous a permis de bâtir notre analyse.

Sur le plan matériel, nous n'avions pas pu disposer d'une chambre d'ionisation associée à un électromètre et des fantômes de mesures en fonction des morphotypes de nos patients. Ce matériel devrait nous permettre d'avoir des mesures de doses plus exacte comparées à celle de la dosimétrie physique à thermoluminescents (TLD).

Du fait, des artéfacts sur les images scanographiques ; nous nous sommes limités à deux dosimètres TLD pour chaque patient. L'un à gauche à la hauteur de l'aile iliaque à gauche. L'autre à hauteur du flanc droit selon les recommandations de mesures du physicien médical. Or, nous devrions disposer au moins quatre dosimètres TLD au niveau de quatre quadrants de l'abdomen.

Quant à l'appareil de scanographie, il n'a été étalonné que depuis son installation. En plus, lors de notre étude, il a connu de plus de quatre mois (fin Avril-début Septembre 2018) de temps d'immobilisation et avec près de trois grandes pannes depuis son installation en Juin 2015.

L'absence sur place d'un laboratoire cytogénétique a constitué une contrainte majeure. En fait, nos prélèvements ont été analysés à l'hôpital de Brousse en France. Cela a nécessairement engagé des difficultés : échec de l'envoi, coût du fret, impact sur nos

échantillons de cultures des prélèvements, non appréhension des conditions réelles d'analyse cytogénétiques.

4.3 SUGGESTIONS ET REGLES DE RADIOPROTECTION

Dans le cas de notre étude, un ensemble de pratique peuvent être observées pendant la réalisation de nos examens afin de réduire la dose d'exposition de nos patients. Entre autres :

- Informer le patient ou de son accompagnant de l'aspect irradiant de la TDM.
- Substituer, si possible, l'examen irradiant par un examen non irradiant.
- Respecter les protocoles indicatifs du constructeur lors de chaque procédure.
- Inscrire la dose administrée sur le compte rendu du patient pour informer le médecin traitant de la reçue par le patient.
- Elaborer des Niveaux de Références Diagnostiques au niveau national (NRD).
- Afficher et Sensibiliser les praticiens du service d'imagerie (CHU/YO) à respecter ses niveaux de références Diagnostique.
- Constituer une base de suivi dosimétrique de patients pédiatrique.
- Former et recycler périodiquement les praticiens et les prescripteurs à la radioprotection des patients, en particulier pour la tranche d'âge pédiatrique.
- Procéder au contrôle de qualité permanente des équipements (étalonnage périodique, etc…)
- Mettre en place un laboratoire de dosimétrie biologique en complément à la dosimétrie physique pour plus d'investigation en cas de surexposition ou d'exposition accidentelle.

CONCLUSION

La prescription d'une Tomodensitométrie (TDM) pour enfant est de nos jours un acte médical courant. Sa réalisation à l'hôpital Yalgado Ouédraogo se fait avec beaucoup d'insuffisance en matière de radioprotection pédiatrique. Les résultats de notre étude montrent que les doses délivrées lors de la réalisation de TDM abdomino-pelvienne à la tranche d'âge pédiatrique induisent des aberrations chromosomiques dans les lymphocytes circulants périphérique. Outre les chromosomes dicentriques, les rings, nous avons noté une forte accumulation de chromosomes acentriques. L'apparition de ces aberrations chromosomiques est étroitement corrélée par les doses d'exposition lors des procédures d'examens. En effet, les doses efficaces calculées sont nettement supérieures aux normes de la CIPR(60) ; CIPR(103) et au dose de référence de Morine Delchambre (2012).

Plusieurs facteurs sont imputables à l'augmentation de la dose délivrée chez l'enfant. L'absence de Niveau de Référence Diagnostic (NRD) au niveau national, l'utilisation des paramètres adultes pour les TDMs enfants, absence de procédures de réalisation des TDMs pour enfants, le manque et l'insuffisance du contrôle de qualité des équipements et l'insuffisance de formation des praticiens et prescripteurs en matière de radioprotection pédiatrique.

A cela, il conviendrait de reconnaitre les limites de notre étude par le fait que nous n'avons pas eu tout le matériel nécessaire pour des mesures plus poussées des doses délivrées par le scanner. Néanmoins, notre étude a permis simplement de révéler qu'après une TDM abdomino-pelvienne réalisée dans les conditions de travail de notre hôpital, la dose délivrée est suffisamment élevée pour produire des aberrations chromosomiques instables pour la tranche d'âge pédiatrique. Cela constitue un véritable apport de la connaissance de l'effet radio-induit des faibles doses surtout auprès de la tranche d'âge pédiatrique. Enfin, le respect des règles de radioprotection de patients devrait permettre de protéger cette tranche de la population des effets cancérigènes probable des faibles doses.

Perspectives.

- Notre étude s'est focalisée sur l'analyse cytogénétique des aberrations chromosomique chez les patients pédiatriques ayant subi une TDM abdomino-pelvienne. Bien que pertinent, il serait important d'avoir par la suite, une large cohorte de patients pédiatriques, avec plus de moyens de mesures conséquents pour plus de représentativité.
- Par ailleurs, envisager également une étude sur l'influence d'autres facteurs épigénétiques et environnementaux induisant l'apparition des aberrations chromosomiques chez nos patients pédiatriques avant et après le scanner à l'hôpital Yalgado Ouédraogo. Ce travail pourrait progresser nos connaissances sur les effets des faibles doses d'une part et d'établir des normes de radioprotection propre à notre population.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1- **Brisse H., Aubert B. (2009)** *Niveaux d'exposition en tomodensitométrie multicoupes pédiatrique : résultats de l'enquête dosimétrique* SFIPP/IRSN 2007-2008, *J. Radiol.* 90, 207-215.

2- **Bulletin épidémiologique hebdomadaire (BEH)**, n°15-16 du 18 avril 2006, *Numéro Thématique : Exposition aux radiations ionisantes d'origine médicales, P104.*

3- **Brenner D.J., Hall E.J. (2007)** *Computed tomography: an increasing source of radiation exposure, N. Engl. J. Med*. 357, 2277-84.

4- **Conseil de l'Union Européenne (1997)** *Directive 97/43 EURATOM du Conseil du 30 juin 1997 relative à la protection sanitaire des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants lors des expositions à des fins médicales, Bruxelles, Belgique.*

5- **Cours national Cotonou (2017)**: *Ateliers sur intervention initiale en cas de situation d'urgence radiologique (basés sur le Manuel de l'AIEA destinée aux premiers intervenants en cas de situation d'urgence radiologique [EPR-. Premiers Intervenants], 2008 les Premiers intervenants lors d'un accident nucléaire.*

6- **DI Bartelonc, (2002)**. *Mémoire de recherche de la dose d'optimisation des protocoles pour les exemples radio pédiatrique réalisée à partir d'un scanner multi détecteurs de type matériel, DEA Rayonnement et Imagerie en Médecine.*

7- **Dossou Julien, Abinda S. G. G.-M., Adjagba M, Loko F. S., Darboux R et Laleye A., (2014)** *Etude cytogénétique des aberrations chromosomiques Chez des travailleurs sous rayonnements ionisants X. Lomé ; 2014*

8- **Dossou Julien, (2017)** Schéma du pouvoir de pénétration des rayonnements ionisants. Cours sur les Propriétés Physiques sur les Rayonnements Ionisants.

9- **Claire L, (2019)** *Lymphocyte B, T ; définition, rôle, activation, maturation*. Accès sur le site https://santé.journaldesfemmes.fr/fiches-anatomie. Consulté le 17 Septembre 2020.

7. **Geleijns J, Jacob (2010)** *Optimization of radiation protection for pediatric and adult patients in radiography and computed tomography, Proceedings Third European IRPA Congress 2010, Helsinki, Finland. pp. 2972-80.*

8. **Guegang GE, Zeh OF, Ekobena FH, Samba, Kouam FB, Temgoua BA, Lounangou KA, Nko'o AS, Gonsu FJ (2014)** *La Numérisation en Imagerie Médicale : État des lieux des Hôpitaux publics de référence de Yaoundé – Cameroun. Journal Africain d'Imagerie Médicale, 2014, (2) (vol.8, P1-2).*

9. **Guide de Comité National d'Ethique** *en Recherche pour la santé(Sénégal), 2009 Vol.46 P8-17*

10. **Guy Apollinaire Mensah, Assogbadjo A.E.**, **Aihou k., Youssao A.K.I., Cécile Fovet-Rabot, (2016)** *Méthodologie de rédaction d'un projet de recherche, d'un protocole expérimental, d'un mémoire de fin d'études ou d'une thèse de doctorat. Vol.53 P 38-51*

11. **Hôpitaux pédiatriques de Nice CHU-LENVAL (2013)** *Formation en radioprotection* p.18

12. **Hôpitaux Universitaires Est Parisien** (Trousseau la Roche Guyon).
Journée SFRP du 13/12/2011 : Radioprotection des patients. Optimisation de la radioprotection en Imagerie pédiatrique. Vol 16 p8-154.

13. **HJ Brisse et Aubert (2)** : *Niveaux d'exposition en Tomodensitométrie multicoupes pédiatriques : Résultats de l'enquête dosimétrique SFIPP/IRSN 2007-2008 P 207-208*

14. **International Agence Energy Atomic Dosimétrie cytogénétique (**AIEA**,** 2013**)** *Applications à la préparation et à la conduite des interventions d'urgence radiologique. Sept.2013 (vol.259 P.41-42 ; 53-64 et 72).*

15. **International Agence Energy Atomic (2011)** : *Radiation protection of patients, CT optimisation. Accès le 23 juin 2017https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/InformationFor/HealthProfessionals/1_Radiology/ComputedTomography/CTOptimization.htm.*

16. **International Agence Energy Atomic Rapport médico-légal** *AIEA no 260,1986.*

17. **Institut Radioprotection Sureté Nucléaire** (IRSN) (2010) Rapport DRPH n°2010-15. *Analyse des données relatives à la mise à jour des niveaux de référence diagnostiques en radiologie et en médecine nucléaire. Bilan 2007-2008. Paris, France.*

18. **I. Sorokine-Durm(IPSN), P. Voisin (IRSN)** Les aberrations chromosomiques stables en dosimétrie biologique (techniques) P7-8

19. **Jean Luc Rehel, Pascale SCANFF, Bernard AUBERT** (**2005) :** *Optimisation en scanographie pédiatrique et adulte. Congrès national de radioprotection – SFRP 2005(vol.487 P.164-167)*

20. **Kaddour A. , Colicchio B., Buron D., El Maalouf E., Laplagne E., Borie C., Ricoul M., Lenain A., Hempel WM., Morat L., Al Jawhari M., Cuceu C., Heidingsfelder L., Jeandidier E., Deschênes G., Dieterlen A., El May M, Girinsky T., Bennaceur-Griscelli A., Carde P., Sabatier L., M'kacher R**. *Transmission d'aberrations chromosomiques induites par divisions mitotiques successives dans les lymphocytes humains après irradiation in vitro et In Vivo*

21. **Mabille, H. Beauvais-March, J. L. Rehel, G. Kalifa (2005) :** *Evaluation des doses d'irradiation aux organes en scanographie pédiatrique, J. Radiol. 86, 487-491*.

22. **Mbo Amvene, Mbo Amvene J., Daoba J., Soumayah B., Kouong J., Kueté Fomekong U., Nko'o Amvene, (2017)** *Evaluation de la dose d'entrée des rayons lors de la radiographie du thorax en pédiatrie. Vol.18 P10*

23. **Maurice Tubiana, (2008)** *Radiobiologie ; Radiothérapie et Radioprotection Bases fondamentales.vol.502 P171*.

24. **Massolokonon Vincent, (2017)** Cours histologie des tissus irradiés.

25. **M'kacher Radhia, Bruno Colicchio, Claire Borie, Noufissa Oudrhiri, Nadège Wilhem, Catherine Ferrapie, Micheline Arnoux, Leonhard Heidingsfeider, Alain Dieterlen, Annelise Bennaceur-Griscelli, Theodore Girinsky, Patrice Carde, Nathalie Auger, Eric Jeandidier (2014)** *Scoring of chromosomal aberration following telomere and telomere FISH painting using PNA probes : needs and perspectives***.**Vol.20 P2-3

26. **M'kacher Radhia, (2017)** *Cells α Environement (France). Cours de Radiobiologie. Ecole Doctorale des Sciences de l'Ingénieur (UAC). Marquage télomère /centromère*

27. **Morine Delchambre, (2012)** *Calcul de la dose efficace cumulée reçue par nos patients en tomodensitométrie diagnostique : création d'un outil informatique pour le médecin généraliste. Médecine humaine et pathologie. 2012. dumas-00745007 P.21 ; 28 ; 56 ; 69-71/89*

28. **Ministère de la santé, (2013)** *Plan stratégique de lutte contre le cancer 2013-2017*.

29. **Michel Bourguignon, Bérard P., Bertho JM, Farah J, Mercat C., (2017)** Radioprotection Quel avenir ? P.16 www.radioprotection.org.SFRP.

30. **Michel Rossi, (2021)** *Schéma illustratif des actions directe et indirecte des radiations ionisantes sur l'ADN*. Accès sur le site https//.www.tel.archives-ouvertes.fr. Cours de radioprotection et radiopathologie vol. 10 P3 consulté 21 décembre 2021.

31. **Nikiema Zakari, Tankoano Aida Ida, Bicaba Dominique, Sombié Issaka, Zoungrana Bintou, Cissé Rabiou (2012).** *Évaluation des connaissances des praticiens sur la Radioprotection des patients au Burkina Faso.P.1-2 /5.*

32. **Organisation Mondiale de la Santé (OMS)**, ***(2013)*** *Guide Pratique sur l'application au règlement relatif au transport des matières infectieuses.Vol.32 P7-20*

33. **P. Ongolo-Zogo, C.Mpeke Makubangele, B. Moifo et J. Gonsu Fotsin, (2014)**. *Evaluation de la dose patiente en Scanographie pédiatrique dans deux hôpitaux universitaires à Yaoundé Cameroun (vol.47 P.534et 541).*

34. **Petit Larousse, (2016**) de *langue Françaises.*

35. **SFIPP (2006)** *Critères de qualité et optimisation des doses en scanographie chez l'enfant. Accès le 03 juin 2017 sur* *http://www.sfipradiopediatrie.org/images/stories/docs_telechargement/guideprocedurestdmpedi06.pdf.*

36. **SFR (2009)** *Guide pratique à l'usage des médecins radiologues. Accès le 02 juillet 2017 sur* *http://www.sfrnet.org/sfr/societe/2-publications/publications-sfr/01_Guides2009/index.phtml*

37. **Shrimpton PC ET Wall BF., (2000)** *Doses for pediatric tomography. Radiation protection dosimetry, 2000, Vol.90, NOS1-2 P248-252*

38. **Segda D., (2018)** *Etude des doses délivrées aux patients adultes en tomodensitométrie dans le service d'imagerie médicale du CHU-YO. Thèse. Soutenue le 22/02/2018*

39. **Valentin J., (2007)**, *Managing patient dose in multi-detector computed tomography, Ann. ICRP 37, P1-79*

40. **Wiber deck et Aimé Robert le Blanc, (2011)**. *Tomodensitométrie et ses effets cancérigènes chez les enfants et les jeunes au Quebec. Vol.79 P25-26*

41. **Zinsou Boniface, (2014)** Etudes anomalies chromosomiques radio induites dans les lymphocytes des concasseurs de pierres granitiques de la carrière d'Itchédoun à GLAZOUE au Bénin (EACRLCIG-Bénin). Vol. 74 P13 Mémoire Master. Soutenu le 10 Novembre 2014.

42. *www.radioprotection.org an overview of exposure parameters, dose measurement and strategies of dose redaction in pediatric CT examination (P10-13).*

43. *www.irinnews.org/fr/report du 14 juin 2014) consulté le 02 juin 2017*

44. *www.researchgate.net /publication consulté 18 mai 2018*

45. *www.guidekt.net>> transferts ucad consulté le 16/09/2018 cours 5 bases physiques de la radiologie aux rayons X.*

46. *www.irsn.fr consulté 24 juin 2019, Commission Internationale Protection Radiologique 103.*

47. *www.irsn.fr consulté 24 juin 2019, Commission Internationale Protection Radiologique 60.*

ANNEXES

ANNEXE 1: Fiche de recrutement

Identification

DATE : _____ Code Patient : _____

AGE :

SEXE : Masculin ☐ Féminin ☐

ENVIRONNEMENT D'HABITATION……

TRAITEMENT MEDICAL FAIT : OUI ☐ NON ☐

QUELS MEDICAMENT VOUS UTILISER ……

……

AVOIR SUBI DES EXAMENS UTILISANT LES RI

- RADIOGRAPHIE : OUI ☐ NON ☐
  SI OUI LESQUELS …….
- SCANNER: OUI ☐ NON ☐
  COMBIEN DE FOIS…… ET QUELLE PARTIE DU CORPS……...

- PET: OUI ☐ NON ☐
- SCINTIGRAPHIE: OUI ☐ NON ☐
- MEDECINE NUCLAIRE: OUI ☐ NON ☐
- RADIOTHERAPIE: OUI ☐ NON ☐

EXPOSITION AUX FACTEURS RADIOSENSIBILISATEURS :

- PESTICIDES : OUI ☐ NON ☐
- BENZENE : OUI ☐ NON ☐
- POLUTION INDUSTRIELLE : OUI ☐ NON ☐
- METAUX LOURDS : OUI ☐ NON ☐

VOYAGE EN HAUTE ALTITUDE PAR AVION :

OUI ☐ COMBIEN DE FOIS……. NON ☐

ANNEXE 2 : Lettre d'information aux Participants

Je sollicite votre participation à mon projet de recherche. Cependant, avant d'accepter de participer à ce projet, il est important de bien lire et bien comprendre ce qui va suivre et de considérer attentivement les renseignements liés à cette recherche. S'il y a des mots que vous ne comprenez pas. Je vous invite à poser toutes les questions que vous jugerez utiles afin que vous ayez une explication claire sur notre de recherche. Vous pouvez aussi consulter vos proches ou amis sur le sujet.

1. Nature de la Recherche

Mon étude portera sur les effets des rayonnements émis par le scanner lors des examens abdomino-pelviens fait aux enfants. Le recrutement de votre enfant après l'examen de scanner nous permettra de savoir ce qui s'est passé dans son sang après la fin de l'examen. Cela consiste à faire un prélèvement sur votre enfant avant l'examen de scanner et un prélèvement après.IL y aura aux total 10 enfants qui vont participer. Cette étude permettra d'améliorer le matériel technique de travail et aussi de faire évoluer la science.

2. Risques éventuels

Lors du prélèvement l'enfant ne pourra ressentir qu'une légère douleur au point de prélèvement et une rougeur/enflure peut persister quelque temps. Normalement ces signes disparaissent d'eux-mêmes en 1 à 2 jours. Les règles d'asepsie rigoureuse seront appliquées pour éviter d'éventuelles infections.

3. Participation volontaire et possibilité de retrait

Votre participation à ce projet de recherche est volontaire. Vous êtes donc libre d'accepter comme de refuser d'y participer avec votre enfant. Vous pouvez également vous retirer de ce projet à n'importe quel moment, sans avoir à donner de raisons, en faisant connaître votre décision en aucune personne. Cela n'aura aucune conséquence sur la qualité des soins et des services auxquels vous avez droit.

4. La confidentialité

Tous les renseignements personnels recueillis auprès de l'enfant au cours de l'étude seront codifiés afin d'assurer leur confidentialité. Seuls les membres de l'équipe de recherche y auront accès. Cependant, à des fins de contrôle, les résultats de la recherche pourraient être consultés par une personne mandatée par le Comité d'éthique ou les autorités de réglementation. Ces données seront conservées sous clé au (lieu) pour une période de 5 ans après quoi, elles seront détruites. En cas de présentation de résultats ou de publication, rien ne pourra permettre de vous identifier.

5. Droit du participant

En acceptant de participer à cette étude, vous ne renoncez à aucun de vos droits civils ni auprès de celui qui fait le prélèvement ou même de l'établissement. Un formulaire de consentement éclairé sera joins en annexe.

Annexe 3 : Formulaire de consentement éclairé.

Formulaire de consentement éclairé.

D'une part au participant :

En ma qualité de représentant légal, j'ai pris connaissance du formulaire d'information et de consentement. Je reconnais qu'on m'a expliqué le projet, qu'on a répondu à mes questions à ma satisfaction et qu'on m'a laissé le temps voulu pour prendre une décision.

Après réflexion, j'accepte que mon enfant ou l'enfant que je représente participe à ce projet de recherche aux conditions qui y sont énoncées. Une copie signée et datée du présent formulaire d'information et de consentement me sera remise.

_____

Nom de l'enfant mineur

_____ _____

Nom du représentant légal (parent ou tuteur) Signature

Signé : à_____ le, _____ 20_____

D'autre part au chercheur

« Je, soussigné (e),….. certifie

(a) avoir expliqué au signataire les termes du présent formulaire;

(b) avoir répondu aux questions qu'il m'a posées à cet égard;

(c) lui avoir clairement indiqué qu'il reste, à tout moment, libre de mettre un terme à sa participation au projet de recherche décrit ci-dessus;

(d) que je lui remettrai une copie signée et datée du présent formulaire

_____

Signature de l'Investigateur principal

Signé à _____ le_____, 20___

Annexe 4: Enfant d'âge scolaire.

Formulaire de consentement Eclairé.

Je déclare avoir lu et compris le présent projet, la nature et l'ampleur de ma participation, ainsi que les risques et les inconvénients auxquels je m'expose tels que présentés dans le présent formulaire d'information qui m'a été remis. J'ai eu l'occasion de poser toutes les questions concernant les différents aspects de l'étude et de recevoir des réponses à ma satisfaction.

Je, soussigné(e), accepte volontairement de participer à cette étude. Je peux me retirer en tout temps sans préjudice d'aucune sorte. Je certifie qu'on m'a laissé le temps voulu pour prendre ma décision.
Une copie signée de ce formulaire d'information et de consentement me sera remise.

_____ _____

Nom et Prénom du participant Signature

_____

Signature de l'Investigateur principal

Signé à_____ le, _____ 20_____

Annexe 5 : **Certificat du Comité d'éthique**.

MINISTERE DE LA SANTE

MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS SUPERIEURS, DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET DE L'INNOVATION

COMITE D'ETHIQUE POUR LA RECHERCHE EN SANTE (CERS)

BURKINA FASO
UNITE - PROGRES - JUSTICE

CERTIFICAT ETHIQUE

Le Président du Comité d'éthique pour la recherche en santé

A

Monsieur KALAGA Issoufou
Etudiant

Je voudrais par le présent porter à votre connaissance que le **Comité d'éthique pour la recherche en santé** (CERS), par délibération N° 2018-01-002, après examen de votre protocole intitulé : «Analyse cytogénétique des aberrations chromosomiques dans les lymphocytes de patients pédiatriques au scanner abdomino-pelvien à l'hôpital Yalgado Ouédraogo » (Burkina Faso),

- **a émis un avis favorable.**

Ce certificat est valable pour une durée de un (01) an, renouvelable sur demande accompagnée d'un rapport annuel.

Aussi, un rapport d'exécution de fin d'étude sera transmis au CERS.

Veuillez agréer, Monsieur, l'expression de ma parfaite collaboration.

Président

Pr. Séni KOUANDA, Directeur de recherche
Chevalier de l'Ordre des Palmes Académiques

ANNEXE 6

MINISTÈRE DE LA SANTÉ
SECRÉTARIAT GÉNÉRAL
CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE
YALGADO OUEDRAOGO
DIRECTION GÉNÉRALE

BURKINA FASO
Unité-Progrès Justice

"Votre santé, notre raison d'être"

N°239/MS/SG/CHU-YO/DG/P-M

Ouagadougou, le 23 MARS 2018

Le Directeur Général

A

Monsieur KALAGA Issoufou
Cel. : 70 39 12 10
- OUAGADOUGOU -

Objet : demande de collecte de données.

Monsieur,

J'accuse réception de votre lettre relative à l'objet ci-dessus cité, par laquelle vous solliciter la collecte des données dans le service de la Parasitologie de mon établissement.

J'ai le plaisir de vous informer que je marque mon accord pour le déroulement de ladite collecte.

Pour les modalités pratiques, vous voudrez bien prendre attache avec le chef de service concerné.

Vous en souhaitant bonne réception, veuillez agréer, **Monsieur KALAGA Issoufou,** l'expression de nos salutations distinguées.

Ampliation :
- DRH
- DSIO
- Parasitologie
- Chrono

Le Directeur Général
Constant DAHOUROU
Administrateur des Hôpitaux et des Services de Santé

Tél : (00226) 25 31 16 55 / 56 / 57 - Fax : (00226) 25 31 18 48 - E-mail : chuyobf@gmail.com

Site web : www.chuyobf.org

Annexe 7 : Feuille de relevé dosimétrique.

N°	Patient data		Series label	Dose data displayed			Exposure parameters (optional)									
	Age (years / months for children)	Weight (kg)		CTDI (mGy)	DLP (mGy.cm)	Reference phantom (16/32 cm)**	axial/ helical	Pitch, p	kV	Rotation time, s	Beam width (NxT), mm	Reconstructed slise thickness	Reconstr. kernel	AEC used?	mA	Comment
1																
2																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																
30																

**Non contrast / Bolus tracking or smart prep / Arterial phase / Venous phase / Delayed phase*

***Leave blank if the phantom size is not displayed*

Form 2

Annexe 8 : Facteurs de conversion de référence selon l'âge du patient et de la région anatomique.

Age de référence	**Nouveau-né**	**1 an**	**5 ans**	**10 ans**
Abdomen+/-pelvis	0.049	0.03	0.02	0.015

Extrait : Thèse de Morine Delchambre. Calcul de la dose efficace cumulée reçue par nos patients en tomodensitométrie diagnostique : création d'un outil informatique pour le médecin généraliste. Médecine humaine et pathologie. 2012. dumas-00745007

- **Annexe 9 :** Curriculum Vitae de l'Investigateur Principal
- **Annexe 10:** Curriculum Vitae du Superviseur
- **Annexe 11:** Curriculum Vitae du Co-Superviseur ou Superviseur du Nord.
- **Annexe 12 :** Curriculum Vitae du Superviseur Local

TABLE DES MATIERES

LISTE DES ENSEIGNANTS ii
DEDICACE iii
REMERCIEMENTS iv
LISTE DES FIGURES vi
LISTE DES TABLEAUX. vii
RESUME viii
ABSTRACT. ix
LISTE DES SIGLES. ABREVIATIONS ET ACRONYMES. x
SOMMAIRE xii
INTRODUCTION 1
CHAPITRE I: CADRE THÉORIQUE DE L'ÉTUDE 4
1.1 CONTEXTE ET JUSTIFICATION 5
1.2 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE 6
1.3 QUESTIONS DE RECHERCHE 6
CHAPITRE II: GENERALITES SUR LES RAYONNEMENTS IONISANTS 7
2.1 DEFINITIONS ET CONCEPTS 8
2.2 RAPPEL SUR LES RAYONNEMENTS IONISANTS 9
2.2.1 RAYONNEMENTS IONISANTS ET LEURS CARACTÉRISTIQUES 9
1.2.2 GRANDEURS DOSIMÉTRIQUES PHYSIQUES 11
2.2.3 QUELQUES PARAMÈTRES UTILISÉS EN SCANOGRAPHIE 11
2.2.4 MÉCANISMES DE FORMATION DES ABERRATIONS CHROMOSOMIQUES 12
2.2.5 ABERRATIONS CHROMOSOMIQUES 14
2.2.5.1 Aberrations chromosomiques instables 15
2.2.5.2 Aberrations chromosomiques stables 16
2.3 DOSIMÉTRIE BIOLOGIQUE 17
2.3.1 DOSIMÉTRIE BIOLOGIQUE STANDARD 17
2.3.2 DOSIMÉTRIE CLINIQUE 18
2.3.3 DOSIMÉTRIE BIOLOGIQUE HÉMATOLOGIQUE 19
2.3.4 DOSIMÉTRIE MOLÉCULAIRE 19
2.3.5 DOSIMÉTRIE BIOLOGIQUE RÉTROSPECTIVE 19
2.4 EFFETS PATHOLOGIQUES DES RAYONNEMENTS IONISANTS. 19
2.4.1 EFFETS DÉTERMINISTES 20

2.4.2 EFFETS STOCHASTIQUES 21
2.5 RADIOPROTECTION DES PATIENTS 21
CHAPITRE III: MÉTHODOLOGIE 23
3.1 CADRE DE L'ÉTUDE 24
3.2 MATÉRIELS ET MÉTHODES DE l' ETUDE 25
3.2.1 MATÉRIELS 25
3.2.2 MÉTHODE 26
3.2.2.1 Type et période d'étude 26
3.2.2.2 Population 26
3.2.2.3 Échantillonnage 26
3.2.2.4 Considérations éthiques 27
3.2.2.5 Prélèvements sanguins 27
3.2.2.6 Transport 28
3.2.2.7 Culture cellulaire 29
3.2.2.7.1 Préparation des chromosomes métaphasiques 29
3.2.2.7.2 Technique de marquage télomère et centromère 30
3.2.2.7.3 Capture et analyse des métaphases 31
3.2.2.8. Evaluation de la dose physique délivrée au patient 31
3.2.3 ANALYSE ET TRAITEMENT DES DONNÉES 32
CHAPITRE IV: RESULTATS 33
4.1 RESULTATS 34
4.1.1 CARACTÉRISTIQUE SOCIO DÉMOGRAPHIQUES DE NOS PATIENTS 34
4.1.2 INDICATION LIÉE À L'EXAMEN DE SCANNER 34
4.1.3 QUANTIFICATION DES DOSES PHYSIQUES ADMINISTRÉES 34
4.1.4. DÉNOMBREMENT DES ABERRATIONS CHROMOSOMIQUES 37
4.1.5 CORRÉLATION ENTRE L'APPARITION DES ABERRATIONS ET LES DOSES PHYSIQUES ADMINISTRÉES. 39
4.2. DISCUSSION 40
4.2.1 CARACTÉRISTIQUES SOCIO DÉMOGRAPHIQUES 40
4.2.2. ANALYSE DES VALEURS DE DOSES D'EXPOSITION 40
4.2.3. PRÉSENCE D'ABERRATIONS CHROMOSOMIQUES CHEZ LES TÉMOINS 41
4.2.4 ABERRATIONS CHROMOSOMIQUES APRÈS LA TDM 42
4.2.5. RELATION ENTRE L'APPARITION DES ABERRATIONS CHROMOSOMIQUES ET LA DOSE D'EXPOSITION 42

4.2.6 LIMITES OU CONTRAINTES DE L'ÉTUDE 43
4.3 SUGGESTIONS ET REGLES DE RADIOPROTECTION 44
CONCLUSION 45
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 48
ANNEXES 52
TABLE DES MATIERES 61