



**HAL**  
open science

# Étude du port des dosimètres passifs et opérationnels dans les blocs opératoires du CHU de Rouen. Utilisation des équipements de protection individuelle et collective de radioprotection au sein des blocs opératoires

Clément Inaudi

## ► To cite this version:

Clément Inaudi. Étude du port des dosimètres passifs et opérationnels dans les blocs opératoires du CHU de Rouen. Utilisation des équipements de protection individuelle et collective de radioprotection au sein des blocs opératoires. Médecine humaine et pathologie. 2020. dumas-02962726

**HAL Id: dumas-02962726**

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02962726v1>

Submitted on 9 Oct 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**Etude du port des dosimètres passifs et opérationnels dans les blocs opératoires du CHU de ROUEN**

-

**Utilisation des équipements de protection individuelle et collective de radioprotection au sein des blocs opératoires**

THESE

PRESENTEE POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MEDECINE

DIPLOME D'ETAT

SPECIALITE MEDECINE DU TRAVAIL

-

**Clément INAUDI**

-

THESE SOUTENUE PUBLIQUEMENT A LA FACULTE DE MEDECINE DE ROUEN

Le 14/09/2020

DEVANT LE JURY COMPOSE DE :

Président du jury :

Professeur Jean-François GEHANNO

Membres :

Professeur Jean-Nicolas DACHER

Professeur Joël LECHEVALIER

Docteur Laetitia ROLLIN

Nathaniel IZAMBARD

**ANNEE UNIVERSITAIRE 2019 - 2020**

**U.F.R. SANTÉ DE ROUEN**

-----

DOYEN : **Professeur Benoît VEBER**

ASSESEURS : **Professeur Michel GUERBET**  
**Professeur Agnès LIARD**  
**Professeur Guillaume SAVOYE**

**I - MEDECINE**

**PROFESSEURS DES UNIVERSITES – PRATICIENS HOSPITALIERS**

Mr Frédéric <b>ANSELME</b>	HCN	Cardiologie
Mme Gisèle <b>APTER</b>	Havre	Pédopsychiatrie
Mme Isabelle <b>AUQUIT AUCKBUR</b>	HCN	Chirurgie plastique
Mr Jean-Marc <b>BASTE</b>	HCN	Chirurgie Thoracique
Mr Fabrice <b>BAUER</b>	HCN	Cardiologie
Mme Soumeya <b>BEKRI</b>	HCN	Biochimie et biologie moléculaire
Mr Ygal <b>BENHAMOU</b>	HCN	Médecine interne
Mr Jacques <b>BENICHOU</b>	HCN	Bio statistiques et informatique médicale
Mr Olivier <b>BOYER</b>	UFR	Immunologie
Mme Sophie <b>CANDON</b>	HCN	Immunologie
Mr François <b>CARON</b>	HCN	Maladies infectieuses et tropicales
Mr Philippe <b>CHASSAGNE</b>	HCN	Médecine interne (gériatrie)
Mr Vincent <b>COMPERE</b>	HCN	Anesthésiologie et réanimation chirurgicale
Mr Jean-Nicolas <b>CORNU</b>	HCN	Urologie

Mr Antoine <b>CUVELIER</b>	HB	Pneumologie
Mr Jean-Nicolas <b>DACHER</b>	HCN	Radiologie et imagerie médicale
Mr Stéfan <b>DARMONI</b> communication	HCN	Informatique médicale et techniques de
Mr Pierre <b>DECHELOTTE</b>	HCN	Nutrition
Mr Stéphane <b>DERREY</b>	HCN	Neurochirurgie
Mr Frédéric <b>DI FIORE</b>	CHB	Cancérologie
Mr Fabien <b>DOGUET</b>	HCN	Chirurgie Cardio Vasculaire
Mr Jean <b>DOUCET</b>	SJ	Thérapeutique - Médecine interne et gériatrie
Mr Bernard <b>DUBRAY</b>	CHB	Radiothérapie
Mr Frank <b>DUJARDIN</b>	HCN	Chirurgie orthopédique - Traumatologique
Mr Fabrice <b>DUPARC</b> traumatologique	HCN	Anatomie - Chirurgie orthopédique et
Mr Eric <b>DURAND</b>	HCN	Cardiologie
Mr Bertrand <b>DUREUIL</b>	HCN	Anesthésiologie et réanimation chirurgicale
Mme Hélène <b>ELTCHANINOFF</b>	HCN	Cardiologie
Mr Manuel <b>ETIENNE</b>	HCN	Maladies infectieuses et tropicales
Mr Thierry <b>FREBOURG</b>	UFR	Génétique
Mr Pierre <b>FREGER</b> ( <i>surnombre</i> )	HCN	Anatomie - Neurochirurgie
Mr Jean François <b>GEHANNO</b>	HCN	Médecine et santé au travail
Mr Emmanuel <b>GERARDIN</b>	HCN	Imagerie médicale
Mme Priscille <b>GERARDIN</b>	HCN	Pédopsychiatrie
M. Guillaume <b>GOURCEROL</b>	HCN	Physiologie
Mr Dominique <b>GUERROT</b>	HCN	Néphrologie
Mr Olivier <b>GUILLIN</b>	HCN	Psychiatrie Adultes
Mr Claude <b>HOUDAYER</b>	HCN	Génétique
Mr Fabrice <b>JARDIN</b>	CHB	Hématologie
Mr Luc-Marie <b>JOLY</b>	HCN	Médecine d'urgence
Mr Pascal <b>JOLY</b>	HCN	Dermato – Vénérologie
Mme Bouchra <b>LAMIA</b>	Havre	Pneumologie
Mme Annie <b>LAQUERRIERE</b>	HCN	Anatomie et cytologie pathologiques

Mr Vincent <b>LAUDENBACH</b>	HCN	Anesthésie et réanimation chirurgicale
Mr Joël <b>LECHEVALLIER</b>	HCN	Chirurgie infantile
Mr Hervé <b>LEFEBVRE</b>	HB	Endocrinologie et maladies métaboliques
Mr Thierry <b>LEQUERRE</b>	HCN	Rhumatologie
Mme Anne-Marie <b>LEROI</b>	HCN	Physiologie
Mr Hervé <b>LEVESQUE</b>	HCN	Médecine interne
Mme Agnès <b>LIARD-ZMUDA</b>	HCN	Chirurgie Infantile
Mr Pierre Yves <b>LITZLER</b>	HCN	Chirurgie cardiaque
Mr Bertrand <b>MACE</b>	HCN	Histologie, embryologie, cytogénétique
M. David <b>MALTETE</b>	HCN	Neurologie
Mr Christophe <b>MARGUET</b>	HCN	Pédiatrie
Mme Isabelle <b>MARIE</b>	HCN	Médecine interne
Mr Jean-Paul <b>MARIE</b>	HCN	Oto-rhino-laryngologie
Mr Loïc <b>MARPEAU</b>	HCN	Gynécologie - Obstétrique
Mr Stéphane <b>MARRET</b>	HCN	Pédiatrie
Mme Véronique <b>MERLE</b>	HCN	Epidémiologie
Mr Pierre <b>MICHEL</b>	HCN	Hépatogastro-entérologie
M. Benoit <b>MISSET</b> ( <i>détachement</i> )	HCN	Réanimation Médicale
Mr Marc <b>MURAINÉ</b>	HCN	Ophthalmologie
Mr Christophe <b>PEILLON</b>	HCN	Chirurgie générale
Mr Christian <b>PFISTER</b>	HCN	Urologie
Mr Jean-Christophe <b>PLANTIER</b>	HCN	Bactériologie - Virologie
Mr Didier <b>PLISSONNIER</b>	HCN	Chirurgie vasculaire
Mr Gaëtan <b>PREVOST</b>	HCN	Endocrinologie
Mr Jean-Christophe <b>RICHARD</b> ( <i>détachement</i> )	HCN	Réanimation médicale - Médecine d'urgence
Mr Vincent <b>RICHARD</b>	UFR	Pharmacologie
Mme Nathalie <b>RIVES</b>	HCN	Biologie du développement et de la reproduction
Mr Horace <b>ROMAN</b> ( <i>disponibilité</i> )	HCN	Gynécologie - Obstétrique
Mr Jean-Christophe <b>SABOURIN</b>	HCN	Anatomie – Pathologie

Mr Mathieu <b>SALAUN</b>	HCN	Pneumologie
Mr Guillaume <b>SAVOYE</b>	HCN	Hépatogastrologie
Mme Céline <b>SAVOYE-COLLET</b>	HCN	Imagerie médicale
Mme Pascale <b>SCHNEIDER</b>	HCN	Pédiatrie
Mr Lilian <b>SCHWARZ</b>	HCN	Chirurgie Viscérale et Digestive
Mr Michel <b>SCOTTE</b>	HCN	Chirurgie digestive
Mme Fabienne <b>TAMION</b>	HCN	Thérapeutique
Mr Luc <b>THIBERVILLE</b>	HCN	Pneumologie
Mr Hervé <b>TILLY</b> ( <i>surnombre</i> )	CHB	Hématologie et transfusion
M. Gilles <b>TOURNEL</b>	HCN	Médecine Légale
Mr Olivier <b>TROST</b>	HCN	Anatomie -Chirurgie Maxillo-Faciale
Mr Jean-Jacques <b>TUECH</b>	HCN	Chirurgie digestive
Mr Benoît <b>VEBER</b>	HCN	Anesthésiologie - Réanimation chirurgicale
Mr Pierre <b>VERA</b>	CHB	Biophysique et traitement de l'image
Mr Eric <b>VERIN</b>		Les Herbiers Médecine Physique et de Réadaptation
Mr Eric <b>VERSPYCK</b>	HCN	Gynécologie obstétrique
Mr Olivier <b>VITTECOQ</b>	HC	Rhumatologie
Mme Marie-Laure <b>WELTER</b>	HCN	Physiologie

### **MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES – PRATICIENS HOSPITALIERS**

Mme Najate <b>ACHAMRAH</b>	HCN	Nutrition
Mme Noëlle <b>BARBIER-FREBOURG</b>	HCN	Bactériologie – Virologie
Mr Emmanuel <b>BESNIER</b>	HCN	Anesthésiologie - Réanimation
Mme Carole <b>BRASSE LAGNEL</b>	HCN	Biochimie
Mme Valérie <b>BRIDOUX HUYBRECHTS</b>	HCN	Chirurgie Vasculaire
Mr Gérard <b>BUCHONNET</b>	HCN	Hématologie

Mme Mireille <b>CASTANET</b>	HCN	Pédiatrie
Mme Nathalie <b>CHASTAN</b>	HCN	Neurophysiologie
Mr Moïse <b>COEFFIER</b>	HCN	Nutrition
Mr Serge <b>JACQUOT</b>	UFR	Immunologie
Mr Joël <b>LADNER</b>	HCN	Epidémiologie, économie de la santé
Mr Jean-Baptiste <b>LATOUCHE</b>	UFR	Biologie cellulaire
M. Florent <b>MARGUET</b>	HCN	Histologie
Mme Chloé <b>MELCHIOR</b>	HCN	Gastroentérologie
Mr Thomas <b>MOUREZ</b> ( <i>détachement</i> )	HCN	Virologie
Mr Gaël <b>NICOLAS</b>	UFR	Génétique
Mme Muriel <b>QUILLARD</b>	HCN	Biochimie et biologie moléculaire
Mme Laëtitia <b>ROLLIN</b>	HCN	Médecine du Travail
Mme Pascale <b>SAUGIER-VEBER</b>	HCN	Génétique
Mme Anne-Claire <b>TOBENAS-DUJARDIN</b>	HCN	Anatomie
Mr David <b>WALLON</b>	HCN	Neurologie
Mr Julien <b>WILS</b>	HCN	Pharmacologie

### **PROFESSEUR AGREGE OU CERTIFIE**

Mr Thierry <b>WABLE</b>	UFR	Communication
Mme Mélanie <b>AUVRAY-HAMEL</b>	UFR	Anglais

## II - PHARMACIE

### PROFESSEURS DES UNIVERSITES

Mr Jérémy <b>BELLIEN</b> (PU-PH)	Pharmacologie
Mr Thierry <b>BESSON</b>	Chimie Thérapeutique
Mr Jean <b>COSTENTIN</b> (Professeur émérite)	Pharmacologie
Mme Isabelle <b>DUBUS</b>	Biochimie
Mr Abdelhakim <b>EL OMRI</b>	Pharmacognosie
Mr François <b>ESTOUR</b>	Chimie Organique
Mr Loïc <b>FAVENNEC</b> (PU-PH)	Parasitologie
Mr Jean Pierre <b>GOULLE</b> (Professeur émérite)	Toxicologie
Mr Michel <b>GUERBET</b>	Toxicologie
Mme Christelle <b>MONTEIL</b>	Toxicologie
Mme Martine <b>PESTEL-CARON</b> (PU-PH)	Microbiologie
Mr Rémi <b>VARIN</b> (PU-PH)	Pharmacie clinique
Mr Jean-Marie <b>VAUGEOIS</b>	Pharmacologie
Mr Philippe <b>VERITE</b>	Chimie analytique

### MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

Mme Cécile <b>BARBOT</b>	Chimie Générale et Minérale
Mr Frédéric <b>BOUNOURE</b>	Pharmacie Galénique
Mr Thomas <b>CASTANHEIRO MATIAS</b>	Chimie Organique
Mr Abdeslam <b>CHAGRAOUI</b>	Physiologie
Mme Camille <b>CHARBONNIER (LE CLEZIO)</b>	Statistiques
Mme Elizabeth <b>CHOSSON</b>	Botanique
Mme Marie Catherine <b>CONCE-CHEMTOB</b>	Législation pharmaceutique et économie de la santé



Mme Cécile <b>CORBIERE</b>	Biochimie
Mme Nathalie <b>DOURMAP</b>	Pharmacologie
Mme Isabelle <b>DUBUC</b>	Pharmacologie
Mme Dominique <b>DUTERTE- BOUCHER</b>	Pharmacologie
Mr Gilles <b>GARGALA</b> (MCU-PH)	Parasitologie
Mme Nejla EL <b>GHARBI-HAMZA</b>	Chimie analytique
Mme Marie-Laure <b>GROULT</b>	Botanique
Mr Hervé <b>HUE</b>	Biophysique et mathématiques
Mme Hong <b>LU</b>	Biologie
Mme Marine <b>MALLETER</b>	Toxicologie
M. Jérémie <b>MARTINET</b> (MCU-PH)	Immunologie
Mme Tiphaine <b>ROGEZ-FLORENT</b>	Chimie analytique
Mr Mohamed <b>SKIBA</b>	Pharmacie galénique
Mme Malika <b>SKIBA</b>	Pharmacie galénique
Mme Christine <b>THARASSE</b>	Chimie thérapeutique
Mr Frédéric <b>ZIEGLER</b>	Biochimie

### **PROFESSEURS ASSOCIES**

Mme Cécile <b>GUERARD-DETUNCQ</b>	Pharmacie officinale
Mme Caroline <b>BERTOUX</b>	Pharmacie

### **PAU-PH**

M. Mikaël **DAOUPHARS**

### **PROFESSEUR CERTIFIE**

Mme Mathilde <b>GUERIN</b>	Anglais
----------------------------	---------

### **ASSISTANTS HOSPITALO-UNIVERSITAIRES**

Mme Alice <b>MOISAN</b>	Virologie
M. Henri <b>GONDÉ</b>	Pharmacie

## **ATTACHES TEMPORAIRES D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE**

M. Abdel **MOUHAJIR** Parasitologie

M. Maxime **GRAND** Bactériologie

## **ATTACHE TEMPORAIRE D'ENSEIGNEMENT**

Mme Ramla **SALHI** Pharmacognosie

<h2><b>LISTE DES RESPONSABLES DES DISCIPLINES PHARMACEUTIQUES</b></h2>
--

Mme Cécile **BARBOT** Chimie Générale et minérale

Mr Thierry **BESSON** Chimie thérapeutique

Mr Abdeslam **CHAGRAOUI** Physiologie

Mme Elisabeth **CHOSSON** Botanique

Mme Marie-Catherine **CONCE-CHEMTOB** Législation et économie de la santé

Mme Isabelle **DUBUS** Biochimie

Mr Abdelhakim **EL OMRI** Pharmacognosie

Mr François **ESTOUR** Chimie organique

Mr Loïc **FAVENNEC** Parasitologie

Mr Michel **GUERBET** Toxicologie

Mme Martine **PESTEL-CARON** Microbiologie

Mr Mohamed **SKIBA** Pharmacie galénique

Mr Rémi **VARIN** Pharmacie clinique

M. Jean-Marie **VAUGEOIS** Pharmacologie

Mr Philippe **VERITE** Chimie analytique

### **III – MEDECINE GENERALE**

#### **PROFESSEUR MEDECINE GENERALE**

Mr Jean-Loup **HERMIL** (PU-MG)      UFR    Médecine générale

#### **MAITRE DE CONFERENCE MEDECINE GENERALE**

Mr Matthieu **SCHUERS** (MCU-MG)      UFR    Médecine générale

#### **PROFESSEURS ASSOCIES A MI-TEMPS – MEDECINS GENERALISTE**

Mr Emmanuel **LEFEBVRE**                      UFR    Médecine Générale

Mme Elisabeth **MAUVIARD**                      UFR    Médecine générale

Mr Philippe **NGUYEN THANH**                      UFR    Médecine générale

Mme Yveline **SEVRIN**                              UFR    Médecine générale

Mme Marie Thérèse **THUEUX**                      UFR    Médecine générale

#### **MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE A MI-TEMPS – MEDECINS GENERALISTES**

Mr Pascal **BOULET**                              UFR    Médecine générale

Mme Laëtitia **BOURDON**                      UFR    Médecine Générale

Mr Emmanuel **HAZARD**                              UFR    Médecine Générale

Mme Lucile **PELLERIN**                              UFR    Médecine générale

## ENSEIGNANTS MONO-APPARTENANTS

### PROFESSEURS

Mr Paul **MULDER** (phar) Sciences du Médicament  
Mme Su **RUAN** (med) Génie Informatique

### MAITRES DE CONFERENCES

Mr Sahil **ADRIOUCH** (med) Biochimie et biologie moléculaire (Unité Inserm 905)  
Mme Gaëlle **BOUGEARD-DENOYELLE** (med) Biochimie et biologie moléculaire (UMR 1079)  
Mme Carine **CLEREN** (med) Neurosciences (Néovasc)  
M. Sylvain **FRAINEAU** (med) Physiologie (Inserm U 1096)  
Mme Pascaline **GAILDRAT** (med) Génétique moléculaire humaine (UMR 1079)  
Mr Nicolas **GUEROUT** (med) Chirurgie Expérimentale  
Mme Rachel **LETELLIER** (med) Physiologie  
Mr Antoine **OUVRARD-PASCAUD** (med) Physiologie (Unité Inserm 1076)  
Mr Frédéric **PASQUET** Sciences du langage, orthophonie  
  
Mme Christine **RONDANINO** (med) Physiologie de la reproduction  
Mr Youssan Var **TAN** Immunologie  
Mme Isabelle **TOURNIER** (med) Biochimie (UMR 1079)

### **CHEF DES SERVICES ADMINISTRATIFS : Mme Véronique DELAFONTAINE**

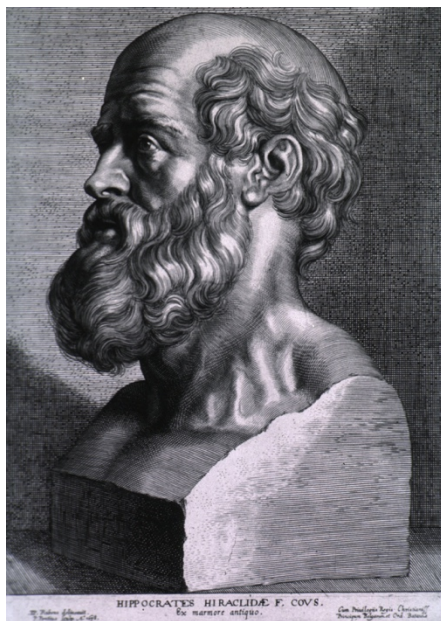
*HCN - Hôpital Charles Nicolle*

*HB - Hôpital de BOIS GUILLAUME*

*CB - Centre Henri Becquerel*

*CHS - Centre Hospitalier Spécialisé du Rouvray*

*CRMPR - Centre Régional de Médecine Physique et de Réadaptation SJ – Saint Julien Rouen*



## ***SERMENT D'HIPPOCRATE***

*En présence des Maîtres de cette faculté, de mes chers condisciples et devant l'effigie d'HIPPOCRATE.*

*Je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine.*

*Je donnerais mes soins gratuitement à l'indigent et n'exigerais jamais un salaire au dessus de mon travail. Je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires. Admis dans l'intimité des maisons, mes yeux n'y verront pas ce qui s'y passe ; ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs, ni à favoriser le crime.*

*Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.*

*Je garderai le respect absolu de la vie humaine.*

*Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.*

*Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.*

*Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.*

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

## **REMERCIEMENTS**

Je voudrais tout d'abord remercier les membres de mon jury de thèse, le professeur Gehanno, le professeur Dacher, le professeur Lechevalier et M. Izambard qui ont généreusement accepté de juger ce travail et qui me font l'honneur d'être présents.

Je voudrais remercier chaleureusement la docteur Rollin, ma directrice de thèse, pour sa patience, son aide et ses conseils concernant l'avancée de mon travail et de mon internat.

Je souhaite remercier mes parents, qui grâce à eux, fait que je sois présent dans cette salle de soutenance de thèse.

Merci pour votre soutien, votre éducation et votre amour qui m'ont accompagné toute au long de ma vie.

Maman, merci d'avoir fait ce que je suis devenu aujourd'hui. Tu as toujours été présente pour moi dans les bons comme dans les mauvais moments.

Papa, merci d'avoir fait en sorte que j'apprenne à piloter tout en validant cette première année de médecine. Ce fût le plus beau des cadeaux. Merci de m'avoir accompagné dans toute démarche, d'avoir lu et corrigé cette thèse et de m'avoir aidé en toute occasion.

Je vous aime.

J'aimerais remercier ma femme, Ivanilde.

Pour ton amour, ton soutien, ta patience, tes traductions, tes reformulations... Tu es devenue la meilleure spécialiste des dosimètres. Bon, tu as le métier qui est le plus exposé à ce risque... alors j'espère que tu vas le porter !

À travers le bonheur que tu m'apportes quotidiennement, j'aimerais t'écrire tout l'amour que j'éprouve pour toi. Tu es la femme de ma vie et c'est la plus belle chose qui me soit arrivée.

Je t'aime passionnément.

Une dédicace pour Marcel, qui m'a regardé longuement écrire ma thèse depuis son tipi.



Un gros bisou à mon frère Matthieu et ma sœur Hélène.

Un grand coucou à Julien, Timothé, Lucie et Martin.

A Yoyo, mon oncle préféré, et son joli nœud papillon.

Un gros bisou pour Mamie.

Un énorme bisou à mes amis des « anapatueurs ». Depuis la P2, que de chemin parcouru...

Passer toutes ces années de médecine avec vous, entre les cours, les stages, les vacances, les soirées, a été un vrai bonheur.

À Thomas, Jean-François, Alexandre, Florent, Loris, Florian, Nicolas, Tristan et Georgios.

À mon « *grand copain* » M. Charles Brossard, mon cointerne émérite et collègue de DU de radioprotection. Sans toi, le DU et les stages en médecine du travail n'auraient pas été aussi bien. A tous nos trajets à Paris et nos repas dans le froid pour valider ce DURAMT.

Un coucou à mes cointernes de médecine du travail Vincent, Alexis, Pauline, Clémence, Alexis, Remi, Clément, Joffrey, Romain et Louise, la dream team de la médecine du travail.

Merci à Faten, pour ton aide pour la bibliographie et la mise en forme de cette thèse.

Une pensée pour les ambulanciers du CHU, avec qui j'ai travaillé il y a maintenant 6 ans.

Ce fut toujours un plaisir de vous revoir et prendre un chocolat avec vous, tout au long de ces années et de mes stages.

Denis, « *mon papa Denis* », un grand merci pour ton soutien et ton amitié. Je suis heureux de te compter parmi mes amis.

À James, Warren, Philippe, Franck, Virginie, Roseline et Stéphane.

## ABBREVIATIONS

- AEN : Agence pour l'Énergie Nucléaire
- AIEA : Agence Internationale de l'Énergie Atomique
- ALARA : As Low As Reasonably Achievable (aussi bas que raisonnablement possible)
- ASN : Autorité de Sûreté Nucléaire
- CHSCT : Comité d'Hygiène, de Sécurité et des Conditions de Travail
- CHU : Centre Hospitalier Universitaire
- CIPR : International Commission on Radiological Protection (*commission internationale de protection radiologique*)
- COFRAC : COmité FRançais d'ACcréditation
- CRP : Conseiller RadioProtection
- CSE : Comité Social et Economique
- DGT : Direction Générale du Travail
- EPC : Equipement de Protection Collective
- EPI : Equipement de Protection Individuelle
- ETP : Equivalent Temps Plein
- EURALOC : EUropean Study on RAdiation-induced Lens Opacities among interventional Cardiologists (*étude européenne sur les opacités cataracte induites par radiothérapie chez les cardiologues interventionnels*)
- FAO : Food and Agriculture Organization of the united nations (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture)
- HFDS : Hauts Fonctionnaires de Défense et de Sécurité
- HSE : Hygiène Sécurité Environnement
- IADE : Infirmier Anesthésiste Diplômé d'Etat
- IBC : Institut Biologique Clinique
- IBODE : Infirmier de Bloc Opératoire Diplômé d'Etat
- ICRU : International Commission on Radiation Units and measurements (*commission internationale des unités et mesures radiologiques*)
- IPRA : International Radiation Protection Association (association internationale de radioprotection)
- IRSN : Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire
- ISO : Organisation Internationale de Normalisation
- MAR : Médecin Anesthésiste Réanimateur
- mSv : milliSievert
- O'CLOC : Occupational Cataracts and Lens Opacities among Cardiologists (*cataractes professionnelles et opacités chez les cardiologues*)
- O'RICAMs : Occupational Radiation-Induced Cancer in Medical staff (*cancer d'origine radio-professionnelle dans le personnel médical*)
- OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economiques
- OIT : Organisation Internationale du Travail
- OMS : Organisation Mondiale de la Santé
- OSL : Luminescence Stimulée Optiquement

- PCR : Personne compétente en Radioprotection
- RG : Rayon Gamma
- RI : Rayonnement Ionisant
- RP : RadioProtection
- RPL : Radio Photo Luminescence
- RX : Rayon X
- SE : Seuil d'Enregistrement
- SIR : Suivi Individuel Renforcé
- SISERI : Système d'Information de la Surveillance de l'Exposition aux Rayonnements Ionisants
- SST : Service de Santé au Travail
- Sv : Sievert
- TLD : Thermo Luminescence Dosimètre
- UNSCEAR : United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (*comité scientifique des Nations unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants*)
- UV : Ultra Violet
- VLE : Valeur limite d'Exposition
- VLEP : Valeur Limite d'Exposition Professionnelle

## **MOTS CLES**

- Amplificateur de brillance
- Chirurgie
- Dosimètre opérationnel
- Dosimètre passif
- Equipements de protection collective
- Equipements de protection individuelle
- Formation
- Orthopédie
- Pédiatrie
- Radioprotection
- Rayonnements ionisants
- Rayons X
- Tablier plombé
- Urologie digestif

# TABLE DES MATIERES

<b>I. Etat des connaissances .....</b>	<b>26</b>
<b>A. Présentation des rayons .....</b>	<b>26</b>
1. Découverte des rayons X .....	26
a) Préambule : décharges électriques dans les gaz.....	26
b) La découverte des rayons X.....	28
2. Production des rayons X : mécanisme physique à l'origine des rayons.....	30
a) Caractéristiques des rayons X.....	30
b) Production des rayons X.....	31
c) Intéraction des rayons X avec la matière .....	32
3. Premières utilisations en imagerie médicale .....	33
4. Effet sur la santé des rayonnements ionisants.....	37
a) Introduction.....	37
b) Les effets déterministes .....	37
c) Les effets stochastiques .....	38
d) L'exposition aux rayonnements ionisants .....	38
e) Les sources d'exposition.....	39
<b>B. Introduction à la radioprotection.....</b>	<b>41</b>
1. Principe de radioprotection .....	41
a) Les organismes scientifiques et acteurs internationaux à l'origine de la radioprotection .....	41
b) Les acteurs nationaux .....	43
c) Les grands principes de radioprotection .....	45
2. Organisation de la radioprotection .....	46
a) Au niveau d'un établissement de santé .....	46
b) Au CHU de Rouen .....	47
c) Organisation de la formation en matière de radioprotection .....	48
d) Rôle du médecin du travail.....	49
3. Etat des lieux au niveau national de la radioprotection aux blocs opératoires.....	49
4. Réglementation.....	52
a) Introduction.....	52
b) Catégorisation des travailleurs et valeurs limites d'exposition professionnelles .....	52
c) Elaboration des zones de travail.....	55
<b>C. Rayonnements aux blocs opératoires .....</b>	<b>57</b>
1. Pourquoi une utilisation des rayonnements dans les blocs opératoires ?.....	57
2. Fonctionnement de l'amplificateur de brillance .....	57
3. Revue de littérature à propos du port des dosimètres dans les blocs opératoires à travers le monde	59
4. Quelques études et effets des rayonnements sur la santé des travailleurs exposés et sur les personnels médicaux.....	62
<b>D. Surveillance médicale et protection des agents.....</b>	<b>65</b>
1. Modalité du suivi médical des travailleurs exposés .....	65
2. Exposition externe : surveillance dosimétrique .....	66
a) Dosimétrie passive poitrine.....	66
b) Dosimétrie opérationnelle .....	67
c) Modalités d'accès aux données de la surveillance dosimétrique individuelle .....	68
3. Exposition interne .....	69
4. Equipements de protection .....	70
a) Equipements de protection individuelle .....	70
b) Equipements de protection collective .....	71
5. Dose reçue par le personnel médical .....	72



<b>II. Etude.....</b>	<b>74</b>
<b>A. Introduction.....</b>	<b>74</b>
1. Choix des blocs inclus dans l'étude .....	74
2. Présentation de l'effectif .....	75
3. Dose reçue par les agents des trois blocs opératoires cibles en 2018 et 2019 .....	77
a) Année 2018 .....	77
b) Année 2019 .....	77
<b>B. Problématique.....</b>	<b>78</b>
<b>C. Matériel et méthode.....</b>	<b>79</b>
<b>D. Résultats.....</b>	<b>81</b>
1. Audit de radioprotection des blocs opératoires – janvier 2020 .....	81
a) Audit du bloc pédiatrique : le 6 janvier 2020 à 9h00 .....	81
(1) Tableau des dosimètres passifs.....	81
(2) Informations réglementaires à la radioprotection .....	83
(3) Les dosimètres passifs .....	86
(4) Dosimétrie opérationnelle.....	86
(5) Radioprotection le jour de l'audit .....	86
(6) Circuit du dosimètre.....	87
(7) Pictogrammes de radioprotection .....	88
(8) Équipements de protection individuelle.....	90
(9) Équipements de protection collective.....	92
(10) Circuit femme enceinte.....	92
(11) Conclusion de l'audit du bloc pédiatrie.....	92
b) Audit du bloc urologie-digestif : le 9 janvier 2020 à 8h00 .....	93
(1) Tableau des dosimètres passifs.....	93
(2) Informations réglementaires à la radioprotection .....	94
(3) Les dosimètres passifs .....	96
(4) Dosimétrie opérationnelle.....	96
(5) Radioprotection le jour de l'audit .....	97
(6) Circuit du dosimètre.....	97
(7) Pictogramme de radioprotection .....	97
(8) Équipements de protection individuelle.....	99
(9) Équipements de protection collective.....	101
(10) Circuit femme enceinte.....	101
(11) Conclusion de l'audit au bloc urologie – digestif .....	101
c) Audit du bloc orthopédique : le 22 janvier à 14h00.....	102
(1) Tableau des dosimètres passifs.....	102
(2) Informations réglementaires à la radioprotection .....	103
(3) Les dosimètres passifs .....	103
(4) Dosimétrie opérationnelle.....	103
(5) Radioprotection le jour de l'audit .....	104
(6) Circuit du dosimètre.....	104
(7) Pictogramme de radioprotection .....	104
(8) Équipements de protection individuelle.....	107
(9) Équipements de protection collective.....	110
(10) Circuit femme enceinte.....	110
(11) Conclusion audit au bloc orthopédique .....	110
d) Entretien des EPI.....	111
2. Résultats des visites opératoires.....	114
3. Résultats des questionnaires .....	117
a) Taux de participation .....	117
b) Présentation des résultats.....	118
<b>III. Discussion.....</b>	<b>124</b>

<b>A.</b>	<b>Conclusion générale des audits.....</b>	<b>124</b>
<b>B.</b>	<b>Discussion des visites opératoires.....</b>	<b>126</b>
1.	Port des EPI.....	126
2.	Port des dosimètres.....	129
<b>C.</b>	<b>Interprétation de l'enquête par questionnaire .....</b>	<b>132</b>
1.	Discussion des résultats des questionnaires.....	132
<b>D.</b>	<b>Conclusion et ouverture.....</b>	<b>136</b>

## I. Etat des connaissances

### A. Présentation des rayons

#### 1. Découverte des rayons X

##### a) Préambule : décharges électriques dans les gaz

En 1838, le chimiste et physicien britannique Faraday s'intéresse aux décharges électriques dans les gaz raréfiés grâce au dispositif suivant : une anode et une cathode sont placées en vis-à-vis dans un tube en verre, la cathode est mise sous tension et si celle-ci est assez élevée, cela déclenche une étincelle entre les deux électrodes (figure 1). Si on diminue la pression du gaz dans l'ampoule, on constate que l'apparence de l'étincelle se change en une émanation violette. Faraday pense alors avoir découvert un quatrième état de la matière qu'il nomme « *matière radiante* ».



Figure 1 : appareil de Faraday pour étudier les décharges électriques dans les gaz.

Cette expérience fut reprise tout au long du dix-neuvième siècle en variant de nombreux paramètres (nature du gaz, forme du tube, pression dans l'ampoule...) mais la nature du phénomène observé restait incomprise. Les progrès techniques dans la conception des ampoules à vide et des pompes à vide permettent au physicien allemand Plücker d'observer que le vide poussé (pression de l'ordre de 100 Pa) rend le tube très résistant au passage du courant : la haute tension ne provoque plus qu'une fluorescence verte sur certaines parois du tube en verre et en particulier en face de la cathode. En 1869, son élève Hittorf prouve que cette lueur est due à l'arrivée sur le verre de rayons qui se propagent en ligne droite depuis la cathode. Pour cela il dispose une croix métallique face à la cathode et observe l'ombre de cette croix sur la paroi du tube opposée à la cathode (figures 2 et 3). Ces rayons seront nommés « *rayons cathodiques* ». Il montre également que les rayons cathodiques peuvent être déviés par un aimant.



Figure 2 : cathode, anode et obstacle (croix de malte)



Figure 3 : l'arrivée des rayons cathodiques sur la paroi du tube provoque la fluorescence du verre, la croix de Malte fait obstacle à ces rayons, dessinant l'ombre sur la paroi du tube.

Par la suite, le chimiste et physicien Crookes perfectionnera encore le dispositif en créant les tubes qui portent son nom. Au sein d'un tube de Crookes, la pression résiduelle est comprise entre 1 et 100 Pa et la cathode est concave pour concentrer le rayonnement. Ce sont ces tubes qui permettront au physicien anglais Thompson d'élucider la nature du rayonnement cathodique en découvrant l'électron en 1897 et à l'allemand Röntgen de découvrir les rayons X.

#### b) La découverte des rayons X

En 1895, le physicien allemand Wilhelm Röntgen alors âgé de 50 ans étudie le rayonnement cathodique avec des tubes de Crookes. Il s'intéresse plus précisément à la pénétration des rayons dans le verre. Il a déjà été constaté à l'époque que les rayons cathodiques peuvent franchir la paroi du tube et pénétrer de quelques centimètres dans l'air.

Dans la soirée du 8 novembre, au cours de ses travaux préliminaires, il décide de recouvrir le tube d'un cache en carton noir. Il constate alors qu'un écran recouvert d'une couche de platinocyanure de baryum placé fortuitement en face du tube devient fluorescent lors de la décharge. Or il sait qu'à cette distance, la fluorescence ne peut pas être due aux rayons cathodiques. Il éloigne encore l'écran et constate que la fluorescence persiste malgré l'augmentation de la couche d'air à traverser. Puis il intercale des objets entre l'ampoule et l'écran : une feuille de papier, une feuille d'aluminium, du bois, du verre et même un livre de mille pages. À chaque fois la fluorescence persiste. Il en conclut qu'il vient de découvrir un rayonnement distinct de celui émis par la cathode, très pénétrant puisqu'il est capable de traverser la matière. Ces rayons étant inconnus jusqu'alors, il les nomme « X » du nom de l'inconnue en mathématiques.

Il consacre les dernières semaines de 1895 à manipuler en solitaire et parvient à attribuer les caractéristiques suivantes aux rayons X :

- Ils sont faiblement absorbés par la matière. Mais cette absorption augmente avec la masse atomique des atomes absorbants : une fine couche de plomb suffit à stopper le rayonnement produit avec ses sources de rayons X.
- Ils sont diffusés par la matière. C'est l'origine du rayonnement de fluorescence.
- Ils impressionnent une plaque photographique.
- Ils déchargent les corps chargés électriquement.

Dans sa première communication faite à la Société Physico-Médicale de Würzburg « *Sur un nouveau type de rayon* » il remarque que « *si l'on met la main entre l'appareil à décharges et l'écran, on voit l'ombre plus sombre des os de la main dans la silhouette un peu moins sombre de celle-ci* ». Röntgen décrit la première image radiographique. Il réalise également le premier cliché radiographique le 22 décembre 1895 en intercalant la main de son épouse entre le tube de Crookes et une plaque photographique (figure 4). Les parties les plus denses et épaisses sont les plus sombres sur la plaque : on distingue une bague sur le majeur.

Röntgen se verra attribuer le premier Prix Nobel de physique en 1901 en récompense « des services extraordinaires rendus possibles par sa découverte des rayons remarquables qui portent son nom »



Figure 4 : premier cliché radiographique (Röntgen,1895)

## 2. Production des rayons X : mécanisme physique à l'origine des rayons

### a) Caractéristiques des rayons X

Les rayons X ou photons X, sont une forme de rayonnement électromagnétique, au même titre que la lumière visible, l'ultra-violet ou encore l'infra-rouge. Un photon est un grain d'énergie sans support matériel, de masse nulle au repos.

Une onde électromagnétique est due à la fois à un champ électrique et un champ magnétique perpendiculaires oscillants en phase. Elle se propage dans le vide à la vitesse de la lumière ( $c = 299\,792\,458$  m/s).

On appelle rayons X les ondes électromagnétiques dont les fréquences sont comprises entre  $10^{16}$  Hz et  $10^{20}$  Hz. Les longueurs d'ondes sont de l'ordre de  $10^{-8}$  à  $10^{-12}$  m, et les énergies des photons X sont comprises entre 40 et  $4 \times 10^5$  eV (1 eV correspond à  $1,6 \times 10^{-19}$  Joules). Ces énergies sont de l'ordre de grandeur des énergies de liaison des électrons des couches internes des atomes (de l'ordre du keV). Le domaine des rayons X se situe entre l'ultra-violet et les rayons gamma.

Les rayons gamma ou encore photon gamma, sont également des rayonnements électromagnétiques.

Les RX et les RG ont les mêmes propriétés, et peuvent être identiques s'ils possèdent la même énergie.

La principale différence entre ces deux photons est leur origine. Les RX ont une origine extranucléaire avec un spectre de raies ou un spectre continu ; alors que les photons gamma ont une origine nucléaire avec un spectre de raies.

#### b) Production des rayons X

Les rayons X sont produits dans des tubes à rayons X également appelés tubes de Coolidge ou tubes à cathode chaude (figure 3). Le principe est le suivant :

- Production des électrons par effet thermoélectronique dans le filament (cathode)
- Accélération des électrons par un champ électrique
- Production des rayons X par interaction des électrons sur une cible (anode en métal, tungstène le plus souvent)

Deux paramètres sont variables dans un générateur, la quantité de rayons X obtenus et la qualité de ces rayons. On joue dessus en modulant le voltage et ou l'intensité :

- L'intensité traversant le tube (milliampère) détermine le flux de RX, c'est à dire le facteur de quantité de radiations émises
- La tension aux bornes du tube (kilovoltage) détermine la pénétration des RX, qui est le facteur de qualité de ces radiations.

Les rayons X sont émis par la cible selon deux mécanismes :

- le freinage des électrons par les atomes de la cible crée un rayonnement continu (rayonnement de freinage ou Bremsstrahlung) dont une partie dans le domaine des rayons X ;
- les électrons accélérés ont une énergie suffisante pour exciter ou ioniser certains des atomes de la cible, en perturbant leurs couches électroniques



internes. Ces atomes excités ou ionisés émettent des rayons X en retournant à leur état fondamental (rayonnement de fluorescence).

Une faible proportion, 1% environ de l'énergie cinétique cédée par les électrons est rayonnée sous forme de rayons X, les 99 % restants sont convertis en énergie thermique.

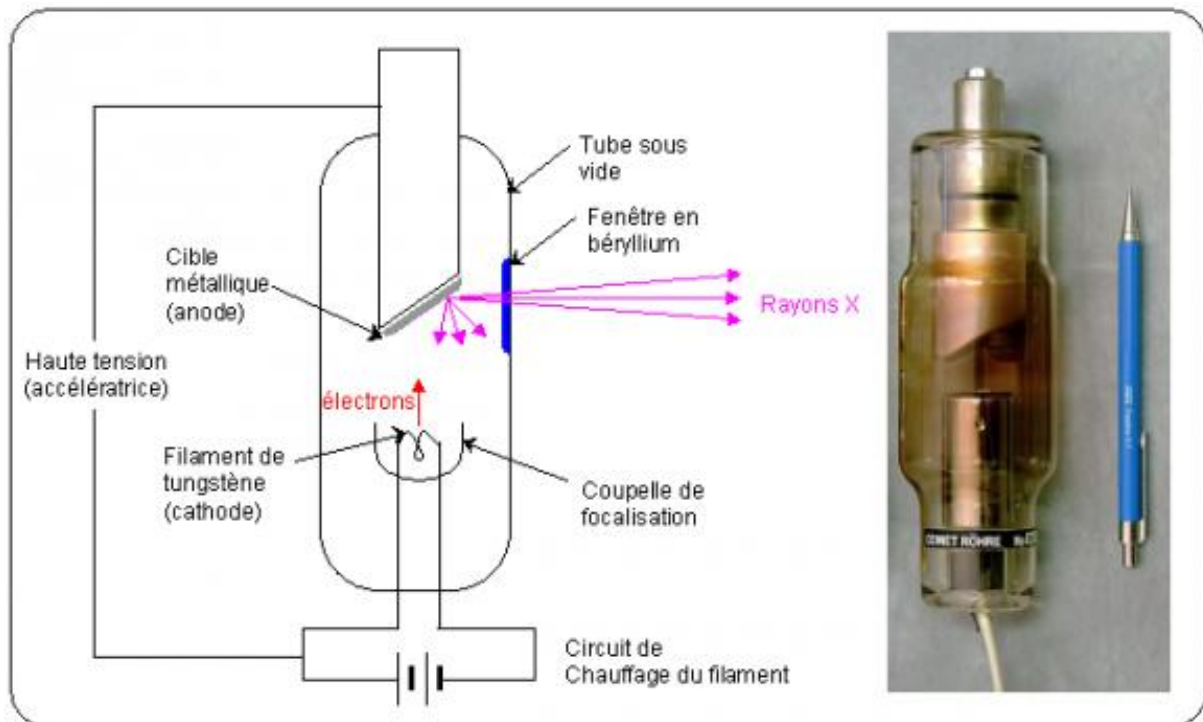


Figure 5 : tube à rayons X

### c) Intéraction des rayons X avec la matière

Lors de la propagation à travers un milieu matériel, les rayons X peuvent être déviés par les atomes du milieu (diffusion) ou bien absorbés. C'est ce dernier phénomène qui est mis en jeu dans les applications médicales de la radiographie.

Dans la représentation corpusculaire, un photon entre en collision avec les électrons liés aux atomes du milieu matériel traversé (électrons des couches internes). Si l'énergie  $E$  du photon incident est suffisante (supérieure à l'énergie de liaison  $W$  de l'électron), il peut arracher un électron du cortège atomique, ce qui s'appelle l'ionisation. L'atome se retrouve dans un état instable et perd sa neutralité, il devient un ion. L'électron arraché, appelé « photo-électron », est éjecté avec l'énergie cinétique  $E_{cin} = E - W$ . Les photo-électrons transfèrent ensuite leur énergie cinétique au milieu en provoquant des ionisations ou excitations le long de leurs trajectoires. Si l'énergie  $E$  du photon incident n'est pas suffisante pour arracher l'électron ( $E < W_i$ ), il

peut déplacer cet électron vers une couche plus périphérique. C'est l'excitation, l'atome se retrouve dans un état excité, état instable mais conserve sa neutralité.

Dans les deux cas, excitation ou ionisation, l'atome est instable. La nature n'aimant pas cet état d'instabilité, deux phénomènes existent pour recouvrer la stabilité : la fluorescence et l'effet Auger.

Dans la fluorescence, l'atome excité ou ionisé retrouve son état de repos en libérant très rapidement l'énergie restante sous-forme d'un photon. Le photon libéré est moins énergétique que le photon incident. D'après la loi de Planck, la longueur d'onde (couleur) est inversement proportionnelle à l'énergie. Le photon émis a ainsi une plus grande longueur d'onde que le photon incident. Les rayons X de fluorescence ont un spectre de raies, caractéristique du matériau.

Dans l'effet Auger, un autre électron d'une couche supérieure descend pour occuper la place vacante et ce processus de désexcitation s'accompagne de l'émission d'un photon. Cette transition électronique produit alors soit un photon X, en l'occurrence lié à la fluorescence X soit l'émission d'un autre électron de l'atome ayant absorbé ce photon X. C'est précisément cet électron que l'on appelle un électron Auger.

L'absorption d'un rayonnement X par un milieu dépend fortement de la nature des atomes traversés: pour une fréquence donnée, on constate que l'absorption est d'autant plus probable que le nombre atomique  $Z$  des atomes du matériau traversé est élevé. On constate également qu'un rayonnement de grande énergie (courte longueur d'onde) sera moins absorbé, donc plus pénétrant qu'un rayonnement de plus faible énergie. Les rayons X les plus pénétrants sont appelés rayons « *durs* » (longueurs d'ondes inférieures au nanomètre).

### 3. Premières utilisations en imagerie médicale

Les rayons X suscitent immédiatement un vif intérêt au sein du public : les premières radiographies font le tour du monde par voie de presse et il ne faut pas longtemps pour que la radioscopie (observation sans prise de cliché) et la radiographie deviennent des attractions de foire.

Le corps médical saisit très vite l'intérêt offert par cette technique d'imagerie. Le dentiste allemand Walkhoff présente la première radiographie dentaire deux semaines seulement après la communication de Röntgen à la Société Physico-Médicale de Würzburg (figure 6.) Le temps de pause est très long, 25 minutes, et la qualité du cliché ne permet pas le diagnostic, mais les perspectives ouvertes sont importantes.

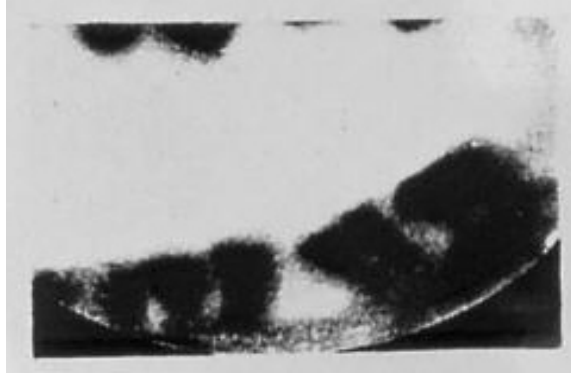


Figure 6 : première radiographie dentaire (Walkhoof)

L'usage des rayons X pour réaliser des images médicales se répand dans le monde entier dès 1896. En 1897, la France se dote du premier laboratoire de radiologie grâce au docteur Béclère qui met en place, à ses frais, une installation radioscopique dans son service de médecine générale à l'hôpital Tenon. Une radioscopie du thorax des patients permet le dépistage systématique de la tuberculose (figure 7). Il instaure également des cours de radiologie médicale, persuadé que cette technique va devenir indispensable à la pratique médicale. Ses efforts lui valent dans un premier temps d'être méprisé par ses collègues médecins qui lui reprochent de « *déshonorer le corps médical en devenant photographe* » avant d'être reconnu comme le pionnier de la diffusion de cette technique.

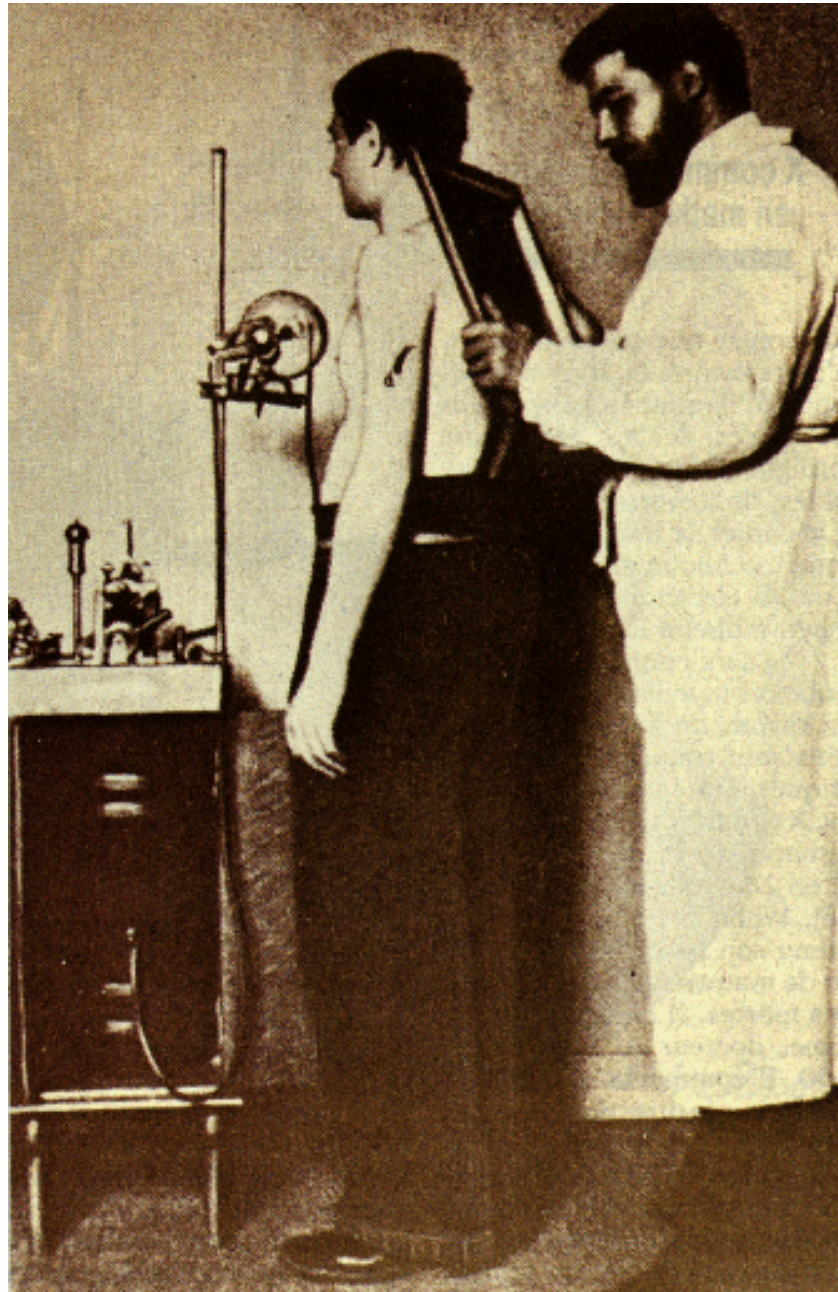


Figure 7 : radiographie des poumons par le docteur Bécère. On peut voir devant le patient le tube générateur de rayons X.

Les premiers manipulateurs opèrent sans protection, ils sont constamment soumis au bombardement des rayons X. Leurs mains sont en première ligne : elles maintiennent l'écran ou la plaque photographique et ne sont pas protégées. Le premier effet du rayonnement est la radiodermite : une brûlure grave qui apparaît après un temps d'incubation. Un nombre croissant de praticiens présente des cancers. Le premier cas de cancer radio induit a été décrit en 1901, soit seulement 6 ans après la découverte des rayons X. Un premier patient décède en 1904 d'un excès de dose suite à une prise en charge médicale.

En une quinzaine d'année, les amputations des doigts et de la main et les décès parmi les praticiens se sont généralisées. Le corps médical prend alors conscience de la nocivité des rayons X sur les tissus humains. Les effets en sont cumulatifs, il faut donc prendre des mesures de protection, c'est la naissance de la radioprotection. Les appareils commencent à être conçus pour permettre une manipulation à distance et le praticien est abrité derrière une vitre plombée pour minimiser l'exposition aux rayons. C'est également le moment de la naissance des sociétés savantes de radioprotection.

Pendant la première guerre mondiale, Marie Curie est à l'origine de la création d'un service de radiologie aux armées dont elle prend la direction. Elle fera équiper des camions d'appareils radiologiques, surnommés les « *petites Curie* » (figure 8) qui permettront de monter au front pour traiter les blessés non-rapatriables à l'arrière. Plus d'un million d'examens radiologiques seront réalisés pendant la guerre évitant ainsi les complications et sauvant sans doute la vie de milliers d'hommes.



Figure 8 : Marie Curie au volant d'une «*petite Curie*»

## 4. Effet sur la santé des rayonnements ionisants

### a) Introduction

Les rayonnements sont définis comme un flux de particules en mouvement rapide de nature et d'énergie cinétiques variés.

Nous avons les rayonnements ionisants, directement chargés comme les particules alpha (noyau d'hélium), les béta (électrons ou positons) et les rayonnements indirectement ionisants, non chargés, comme les rayons X ou gamma.

Les effets d'un rayonnement ionisant dépendent de sa nature, de la dose absorbée, de l'organe touché. Des doses importantes, qui peuvent être bénéfiques quand elles sont brèves et localisées comme en radiothérapie, provoquent des effets bien identifiés. Suivant la dose reçue et le type de rayonnements, les effets peuvent être plus ou moins néfastes pour la santé.

Ils peuvent être classés en deux catégories :

- les effets déterministes, immédiats ;
- les effets à incidences aléatoires ou stochastiques.

### b) Les effets déterministes

Les effets déterministes se produisent de manière certaine, à court terme avec une gravité dépendant de la dose. Ce sont des effets à seuil, ce qui signifie qu'ils seront observés chez tous les sujets exposés dépassant une certaine dose.

Ils se déclarent en général de manière précoce, avec des temps de latence compris entre quelques heures et quelques mois.

On commence à observer certains effets déterministes aux alentours de 0,3 Gy pour des expositions partielles. Par contre pour des doses faibles, inférieures à une valeur seuil dépendant essentiellement du type d'effet biologique, aucun effet n'est décelable. Pour une exposition globale, on prend la valeur référence de 0,5 Gy comme valeur seuil.

A partir d'une certaine dose absorbée (environ 2 Gy), pour une exposition globale, il y a un risque de décès.

On appelle la dose létale 50 % (DL50), la dose absorbée, pour l'organisme entier (donc une exposition globale), pour laquelle la probabilité de décéder soixante jours après l'exposition, sans traitement médical, est de 50 %. Elle est égale à 4,5 Gy.

### c) Les effets stochastiques

Les expositions à des doses plus ou moins élevées de rayonnements ionisants peuvent créer des altérations de l'ADN. Ces altérations peuvent être réparées, ou entraîner une autodestruction de la cellule. Dans certains cas ces mutations persistent et peuvent avoir des effets à long terme sous la forme de cancers ou de troubles hématologiques persistants. Ce sont les effets stochastiques.

Ils apparaissent de manière aléatoire, sans valeur de dose seuil, avec une grande sensibilité individuelle. Ils sont à long terme, aléatoire et non obligatoire. La gravité de l'atteinte n'est pas liée à la dose.

Le temps de latence (temps séparant l'exposition de l'apparition de l'effet) est en moyenne beaucoup plus long que pour les effets déterministes (plusieurs dizaines d'années). Enfin, on considère que la moindre dose de rayonnement est susceptible de provoquer ce type d'effet. Un tableau de maladie professionnelle (tableau numéro 6) due aux rayonnements ionisants existe, avec un délai pouvant aller jusqu'à 50 ans pour l'apparition et déclaration de certains cancers.

Ainsi, la radioprotection vise à éviter l'apparition des effets déterministes et à réduire au maximum les effets stochastiques.

### d) L'exposition aux rayonnements ionisants

Deux types d'exposition aux rayonnements ionisants sont possibles :

- par contamination : lorsque la source radioactive pénètre à l'intérieur du corps des personnes exposées, par inhalation (voie respiratoire et digestive) ou par une effraction cutanée. C'est la contamination interne. Les particules séjourneront plus ou moins longtemps dans le corps en fonction de leur taille et des éléments radioactifs concernés, avant d'être éliminées dans les urines et/ou dans les selles. Lorsque les particules radioactives sont déposées sur la

peau ou sur les vêtements sans avoir pénétré dans le corps, on parle de contamination externe. Celle-ci peut être éliminée par déshabillage et en douchant les personnes exposées

- par irradiation : lorsque la source radioactive est située à l'extérieur du corps des personnes exposées. Dans ce cas, plus la distance entre la source et la personne est importante, plus l'exposition par irradiation est faible. Nous pouvons citer en exemple les rayonnements cosmiques, ou une irradiation due à un scanner.

#### e) Les sources d'exposition

Une partie de l'exposition est d'origine naturelle : inhalation de radon (gaz naturel radioactif), exposition tellurique (exposition externe venant du sol), exposition aux rayons cosmiques et ingestion de radioéléments naturels (potassium 40 ...) contenus dans les aliments.

Il y a aussi des expositions résultant des activités humaines : utilisation médicale des rayonnements ionisants, et dans une infime mesure l'industrie nucléaire civile ou militaire.



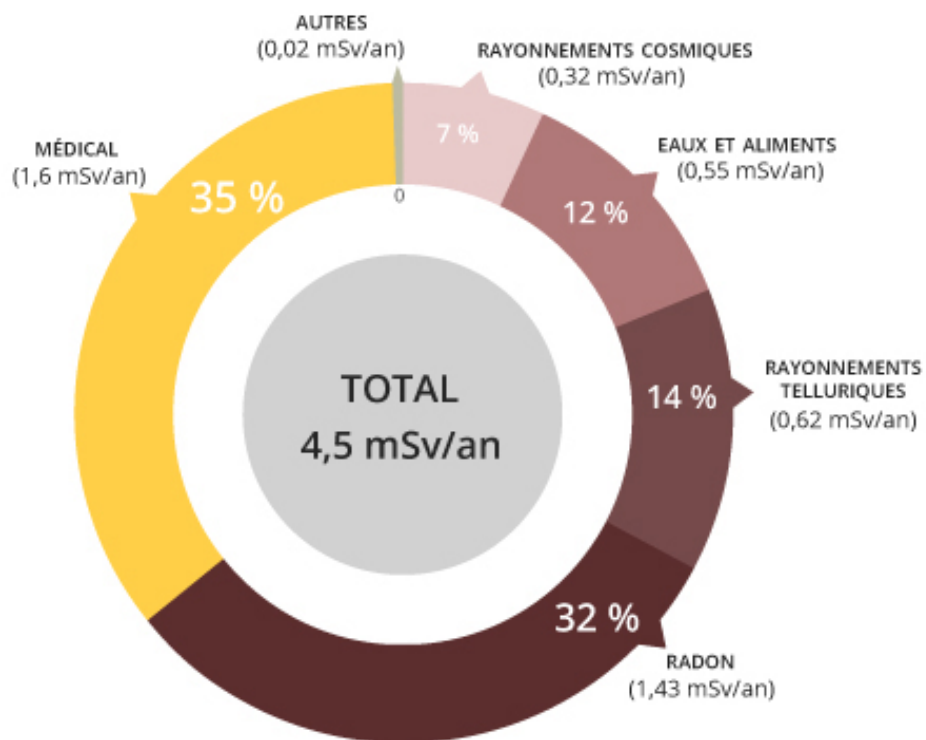


Figure 9 : exposition moyenne de la population aux rayonnements ionisants. Bilan IRSN 2015.

## B. Introduction à la radioprotection

### 1. Principe de radioprotection

#### a) Les organismes scientifiques et acteurs internationaux à l'origine de la radioprotection

Depuis leur découverte, l'utilisation des rayonnements ionisants n'a cessé de s'étendre à de nombreux domaines. Parallèlement, leurs effets délétères sur les organismes vivants ont vite été décrits et ont amené la communauté scientifique, puis les organismes internationaux et les gouvernements à encadrer leur usage.

De ce fait, la radioprotection est née. De nombreux organismes internationaux ou sociétés savantes émergent progressivement à partir des années 1920.

La radioprotection ne sera définie dans la loi que beaucoup plus tardivement, par le décret 2002-255 du 22 février 2002 comme "l'ensemble des règles, des procédures et des moyens de prévention et de surveillance visant à empêcher ou à réduire les effets nocifs des rayonnements ionisants, produits sur les personnes directement ou indirectement, y compris par les atteintes portées à l'environnement."

Ainsi toute personne exposée aux rayonnements ionisants doit connaître leur nature, leur mode de fonctionnement et leurs effets afin de savoir évaluer et mesurer le niveau de risque pour optimiser les pratiques.

Tout d'abord est apparue l'ICRU, the International Commission on Radiation Units and Measurements, organisme créé en 1925, à l'occasion du 1<sup>er</sup> congrès international de radiologie. Elle a mis en place un langage scientifique commun : dose absorbée en Gray, dose équivalente en Sievert, dose efficace. Son rôle s'est depuis étendu, et elle a pour vocation d'élaborer des recommandations, suivies dans le monde entier, concernant la définition des grandeurs, unités et méthode de mesure.

Puis est apparue LA CIPR, the International Commission on Radiological Protection en 1928. Petite association de droit britannique qui cooptait ses membres au début, elle élabore des recommandations de radioprotection sur la base des connaissances scientifiques. La CIPR 60 est la recommandation phare de cette société, non appliquée aux USA.

L'UNSCEAR, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, compile les publications internationales concernant les sources et les effets des rayonnements atomiques. Elle synthétise, depuis 1955, les connaissances de base et les met en perspective vis-à-vis de la radioprotection.

L'AIEA, International Atomic Energy Agency, a été créée en 1956. Elle a pour rôle la promotion du nucléaire civil auprès des pays non nucléaires, au sens de l'armement. Elle élabore des standards de sûreté et de radioprotection, les « *Basic Safety Standards* », la BSS 115 pour la radioprotection. C'est le leader des organismes ONUsiens en matière de radioprotection, concurrente de la CIPR.

L'AEN, l'Agence pour l'énergie nucléaire, est une organisation intergouvernementale spécialisée de l'Organisation de Coopération et de Développement Economique. Créée le 1<sup>er</sup> février 1958 sous le nom d'Agence européenne pour l'énergie nucléaire (AEEN) le nom a été changé en 1972 après l'adhésion du Japon. En France son siège est situé à Boulogne. Elle a pour but la promotion du nucléaire civil et de la radioprotection auprès des pays de l'OCDE. Elle élabore des recommandations de sûreté et de radioprotection : CRPPH en 1973. Concurrente également de la CIPR et de l'AIEA.

L'IPRA, International Radiation Protection Association, a été créée en 1964. Société savante mondiale regroupant des sociétés savantes nationales de radioprotection. Elle participe à la publication de documents, éducation et recherche, recommandations de normes de radioprotection. Elle se réunit tous les deux ans.

La Commission Européenne participe et est un acteur majeur dans la radioprotection. Elle prend en compte les recommandations des organismes internationaux (CIPR, AIEA) et les transpose en directives européennes. Ainsi, a été mis en place le traité Euratom (1957) : normes de base de radioprotection (articles 30-33). Les principales directives sont les 96/29 et 97/43 de radioprotection, puis plus récemment, la directive 2013/59 pour la prise en compte de la CIPR 103, CIPR 2011 et BSS.

Enfin le réseau ALARA, créé en 1996, regroupe 18 pays européens motivés par l'optimisation de la radioprotection. Ce réseau permet le développement et la dissémination de la culture ALARA, l'harmonisation et la mise en cohérence des réglementations et des pratiques.

D'autres organismes ONUsiens comme l'OMS (1948), FAO (1945), OIT (1919) élaborent des règles mondiales dans leurs domaines (sanitaires, alimentaires, travailleurs, radioprotection).

Enfin l'organisme ISO, créé en 1947, élabore des règles mondiales de normalisation, notamment en matière de radioprotection.

Ainsi nous avons au niveau international une multitude d'organismes indépendants. L'ICRU et la CIPR ont des rôles autoproclamés. Les organismes ONUsiens ont des missions spécifiques et l'AIEA a un rôle de leader.

La CE a appliqué la CIPR 60 et applique la CIPR 103, une certaine harmonie est de mise entre les pays.

Mais, malgré ces concertations, l'organisation est mal structurée, et, un biais important est le fait que les mêmes personnes ont été, sont, seront membres de la CIPR, UNSCEAR et AIEA.

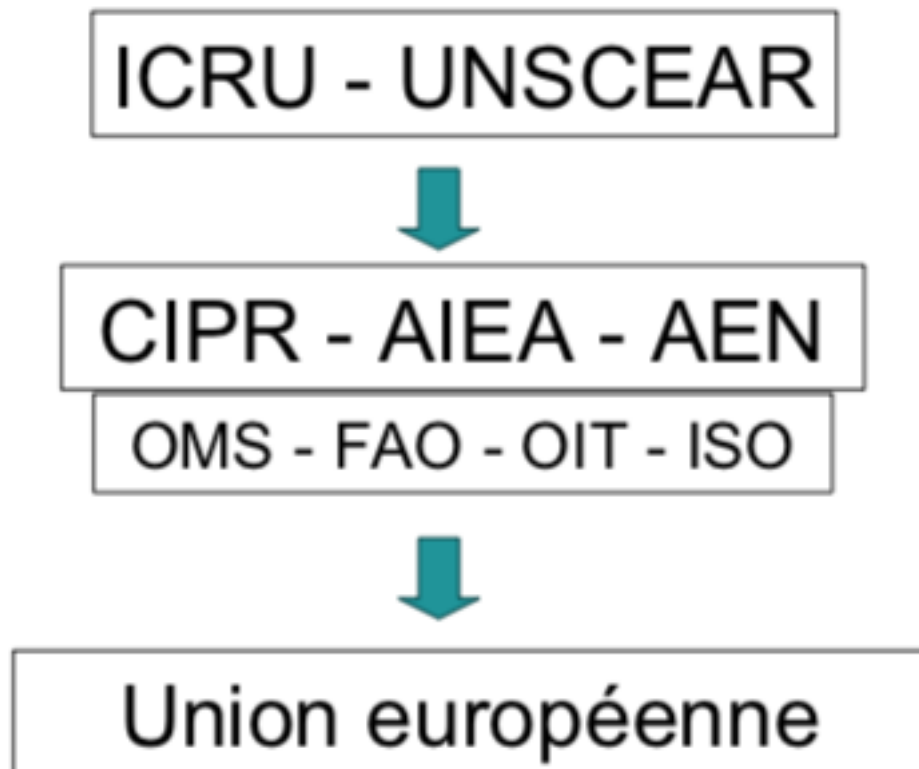


Figure 10 : élaboration des règles internationales et placements des différents acteurs

#### b) Les acteurs nationaux

Il existe plusieurs acteurs nationaux intervenant, à différents niveaux, sur l'organisation de la radioprotection.

Tout d'abord, l'ASN, l'Autorité de Sûreté Nucléaire est une autorité administrative française qui assure, au nom de l'état, les missions de contrôle de la sûreté nucléaire, de la radioprotection en France (travailleurs du nucléaire, environnement, populations locales) et de l'information des citoyens pour protéger les travailleurs, les patients, le public et l'environnement des risques liés aux activités nucléaires.

L'ASN est chargée de contribuer à l'élaboration de la réglementation, en donnant son avis au gouvernement sur les projets de décrets et d'arrêtés ministériels ou en prenant des décisions réglementaires à caractère technique.

Elle est également chargée de vérifier le respect des règles et des prescriptions auxquelles sont soumises les installations ou activités qu'elle contrôle (dispositifs médicaux).

L'ASN est chargée de participer à l'information du public, y compris en cas de situation d'urgence.

Dans le domaine des activités médicales, l'ASN instruit les demandes d'autorisation ou les déclarations d'utilisation de rayonnements ionisants, procède aux contrôles des bonnes pratiques en matière de radioprotection conformément à ce qui est prévu par le Code de la Santé Publique pour la médecine, l'art dentaire, la biologie humaine et la recherche biomédicale.

L'IRSN, l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire ensuite, a été créé en 2001 par la loi n° 2001-398 du 9 mai 2001, article 5. C'est un établissement public à caractère industriel et commercial français fonctionnant sous un régime de droit privé via la tutelle conjointe des ministres chargés de la Défense, de l'Environnement, de l'Industrie, de la Recherche et de la Santé.

L'IRSN est l'expert français en matière de recherche et d'expertise sur les risques nucléaires et radiologiques. Rôle principalement d'expertise et d'appui technique pour l'ASN.

Cet institut participe à la veille permanente en matière de radioprotection. Elle centralise les résultats des mesures individuelles de l'exposition des travailleurs (dosimètre), vérifie les données administratives relatives aux travailleurs, les conserve 50 ans à des fins statistiques ou épidémiologiques.

De même il informe sans délai le médecin du travail, la DGT et l'ASN en cas de dépassement de la valeur limite réglementaire. Il peut servir d'appui et d'aide pour les médecins du travail dans le cadre d'un incident radiologique nécessitant le développement en urgence de dosimètre et/ou de calcul de dose interne pris par un travailleur.

Le HFDS, Haut Fonctionnaire de Défense et Sécurité, autorise, réglemente et contrôle les matières nucléaires.

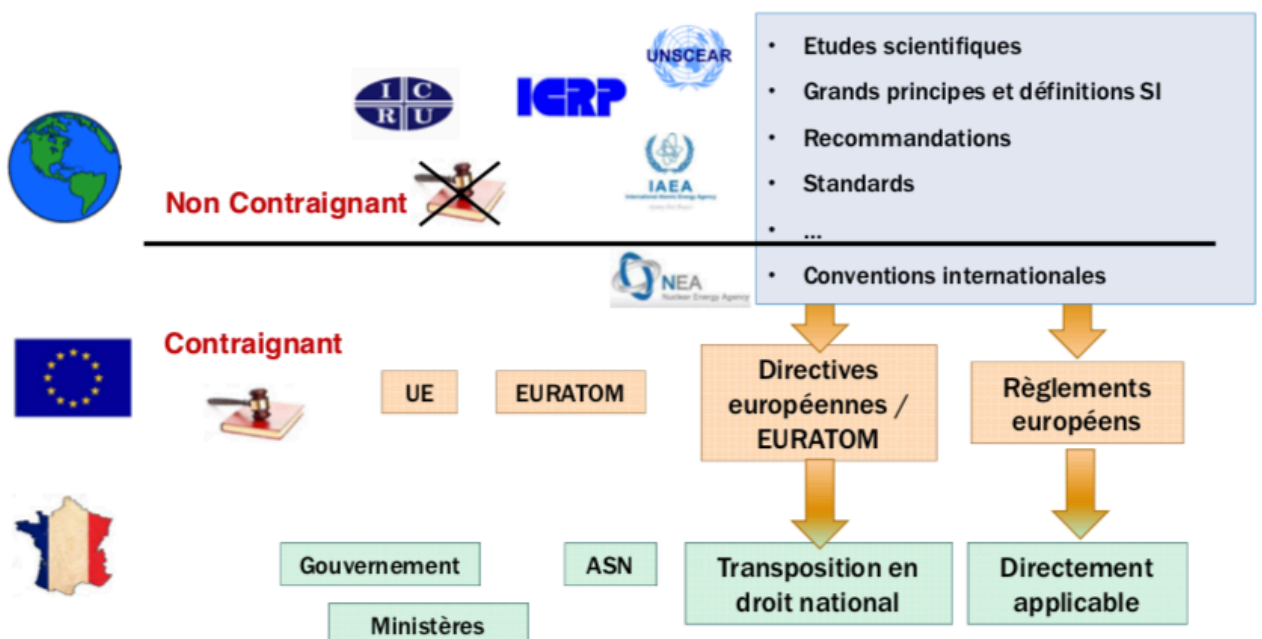


Figure 11 : d'un système international à une réglementation nationale

### c) Les grands principes de radioprotection

Des principes de protections ont été définis par la CIPR et repris dans les réglementations de différents pays. Il s'agit des principes de justification, d'optimisation et de limitation des doses.

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

Le principe d'optimisation : parfois dénommé ALARA, son acronyme anglais (« *as low as reasonably achievable* »), le principe d'optimisation est à mettre en œuvre une fois la justification établie.

Il est ainsi rédigé dans le Code de la Santé Publique : « *L'exposition des personnes aux rayonnements ionisants résultant d'une de ces activités ou interventions doit être maintenue au niveau le plus faible qu'il est raisonnablement possible d'atteindre, compte tenu de l'état des techniques, des facteurs économiques et sociaux et, le cas échéant, de l'objectif médical recherché* ».

Ce principe nécessite une évaluation et une mise en balance des différentes options, tenant compte d'aspects sanitaires, techniques et économiques.

Sur le plan technique et organisationnel, les principales mesures d'optimisation sont de trois ordres : minimisation de l'intensité de la source d'exposition ; diminution de la fréquence et/ou de la durée des expositions et augmentation des protections individuelles ou collectives.

Le dernier principe, celui de la limitation est rédigé dans le Code de la Santé Publique comme suit : « *L'exposition d'une personne aux rayonnements ionisants résultant d'une de ces activités ne peut porter la somme des doses reçues au-delà des limites fixées par voie réglementaire, sauf lorsque cette personne est l'objet d'une exposition à des fins médicales ou de recherche biomédicale.* »

Ces limites ne sont pas les mêmes en fonction des catégories de population (travailleurs, public) et elles ne s'appliquent pas au patient. Elles sont exprimées en termes de valeurs limites annuelles de dose efficace (corps entier), et de dose équivalente pour un organe donné.

Egalement la radioprotection obéit à trois règles de base : temps – distance – écran.

Le temps: la dose de rayonnements reçus est d'autant plus importante que le temps d'exposition à la source est grand. Il convient de limiter un maximum son temps de présence auprès de la source.

La distance : la quantité de rayonnements reçus est d'autant plus faible que la distance à la source est grande. Elle diminue très rapidement et est inversement proportionnelle au carré de la distance.

L'écran : l'utilisation d'un écran adéquat permet de réduire ou d'arrêter en totalité les rayonnements émis par une source. Le plomb est la matière principale, entrant dans la composition de tablier pour les agents, dans les verres ou les murs pour former des écrans plombés. Le béton armé est également très utilisé pour notamment entourer un service de radiologie ou de médecine nucléaire et protéger le public extérieur.

## 2. Organisation de la radioprotection

### a) Au niveau d'un établissement de santé

Réglementairement, tout établissement utilisant des rayonnements ionisants doit nommer une personne compétente (décret n° 86 /1103 du 2 octobre 1986 modifié relatif à la protection des travailleurs contre les rayonnements ionisants).

La radioprotection est une activité transversale dans un établissement de santé. Elle doit être initiée par une politique émanant de la direction, laquelle a recours à une ou plusieurs personnes compétentes pour la formaliser et la mettre en œuvre, toujours sous le contrôle de l'ASN. Son champ d'action porte d'une part sur l'ensemble des services utilisateurs de sources de rayonnements ionisants et d'autre part sur l'ensemble du personnel susceptible d'être exposé.

De nombreux acteurs participent à cette organisation dans un établissement de santé.

L'employeur met en place l'organisation de la radioprotection. Il consigne par écrit les modalités d'exercice des missions du CRP, temps alloué, moyens mis à disposition. Il désigne un conseiller en radioprotection, titulaire d'un certificat. Le PCR exerce ses missions en lien avec la médecine du travail et le CSE.

Les missions du PCR sont variées. Il évalue le risque encouru par les travailleurs exposés, il définit les zones de travail, il fixe les objectifs de dose pour les opérations, il définit les moyens de protections adaptés, il surveille l'exposition des travailleurs, il forme le personnel, recense les situations à risques pouvant mener à un incident, organise le contrôle des installations en outre. Il veille à l'application de la réglementation en matière de radioprotection.

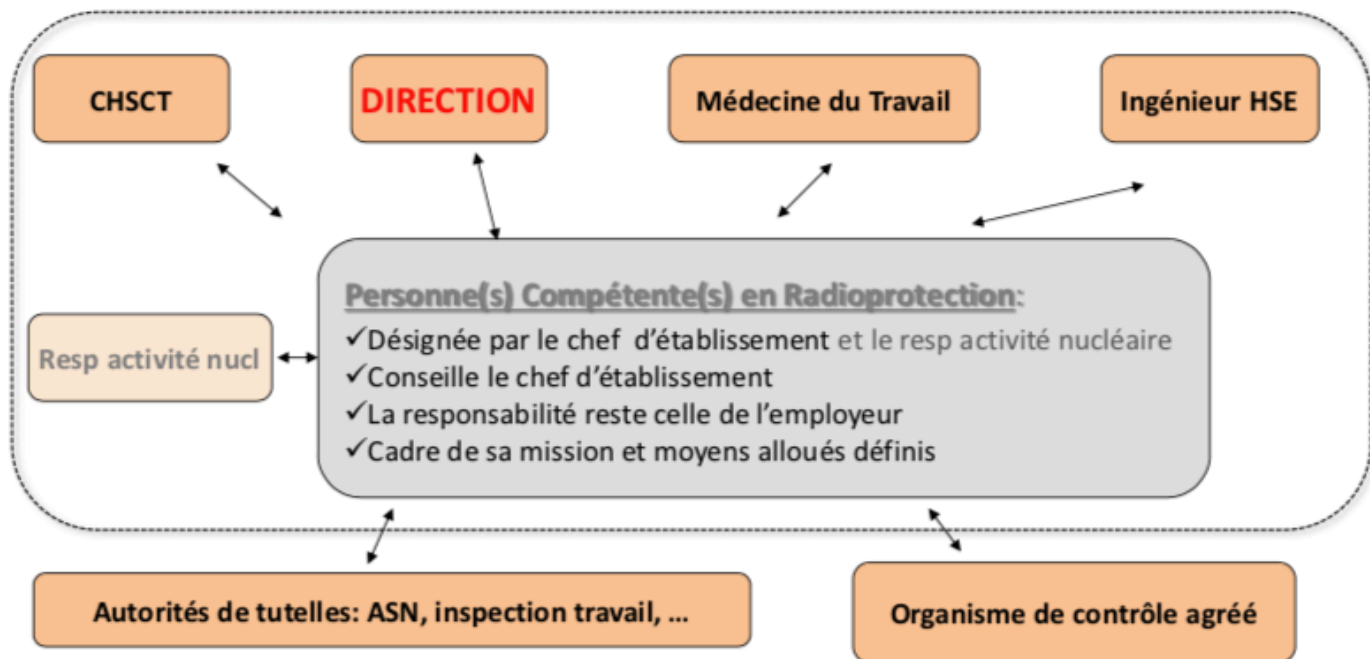


Figure 12 : organisation de la radioprotection à l'hôpital

b) Au CHU de Rouen

Au CHU de Rouen la même organisation est mise en place. La directrice générale du CHU, a désigné un CRP titulaire du diplôme niveau 2 de Personne Compétente en Radioprotection pour les sources scellées et appareils émetteurs de rayon X à usage médical.

Cet ingénieur en radioprotection est à 100% équivalent temps plein (ETP) pour le CHU. Egalement sont nommés un radiophysicien externe à 0,1 ETP et un technicien PCR sources non scellées à l'IBC (radioanalyse) à 0,15 ETP.

En ce qui concerne l'organisation de la radiophysique médicale, une société prestataire accompagne le CHU pour ces missions, avec l'apport d'un physicien à temps partiel.



### c) Organisation de la formation en matière de radioprotection

Chaque travailleur accédant à des zones délimitées (au titre des articles R. 4451-24 et R. 4451-28) et chaque travailleur classé (au sens de l'article R. 4451-57) reçoit une formation en matière de radioprotection.

Cette information et cette formation portent, notamment, sur :

- Les caractéristiques des rayonnements ionisants ;
- Les effets sur la santé pouvant résulter d'une exposition aux rayonnements ionisants, le cas échéant, sur l'incidence du tabagisme lors d'une exposition au radon ;
- Les effets potentiellement néfastes de l'exposition aux rayonnements ionisants sur l'embryon, en particulier lors du début de la grossesse, et sur l'enfant à naître ainsi que sur la nécessité de déclarer le plus précocement possible un état de grossesse ;
- Le nom et les coordonnées du conseiller en radioprotection ;
- Les mesures prises en application en vue de supprimer ou de réduire les risques liés aux rayonnements ionisants ;
- Les conditions d'accès aux zones délimitées;
- Les règles particulières établies pour les femmes enceintes ou qui allaitent, les travailleurs de moins de 18 ans, les travailleurs titulaires d'un contrat de travail à durée déterminée et les travailleurs temporaires ;
- Les modalités de surveillance de l'exposition individuelle et d'accès aux résultats dosimétriques ;
- La conduite à tenir en cas d'accident ou d'incident ;
- Les règles particulières relatives à une situation d'urgence radiologique

Cette formation est renouvelée périodiquement tous les 3 ans.

En parallèle de cette formation, le Ministère des Solidarités et de la Santé a publié un arrêté en septembre 2019 relative à la formation continue des professionnels à la radioprotection des personnes exposées aux rayonnements ionisants à des fins médicales.

Ce document dit que les professionnels de santé concernés devront satisfaire à la formation pour la radioprotection des patients. La fréquence de cette formation varie en fonction des activités exercées. Elle est de 10 ans pour les professionnels de l'imagerie médicale conventionnelle et les pratiques radioguidées réalisées par les radiologues, mais est réduite à 7 ans, pour la radiothérapie externe, la curiethérapie, la médecine nucléaire ainsi que les pratiques radioguidées effectuées par les autres praticiens.

#### d) Rôle du médecin du travail

Le médecin du travail a un rôle prépondérant dans l'organisation de la radioprotection d'un établissement de santé. Ses rôles étant très nombreux, nous allons uniquement présenter ceux qui sont essentiels à la radioprotection.

Il est amené à donner son avis sur le classement des travailleurs (sur la base de l'évaluation individuelle transmise par l'employeur) et sur les équipements de protection individuelle ainsi que leur durée maximum de port. Il donne son avis sur l'affectation ou non d'un travailleur dans un groupe susceptible d'intervenir en cas d'urgence radiologique.

Il participe à la mise en œuvre de la surveillance de l'exposition externe individuelle, en ayant accès de manière nominative à tout résultat dosimétrique (passive et opérationnelle) ainsi qu'à la dose efficace. Il est en charge de l'évaluation de la dosimétrie interne en ayant une liberté de prescription de tout examen complémentaire qu'il estime nécessaire.

Il participe à l'organisation de la RP, de prévention, en lien avec le CRP et aussi avec le CSE. Le médecin du travail peut échanger avec le PCR sur les doses reçues par les travailleurs, renforçant la collaboration entre les services de santé au travail et de radioprotection.

Bien sûr, il dépiste le plus précocement possible les effets sanitaires des rayonnements ionisants et se prononce sur l'aptitude des travailleurs à accomplir des missions sous rayonnements. Il décide ensuite des modalités de suivi des travailleurs en fonction de leur catégorie et de leur poste. Il est en charge du dossier médical, conservé pendant au moins 50 ans par le SST avec l'évaluation individuelle de l'exposition aux rayonnements ionisants, les résultats dosimétriques et dose efficace, les expositions ayant conduit à un dépassement de dose et les résultats des examens complémentaires).

En cas d'événement significatif (tout événement susceptible d'entraîner ou ayant entraîné un dépassement de valeur limite d'exposition professionnelle), le médecin du travail informe le travailleur, l'employeur, le CRP et l'IRSN. Il organise la prise en charge médicale immédiate et adapte le suivi du travailleur en fonction de l'événement.

Il peut enfin être amené à prendre en charge médicalement des accidents d'irradiation ou de contamination et délivrer les premiers soins.

### 3. Etat des lieux au niveau national de la radioprotection aux blocs opératoires

Les pratiques interventionnelles radioguidées sont en constante augmentation, notamment pour les actes de chirurgie aux blocs opératoires. Elles apportent des bénéfices considérables au patient mais présentent des enjeux significatifs en matière de radioprotection, tant pour les professionnels que pour les patients.

Si la réalisation des actes réalisés sur des équipements à arceaux fixes, installés dans les services d'imagerie interventionnelle, s'est significativement améliorée en matière de radioprotection, l'ASN relève, par ses inspections, des manquements pour les actes réalisés au bloc opératoire. L'exposition aux rayonnements ionisants y est perçue comme un risque secondaire, comparativement aux risques anesthésiques ou infectieux et autres actions de vigilance attendues des professionnels (hémovigilance, identito-vigilance, pharmacovigilance...).

Face à ces constats, l'ASN a sollicité l'expertise du Groupe Permanent d'experts en radioprotection pour les applications MEDicales (GPMED). Celui-ci a désigné un groupe d'experts multi-disciplinaires associant des professionnels de santé impliqués dans la radioprotection au bloc opératoire afin d'émettre des recommandations de bonne conduite de RP aux blocs opératoires.

Les recommandations issues de ce groupe ont fait l'objet d'un rapport et d'un avis du GPMED en octobre 2019. Ce rapport souligne, d'une façon générale, la faible appropriation de la culture de radioprotection par les intervenants du bloc opératoire.

Les principales idées directrices de cet état des lieux sont les suivantes :

- La culture de sécurité (hygiène, anesthésie, identitovigilance, matériovigilance, hémovigilance...) vis-à-vis du patient et des travailleurs existe au bloc opératoire mais les professionnels reconnaissent tous un manque de culture de la radioprotection. Ce défaut de sensibilisation à la radioprotection peut s'expliquer par un manque de connaissance et de conscience du risque dû au faible niveau d'exposition des patients au bloc, et à l'absence d'évènement détecté lors de procédures chirurgicales radioguidées. Ceci se traduit par un faible taux de port des dosimètres. De plus, la multiplicité des catégories professionnelles, l'importance du renouvellement des personnels, la mobilité des agents liée à la mutualisation des blocs opératoires sont également à l'origine du manque de culture de radioprotection.
- Les données nationales (SISERI) sur l'exposition des travailleurs au bloc opératoire ne font pas ressortir de situation critique. On peut toutefois, au vu des inspections de l'ASN, se poser légitimement la question du taux de port des dosimètres à lecture différée (corps entier, cristallin et extrémités) et des dosimètres opérationnels. Ces constats incitent à une vigilance vis-à-vis d'éventuelles conclusions sur l'exposition réelle des travailleurs au bloc opératoire.
- L'obligation de l'information à la radioprotection du patient, réglementaire depuis 2009, n'est pas systématiquement respectée et son non-respect n'est pas sanctionné.
- Les procédures radioguidées au bloc opératoire connaissent une croissance importante liée à l'évolution des pratiques dans de nombreuses spécialités chirurgicales et au développement de la prise en charge mini-invasive et ambulatoire des patients. D'autre part, les techniques d'imagerie utilisées au bloc opératoire sont de plus en plus sophistiquées et ne cessent d'évoluer. Ces deux constats entraînent des procédures de plus en plus complexes, susceptibles de conduire à des expositions plus élevées pour

le patient. Pour les travailleurs, la répétition des actes peut conduire à des expositions cumulées élevées.

- L'ANSM a recensé plus de 180 types d'équipements différents utilisés dans le parc français avec un potentiel d'optimisation des protocoles et des fonctionnalités très différentes. De plus, au cours d'une intervention chirurgicale, le temps dédié à l'utilisation de l'arceau peut être faible, les arceaux sont donc mutualisés pour un certain nombre de salles d'opération avec des actes de spécialités très variées et des protocoles trop fréquemment non adaptés à l'activité clinique. Leur mutualisation ne permet pas toujours l'optimisation des procédures vis-à-vis de l'exposition du patient. Leur utilisation ne bénéficie pas souvent de conditions d'aménagement optimales pour la radioprotection des travailleurs.
- L'optimisation des doses délivrées ne peut être faite que si celles-ci sont connues enregistrées et analysées. Malgré l'obligation réglementaire de relever l'exposition du patient, les doses relevées ne sont pas toujours enregistrées et encore moins analysées. De ce fait, les niveaux de référence locaux au bloc opératoire sont rarement établis.
- La multiplicité des unités affichées pour exprimer la dose délivrée au patient - le PDS (Produit Dose Surface) en Gy.cm<sup>2</sup>, mGy.cm<sup>2</sup>, cGy.cm<sup>2</sup>, µGy.m<sup>2</sup>... - selon le matériel utilisé ne permet pas aux praticiens de comparer les doses délivrées. Cette hétérogénéité des unités du PDS est potentiellement une source de confusion pouvant conduire à masquer des incidents.
- Le recours à l'expertise du physicien médical est souhaité afin d'évaluer la dose cutanée cumulée maximale et la surface de peau concernée, en additionnant les contributions des différentes incidences réalisées.
- Les manipulateurs en électroradiologie médicale (MERM) sont présents dans moins de 20 % des cas au bloc opératoire. Le plus souvent des infirmiers de bloc opératoire diplômés d'Etat (IBODE) ou des infirmiers diplômés d'état (IDE) manipulent et règlent les dispositifs radiogènes, en infraction avec la réglementation.
- La réglementation récente autorisant l'externalisation de la fonction de conseiller en radioprotection risque d'accentuer le manque de compétence locale en radioprotection et de constituer un frein à la diffusion de la culture en radiovigilance. Tous les professionnels s'accordent pour souligner que la proximité de la PCR a permis d'améliorer sensiblement la radioprotection des travailleurs ces dernières années.
- Les PCR (personne compétente en radioprotection) internes ne disposent pas toujours d'un temps suffisant pour exercer leurs missions et ont rarement la reconnaissance des praticiens. Les formations réglementaires à la radioprotection du patient et à la radioprotection des travailleurs sont dispensées séparément, selon des schémas différents (acteurs, fréquence de renouvellement...).

## 4. Réglementation

### a) Introduction

En France, comme vu précédemment, la réglementation est issue des directives européennes édictées dans le cadre du traité Euratom. Celles-ci s'inspirent largement des publications périodiques de la CIPR et de l'AIEA dont les recommandations évoluent avec l'apport de données nouvelles (1)(2). Ces publications s'inspirent elles mêmes des travaux de l'UNSCEAR.

En raison de directives assez récentes, une mise à jour de la réglementation française concernant l'utilisation des rayonnements ionisants a été initiée. En effet la directive européenne 2013/59, incluant la CIPR 103, la CIPR 2011 et la dernière BSS, est toujours en cours de transposition dans le droit français.

La réglementation étant un sujet assez vaste, nous allons seulement présenter quelques points comme les catégories de travailleurs, les doses limites et le zonage de travail.

### b) Catégorisation des travailleurs et valeurs limites d'exposition professionnelles

Les valeurs de limites d'exposition professionnelle ont été mises à jour par la nouvelle directive 2013/59/EURATOM du 5 décembre 2013. Cette mise à jour concerne la nouvelle limite de la dose cristallin.

En application du principe de limitation des doses, des valeurs limites réglementaires pour les travailleurs exposés aux rayonnements ionisants sont fixées dans les articles du code du travail. Dans toutes les circonstances (hormis les situations d'urgence et les expositions durables), ces valeurs « absolues » sont des limites à ne pas dépasser : leur respect impératif est apprécié au vu des doses effectivement reçues par chaque travailleur.

L'employeur répartit les salariés exposés aux radiations en deux catégories. Il doit évaluer les expositions et classer les salariés, conformément au Code du Travail.

Ainsi est classé en catégorie A, tout travailleur susceptible de recevoir, au cours de 12 mois consécutifs, une dose efficace corps entier supérieure à 6 millisieverts ou une dose équivalente supérieure à 150 millisieverts pour la peau et les extrémités.

En catégorie B, tout autre travailleur susceptible de recevoir une dose efficace supérieure à 1 millisievert, une dose équivalente supérieure à 50 millisieverts pour la peau et les extrémités.

Pour les catégories A et B, la valeur limite réglementaire pour le cristallin est la même. En effet une exposition au cristallin seule n'est pas suffisante pour classer un travailleur en A plutôt qu'en catégorie B.

Pour le public, la dose efficace corps entier ne doit pas dépasser 1 millisievert, avec une limite extrémité à 50 millisieverts et cristallin à 15 millisieverts.

En ce qui concerne les femmes enceintes, elles ne peuvent pas être classées en catégorie A. La dose maximale au fœtus ne doit pas dépasser 1 mSv sur 9 mois, avec possibilité de mettre en place un dosimètre abdomen pour contrôle. Une évaluation du poste est nécessaire pour le maintien ou non au poste ou la mise en place d'aménagement. Il est fortement encouragé, pour les femmes, de déclarer le plus tôt possible la grossesse auprès du médecin du travail.

Pour les travailleurs entre 16 et 18 ans, il n'y a pas de catégorie A possible. Ils peuvent être affectés au travaux des agents de la catégorie B sous dérogation.

Catégorie A	Corps entier	20 mSv
	Extrémité	500 mSv
	Cristallin	20 mSv
Catégorie B	Corps entier	6 mSv
	Extrémité	150 mSv
	<b>1 mSv au fœtus</b> Cristallin	20 mSv
Public	Corps entier	1 mSv
	Extrémité	50 mSv
	Cristallin	15 mSv

Figure 13 : valeurs limites d'exposition selon les catégories

Note : VLE au cristallin catégorie A :

Du 1<sup>er</sup> juillet 2018 au 30 juin 2023 : la VLE cumulée pour le cristallin est fixée à 100 mSv pour ces 5 années cumulées, pour autant que la dose reçue au cours d'une année ne dépasse pas 50 mSv.

A compter du 1<sup>er</sup> juillet 2023, la VLE au cristallin est fixée à 20 mSv sur 12 mois consécutifs.

Ainsi, avec l'abaissement progressif des limites, la CIPR considère qu'il n'est plus nécessaire de se préoccuper des risques déterministes, à l'exception de la peau, des extrémités et du cristallin.

La dose efficace est utilisée pour limiter la survenue d'effets stochastiques.

Dans la gamme des doses en-dessous de la limite annuelle de dose efficace, des réactions tissulaires ne devraient pas se produire, sauf dans quelques cas, par exposition localisée aiguë d'un organe isolé avec un faible facteur de pondération pour les tissus, comme la peau.

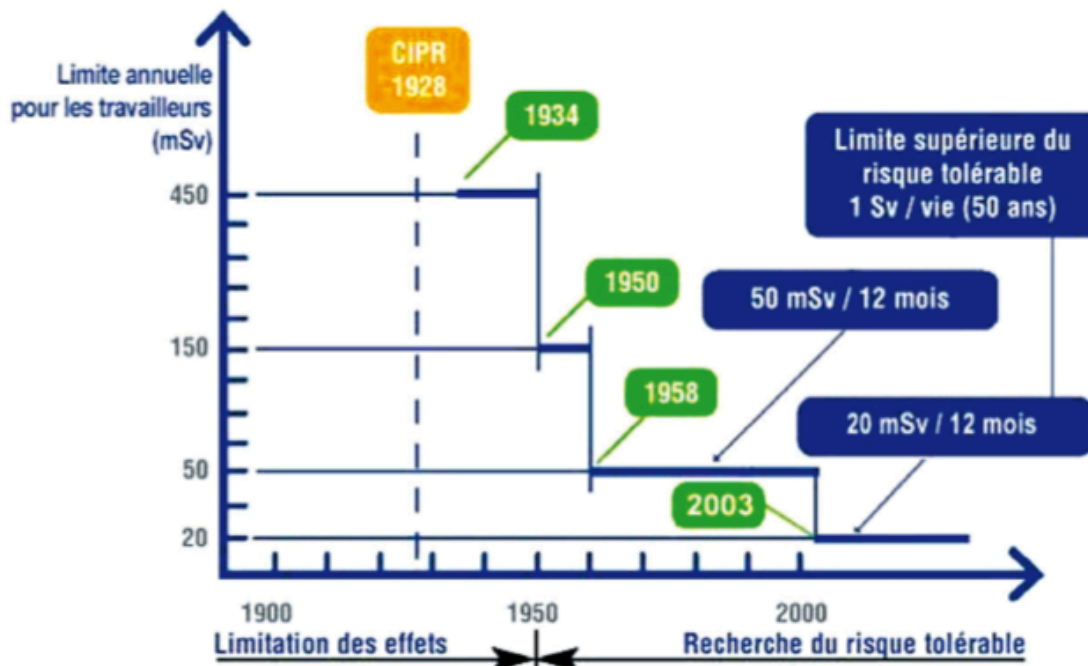


Figure 14 : évolution des valeurs limites d'exposition avec le temps et les nouvelles recommandations

### c) Elaboration des zones de travail

Le danger est lié à la présence de sources de rayonnements ionisants (générateurs de rayons X ou radionucléides).

Il convient dans un 1<sup>er</sup> temps d'identifier les sources et les lieux de travail à l'intérieur desquels l'exposition des travailleurs est susceptible de dépasser les niveaux suivants :

- dose efficace de 0,08 millisievert par mois pour l'organisme entier ;
- dose équivalente de 4 millisieverts par mois pour les extrémités ou la peau ;
- concentration d'activité du radon dans l'air, évaluée en dose efficace de 6 millisieverts par an.

L'évaluation des niveaux d'exposition retenus pour identifier ces zones est réalisée en considérant le lieu de travail occupé de manière permanente.

Si dans ces conditions, ces niveaux d'exposition sont dépassés, alors l'employeur délimite des zones selon les critères suivants :



CDT Art R.4451-22 et suivants

ZR zones réglementées

ZSR zones spécialement réglementées



Dose équivalente aux extrémités mains, av-bras, pied, cheville  $H_T$

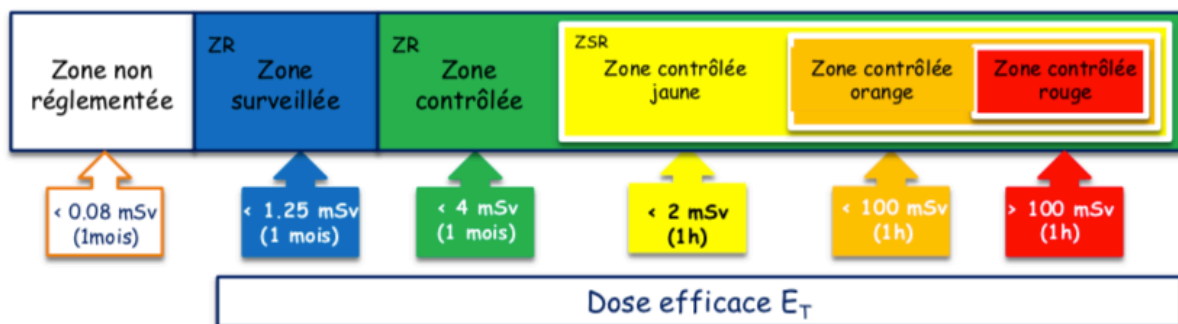


Figure 15 : les différentes zones et leurs valeurs limites

Pour ce qui concerne le risque lié à l'exposition au radon, une zone « radon » est délimitée et correspond à l'espace de travail dans lequel les travailleurs sont susceptibles d'être exposés à une dose efficace supérieure à 6 mSv par an en lien avec le radon, et en considérant une occupation à temps plein.

Conditions d'accès en zones :

- L'accès à une zone délimitée est réservé aux travailleurs ayant reçu une autorisation de l'employeur. Le classement en catégorie A ou B sur la base des résultats de l'évaluation individuelle de l'exposition liée aux rayonnements ionisants vaut autorisation.
- L'accès d'un travailleur classé en zone contrôlée orange ou rouge fait l'objet d'une autorisation individuelle délivrée par l'employeur. Elle est interdite pour les intérimaires, au prorata du temps de travail pour les CDD.
- Pour la zone contrôlée rouge, cet accès est exceptionnel et doit faire l'objet d'un enregistrement nominatif à chaque entrée.

A noter que l'accès à toute zone autre qu'une zone contrôlée orange ou rouge, et à une zone « radon » est autorisé pour les travailleurs non classés sous conditions.

## C. Rayonnements aux blocs opératoires

### 1. Pourquoi une utilisation des rayonnements dans les blocs opératoires ?

La production de rayons X était auparavant limitée aux services de radiologie, de cardiologie et de neuroradiologie. Ce sont des structures bien équipées, installées dans des locaux mis en conformité radiologique et dont les équipes sont composées de professionnels qualifiés, avec mise à niveau périodique des connaissances.

Mais l'évolution importante des équipements radiologiques et des matériels implantables génère un accroissement sensible des actes radioguidés depuis une dizaine d'années. Le bénéfice réel pour les patients de ces pratiques justifie leur développement. Ces actes peuvent être pratiqués à l'aide d'installations fixes dédiées et spécifiques, de scanographes, mais aussi grâce à des installations mobiles dans des structures non conçues à cet effet, tels que les blocs opératoires.

Dorénavant de nombreuses spécialités médicales réalisent des actes invasifs guidés par l'image.

Notamment l'urologie (urétéro-pyélographie rétrograde, néphrotomies, mise en place de sondes JJ...), l'hépatogastro-entérologie (endoprothèses digestives, cathétérisme endoscopique de la papille de Vater, endoprothèses biliaires, drainages...), l'orthopédie (arthrodèse, ostéosynthèse...), la pédiatrie, etc.

Une part importante de ces actes est réalisée au bloc opératoire, à l'aide d'installations mobiles, comme les amplificateurs de brillance.

### 2. Fonctionnement de l'amplificateur de brillance

L'amplificateur de brillance est un appareil de radiologie interventionnelle qui permet la visualisation en temps réel d'images radiologiques sur un écran au cours d'une intervention chirurgicale. C'est, en langage électronique, un système qui permet la détection de faibles intensités de lumière, voire la transformation d'une image optique en une image électronique.

L'intérêt de l'amplificateur de brillance est d'augmenter la luminosité des images ainsi obtenues et surtout leur précision dans le domaine radiologique. Par extension, en médecine, on désigne par ce nom un appareil composé d'un arceau semi-circulaire portant à une extrémité un tube à rayons X, et à l'autre, un ensemble de détection composé d'un écran luminescent et du tube amplificateur de brillance, l'ensemble étant monté sur un bâti contenant également l'alimentation électrique, d'un ou plusieurs

moniteurs vidéo pour visualiser les images ainsi obtenues, avec possibilité de mémorisation, voire d'enregistrement.

Un amplificateur de brillance est constitué d'un tube électronique soumis à une tension électrique et de plusieurs écrans. Il va transformer une image constituée d'une luminescence faible, provenant des rayons X ayant frappé une substance luminescente. Pour cela une tension électrique est appliquée au tube qui a pour effet d'accélérer les électrons qui viennent bombarder un deuxième écran avec une énergie supplémentaire. L'écran de sortie, quant à lui, va transformer le flux d'électrons en lumière visible donnant ainsi une image possédant un gain de luminosité beaucoup plus important. La dernière étape consiste à retransmettre l'image finale sur un moniteur vidéo.

L'amplification de brillance est utilisée surtout depuis une vingtaine d'années. Ils produisent moins de rayons X que les appareils à scopie.

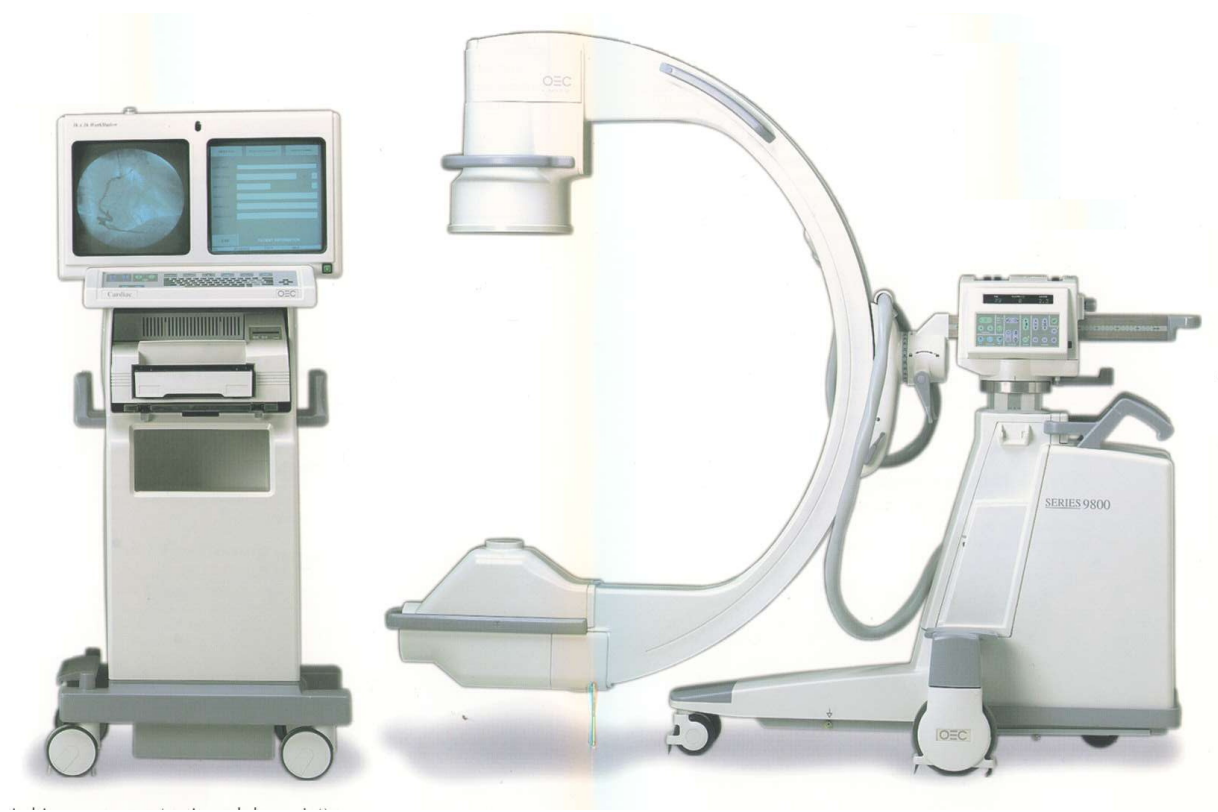


Figure 16 : présentation d'un amplificateur de brillance

### 3. Revue de littérature à propos du port des dosimètres dans les blocs opératoires à travers le monde

Avant de commencer cette étude, nous allons nous intéresser à l'utilisation du dosimètre et des EPI dans d'autres établissements de santé en France mais aussi plus largement dans le monde. Nous pouvons citer un peu plus d'une dizaine d'études ayant établi des taux de port variable à travers les différentes régions du globe :

K J AWOSAN et al., en novembre 2011, ont publié, une étude se déroulant dans le nord du Niger, dans *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. Il s'agit d'une étude sur le port du dosimètre, les connaissances et le port des EPI. 59 % avaient une bonne connaissance des risques liés aux rayonnements, mais seulement 27,3 % portaient régulièrement un dosimètre et très peu, 10,9 %, portaient systématiquement les différents EPI au travail. (3)

Hager Kamoun et al., ont publiés en 2014, dans la *Tunisie Médicale*, une étude à l'hôpital Charles Nicolle de Tunis. Réalisée auprès du personnel du bloc opératoire d'orthopédie, durant le mois de Mars 2010, elle s'intéressait à deux volets : les moyens de protection disponibles dans la salle opératoire via un autoquestionnaire distribué à l'ensemble du personnel et sur les connaissances concernant la radioprotection.

Seulement 2 dosimètres étaient présents dans ce bloc, appartenant aux techniciens de radiologie. Aucun autre personnel (médecin et infirmiers en autre) ne portait de dosimètre individuel passif ni opérationnel. Aussi, 40 personnes soit (74%) du personnel, ne savaient pas comment utiliser un dosimètre.

Des insuffisances en moyens de protection plombée (blouses plombées, cache thyroïde, lunettes plombées, paravent plombé) ont également été démontrées ainsi qu'un faible niveau de connaissances sur les rayonnements ionisants et la radioprotection. (4)

Jentsch et al., dans *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, ont publié en 2015, une étude dans un centre de traumatologie. Ils ont montré qu'une utilisation des dosimètres pendant plus de 50 % du temps était respectée par seulement 44% des consultants principaux. (5)

Madhu Sharma et al., ont publié dans *Scholars Journal of Applied Medical Sciences (SJAMS)*, en juin 2016 une étude dans l'hôpital de la ville d'Aggra (Inde). Les dosimètres n'ont jamais été, ou, rarement utilisés par 66 % des soignants. Il a été mis en évidence l'existence d'un «*fossé entre les connaissances et la pratique*» concernant l'utilisation des appareils de protection individuelle chez les soignants. (6)

Une autre étude, réalisée au CHU de Poitiers en septembre 2017 par Pauline Maudet, s'est intéressée au port du dosimètre, cette fois-ci pour les personnels du pôle anesthésie et réanimation.

Il a été conclu que seulement 37% du personnel portaient un dosimètre passif et 7% un dosimètre actif. (7)

Cette étude est cohérente avec une inspection réalisée par l'ASN le 3 novembre 2016 où « *les inspecteurs ont constaté que le port des dosimètres était très aléatoire. Cette exigence est respectée en endoscopie et en chirurgie vasculaire, mais est disparate selon les spécialités chirurgicales.* »

L'ASN avait alors demandé de veiller au respect du port des dosimètres attribués aux différents professionnels exposés. (8)

Cette inspection ASN fait suite à une autre inspection, réalisée en 2010 sur 18 établissements de Champagne-Ardenne et Picardie en chirurgie interventionnelle (56 blocs opératoires de cardiologie, neuroradiologie, vasculaire, urologie et orthopédie). Il y avait été noté un port du dosimètre passif de 80 % pour le personnel paramédical et de 50 % pour le personnel médical ; avec un port de la dosimétrie opérationnelle très aléatoire dans plus de 50% des structures.

Il avait été conclu qu'il fallait renforcer le port de la dosimétrie passive et opérationnelle. (9)

Amandine Brun et al., ont publié en 2017, dans Journal of Radiological Protection, une étude réalisée dans un CHU du sud de la France en 2016, sur le port du dosimètre par les chirurgiens et médecins anesthésistes. Il a été constaté que 53,3 % utilisent régulièrement un dosimètre passif et 17,8 % un dosimètre électronique. (10)

Dans une grande étude turque de Tunçer N, et al., publiée en 2017 dans Orthopedic surgeons, seulement 5% des 1024 chirurgiens orthopédistes ont déclaré utiliser un badge dosimètre pendant la fluoroscopie. (11)

Joeris et al., dans Occupational Medicine & Health Affairs Health en 2018, ont étudié ce problème auprès de 531 chirurgiens orthopédistes et traumatologues.

Plus de 31% des chirurgiens sont très préoccupés par leur exposition aux radiations dans leur travail et environ 48% sont légèrement à modérément préoccupés. Les chirurgiens d'Asie-Pacifique, d'Amérique latine et du Moyen-Orient sont beaucoup plus préoccupés par les radiations dans leur travail que les chirurgiens européens. Cependant, seulement un cinquième des chirurgiens portent un dosimètre et la moitié d'entre eux ne l'utilisent jamais. Près de 65% des chirurgiens portent toujours un tablier en plomb. Les lunettes plombées étaient portées par seulement 3,1 % de agents. (12)

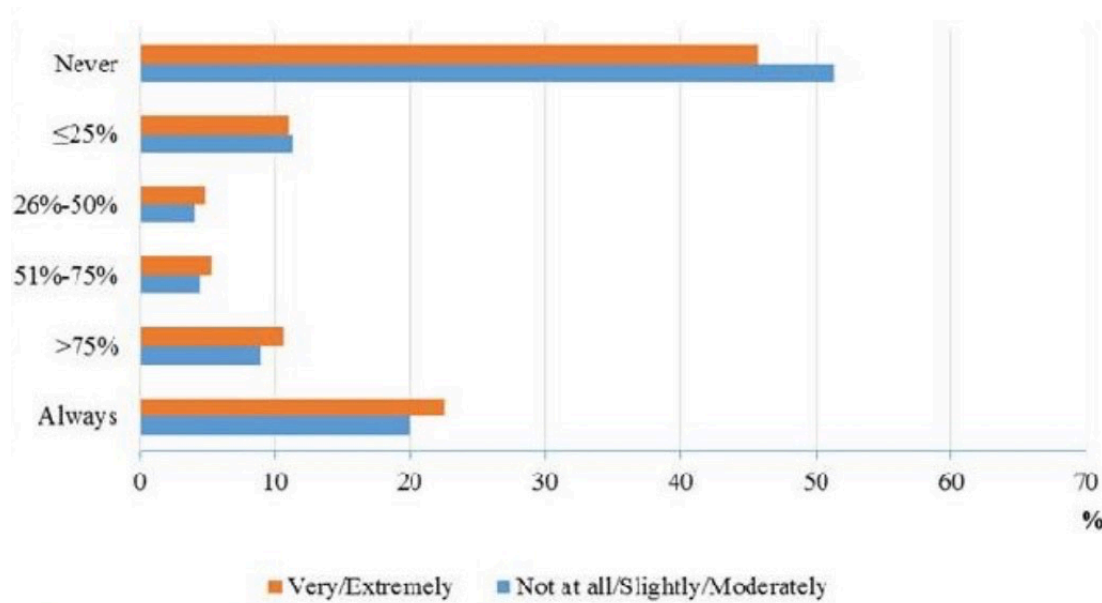


Figure 17 : pourcentage de port du dosimètre passif de l'étude de Joeris et al.

Molly M. McCulloch et al., ont publié en 2018, dans *Health Physics*, un étude à l'hôpital du Michigan. Le but de cette étude était d'évaluer les attitudes des employés exposés dans un grand hôpital d'enseignement à propos du port de leurs dosimètres de rayonnement personnels. Au total, 302 employés ont répondu à l'enquête. Il a été mis en évidence que 42% de ceux qui ont un dosimètre sous le tablier et 47% de ceux qui ont un dosimètre en anneau ne portaient jamais leur dosimètre. Pour cette population, la raison la plus souvent mentionnée était l'inconvénient de se souvenir de porter leurs dosimètres lorsqu'ils travaillaient dans plusieurs endroits. (13)

Une étude de Asdrubal Falavigna et al., publiée dans *Neurosurgery* en juin 2018, montre que l'utilisation du badge dosimètre est négligée par 67,8% des chirurgiens du rachis, que 21,2 % des chirurgiens l'utilisait parfois et que seulement 10,9 % des chirurgiens l'utilisait toujours. L'étude a reçu les réponses de 979 chirurgiens de 5 régions : l'Asie, l'Europe, l'Amérique latine , l'Amérique du Nord, et l'Amérique de l'Est. (14)

Hanan Hassan et al., ont publié en mai 2019 dans *International Journal of Advanced Community Medicine*, un étude sur l'hôpital d'Ismailia (Egypte). Ils trouvent un taux de port du badge dosimétrique de 8,9 % pour un port à chaque utilisation de rayonnements ionisants. (15)

De plus, en mars 2019, Walsh et al., ont publié dans *Orthopedic Reviews*, une étude sur les connaissances en radioprotection des chirurgiens orthopédiques. Cette étude a révélé de faibles scores de connaissances de base en radioprotection pour les résidents orthopédiques et les professeurs et a conclu que la formation en radioprotection devrait avoir un rôle officiel dans les programmes d'études en chirurgie orthopédique. De plus ils trouvent que 54% des répondants se conforment au port d'un équipement de protection individuelle. (16)

Ces différentes études, dont la liste n'est pas exhaustive, tant sur le plan international que national, ainsi que les inspections de l'ASN citées, nous montrent que le port des dosimètres n'est pas tout à fait optimal au sein des blocs opératoires. Au vu de ces résultats, il me semble cohérent de nous interroger sur ce port des dosimètres au niveau du CHU de Rouen.

#### 4. Quelques études et effets des rayonnements sur la santé des travailleurs exposés et sur les personnels médicaux

Les rayonnements ionisants sont classés comme cancérigènes de classe I. Les risques ont été évalués à travers des études relatives aux survivants de la bombe atomique, aux populations exposées aux rayonnements à des fins de diagnostic ou de thérapie et aux populations professionnellement exposées (professionnels de santé, travailleurs des mines d'uranium, agents de l'industrie nucléaire).

La population de survivants japonais des bombes atomiques est la plus grande population exposée et étudiée avec une tranche d'âge extrêmement large (de l'irradiation in utero aux personnes âgées). Il s'agit de la Life Span Study (LSS), avec un recrutement commencé en 1950 (tous les survivants dans un rayon de 2,5 km autour des épencentres et des échantillons de survivants au delà). Une dosimétrie a été reconstituée pour 86 611 survivants. En 2003, 58 % de la population de l'étude était décédée.

Cette première grande étude a permis de démontrer un sur-risque de cancers solides et de leucémies, avec une latence de quelques années (leucémie) à quelques dizaines d'années (cancers solides).

Pour information, l'étude a également démontré un sur-risque de pathologies autres que les cancers (cardio vasculaire par exemple), de retards mentaux associés à des expositions in utero mais pas d'observation d'effets héréditaires chez l'Homme.

Mais cette étude se base sur un modèle à forte dose et fort débit de dose. La transposition de ce modèle au faible débit de dose et faible dose, ce qui nous intéresse dans les expositions professionnelles, est plus compliqué car aucun seuil n'a été mis en évidence pour dire qu'en dessous d'une certaine exposition il n'y a aucun risque, même si aucun effet n'a été démontré en dessous de 100 mSv.

Pour les travailleurs de l'industrie nucléaire, deux études récentes sur de grandes cohortes et sur de longues périodes ont apporté des informations. L'étude INWORKS (France, Etats Unis et Royaume Uni) et l'étude 15 pays ont suivi de nombreux travailleurs de l'industrie nucléaire.

Des relations dose-risque observées pour la mortalité par leucémie et par cancers solides associées à une exposition externe chronique aux rayonnements ionisants ont été discuté.

Les résultats sont compatibles avec l'une des hypothèses sous-jacente au système de radioprotection actuel qui est l'extrapolation du modèle dérivé des survivants des bombardements d'Hiroshima et Nagasaki vers des populations exposées de façon répétée à de faibles doses.

Les résultats ne sont pas en faveur de l'hypothèse d'un facteur de réduction du risque aux faibles doses, faibles débit de dose.

Pour les mineurs d'uranium, l'étude conjointe et internationale BEIR en 1999 et l'étude RISK (Européenne française, tchèque et allemande) ont démontré un risque important de cancer pulmonaire, même en ajustant avec le tabac. Une nouvelle étude internationale PUMA avec des effectifs larges et des durées plus longues est en cours.

Pour les personnels soignants, plusieurs études existent.

L'étude française O'RICAMs (Occupational Radiation-Induced Cancer in Medical staff) regroupe environ 200 000 professionnels de santé exposés aux RI inclus dans la base de SISERI depuis 2002. Elle a été lancée en 2014. Le but est d'évaluer le risque de décès par cancer et maladies non cancéreuses chez les professionnels de santé exposés.

L'étude O'CLOC s'est intéressée à tester l'existence d'un risque accru de cataracte chez les cardiologues interventionnels par rapport à un groupe non exposé. Elle a démontré le bien fondé de cette interrogation par un risque de cataracte radio-induite confirmé. L'existence de seuil pour la cataracte est toujours débattue. Des valeurs entre 0,30 et 1,50 Gy sont associées à des intervalles de confiance assez larges.

Un projet Européen EURALOC, avec 11 pays impliqués, va également s'intéresser à l'augmentation de cataracte sous capsulaire postérieure et la relation dose-risque.

D'autres études mettent en évidence des cancers radio-induits.

Notamment celle de Xenia Bacinschi, publiée en décembre 2018, dans Romanian Journal of Occupational Medicine. Elle a regroupé plusieurs études montrant qu'il existe un risque de cancer excessif pour les personnes professionnellement exposées. (17)

Des exemples de cancers radio-induits, comme les cancers thyroïdiens ont été décrits. (18)

De même que pour le sein, qui est l'un des organes les plus radiosensibles, plusieurs études épidémiologiques ont déjà montré de manière consistante une relation significative entre le risque de cancer du sein et l'exposition aux rayonnements ionisants. (19)

Egalement les cancers cérébraux : une exposition supérieure à 1 Sv aux rayons X est un facteur de risque, établi, de développer un cancer du système nerveux. Dans une étude réalisée sur 424 praticiens interventionnels, 31 cas ont été rapportés dont 23 cardiologues interventionnels, 6 rythmologues et 5 radiologues. 85 % des cancers cérébraux constatés chez les praticiens interventionnels étaient situés dans l'hémisphère gauche du cerveau, le côté gauche du praticien étant le plus exposé aux rayonnements. (20)



Pour les effets déterministes, plusieurs seuils de doses ont été décrit en fonction des organes cibles.

Si nous nous intéressons à la peau, les effets précoces ont plusieurs seuils :

- 4-5 Gray : épilation simple et transitoire
- 6-12 Gray : érythème puis pigmentation
- 12-15 Gray : épithélite sèche
- 15-25 Gray : épithélite exsudative
- > 25 Gray : radionécrose

Des effets tardifs pourront arriver, sans lien avec les effets précoces, comme une atrophie cutanée, une fibrose, hypo ou hyperpigmentation, hyperkératose...

Les effets déterministes sur les gonades :

- 0,5 Gray : oligospermie
- 2 Gray : stérilité transitoire
- 6 Gray : stérilité définitive
- 7 Gray : ménopause chez une femme de 40 ans
- 12-15 Gray : ménopause chez une femme de 25 ans

Pour le tube digestif :

- 1-2 Gray : nausée, vomissement tardif
- 5 Gray : diarrhée sanglante
- 6 Gray : perforation digestive

Les rayonnements ont également un effet tératogène sur la grossesse, dépendant de la phase de grossesse en cours :

- Phase pré implantatoire J0 à J8 : loi du tout ou rien, si persistance grossesse aucun effet ultérieur
- J8 à 12<sup>e</sup> semaine : risque de malformation d'organe
- 12<sup>e</sup> semaine à la fin de la grossesse : risque d'anomalie du système nerveux central et retard mental

Ainsi l'exposition aux rayonnements ionisants peut induire des effets déterministes à seuil et aussi des effets stochastiques, dont certaines relations ont été prouvées au cours d'études.

## D. Surveillance médicale et protection des agents

### 1. Modalité du suivi médical des travailleurs exposés

Tout travailleur affecté à un poste présentant des risques particuliers pour sa santé bénéficie d'un suivi individuel renforcé (SIR). C'est le cas pour les expositions aux rayonnements ionisants.

Ce suivi individuel renforcé sera différent suivant la catégorie A ou B de l'agent.

Pour les agents en catégorie A, ce suivi débute par un examen médical d'aptitude préalablement à l'affectation sur le poste fait par un médecin.

Ensuite le suivi sera organisé pour avoir au minimum une visite par an avec un médecin du travail, visite se terminant par un avis d'aptitude. Cette périodicité peut être augmentée ou non suivant l'organisation et la possibilité du médecin du travail.

Pour les travailleurs en catégorie B, nous avons également un examen médical d'aptitude fait par un médecin préalablement à l'affectation au poste.

Ensuite le médecin revoit l'agent au maximum 4 ans plus tard, avec une visite intermédiaire faite à 2 ans par un professionnel de santé. Ce professionnel peut être un collaborateur médecin, un interne en médecine ou un infirmier, qui est sous l'autorité du médecin du travail. La périodicité de ces renouvellements de visites est fixée par le médecin du travail.

Un dossier médical individuel est constitué, contribuant au suivi et permettant de regrouper l'évaluation individuelle de l'exposition aux rayonnements ionisants transmise par l'employeur, les résultats du suivi dosimétrique individuel ainsi que la dose efficace, les résultats des examens complémentaires prescrits par le médecin du travail.

Le cas échéant, sont tracées les expositions ayant conduit à un dépassement des valeurs limites ainsi que la dose reçue au cours de ces expositions.

Ce dossier médical est conservé par le SST pendant au minimum 50 ans.

Egalement, pour tout travailleur classé, une surveillance dosimétrique individuelle appropriée est mise en place : *« L'employeur met en œuvre une surveillance dosimétrique individuelle appropriée, lorsque le travailleur est classé ou que la dose efficace évaluée est susceptible de dépasser 6 millisieverts. »*

Elle est appropriée par rapport au type d'exposition (interne, externe, type de rayonnement).

Ainsi une dosimétrie individuelle, adaptée, à lecture différée est mise en place pour s'assurer du respect des VLEP.

Nous avons des dosimètres portés au niveau de la poitrine, bague, poignet, cristallin. Certaines professions, comme les métiers de l'aviation, bénéficient d'une dosimétrie individuelle par modélisation informatique.

La fourniture, exploitation des dosimètres et modélisation sont faits par un organisme accrédité (accréditation COFRAC).

Enfin une dosimétrie interne peut être demandée. Prescrite par le médecin du travail, ces examens de radio toxicologie des urines ou selles, d'anthroporadiamétries sont confiés à un SST ou un laboratoire de biologie médicale accrédités. Le calcul de la dose engagée est fait par le médecin du travail, avec l'appui possible du CRP et ou de l'IRSN.

Pour notre sujet de thèse, nous nous intéresserons à la dosimétrie passive individuelle avec dosimètre poitrine ainsi qu'à la dosimétrie opérationnelle.

## 2. Exposition externe : surveillance dosimétrique

### a) Dosimétrie passive poitrine

La mesure de l'exposition externe se fait à l'aide de dosimètres portés par les travailleurs. Nous ne détaillerons ici que les dosimètres passifs portés en poitrine. Plusieurs types de dosimètres à lecture différée sont disponibles.

Les dosimètres thermoluminescents (appelés aussi TLD) : détectent les rayons X,  $\beta$  et  $\gamma$ . Ils utilisent des matériaux (pastilles extrudées, frittés, poudres) qui, soumis à une irradiation puis chauffés, émettent de la lumière, proportionnellement à la dose reçue. Les TLD peuvent être utilisés pour des dosimétries corps entier mais aussi pour les extrémités ou le cristallin. Ils sont plus sensibles que les dosimètres photographiques, et sont réutilisables plusieurs centaines de fois. La lecture, pouvant se faire à l'aide d'un lecteur automatique, se fait en chauffant le matériau. L'émission de lumière entraîne la « remise à zéro du TLD ».

Les dosimètres radio-photoluminescents (RPL) : sous l'effet du rayonnement les électrons arrachés à la structure de verre du dosimètre sont piégés par les impuretés contenues dans le verre. La lecture se fait sous lumière UV qui désexcite les électrons en émettant une luminescence proportionnelle à la dose reçue.

Les dosimètres à luminescence optiquement stimulée (OSL) : sous l'effet d'un rayonnement ionisant, des électrons sont piégés par des impuretés introduites dans la structure cristalline du détecteur ; l'exposition du détecteur à un flash lumineux (laser, diodes) permet la mesure de la luminescence ainsi émise, proportionnelle à la dose de rayonnements ionisants.

Au CHU de Rouen, ce sont les dosimètres RPL qui sont utilisés. Ils sont fournis directement par l'IRSN et analysés par eux.

Les travailleurs en catégorie A ont des dosimètres mensuels et les catégories B des dosimètres trimestriels.

Ils doivent être portés dès que l'agent travaille avec les rayons X et déposés le reste du temps sur un tableau spécialement dédié à leur rangement et conservation. Ils se portent à hauteur de poitrine sous les équipements de protection individuels pour permettre le suivi des doses reçues malgré les protections portées par le travailleur.

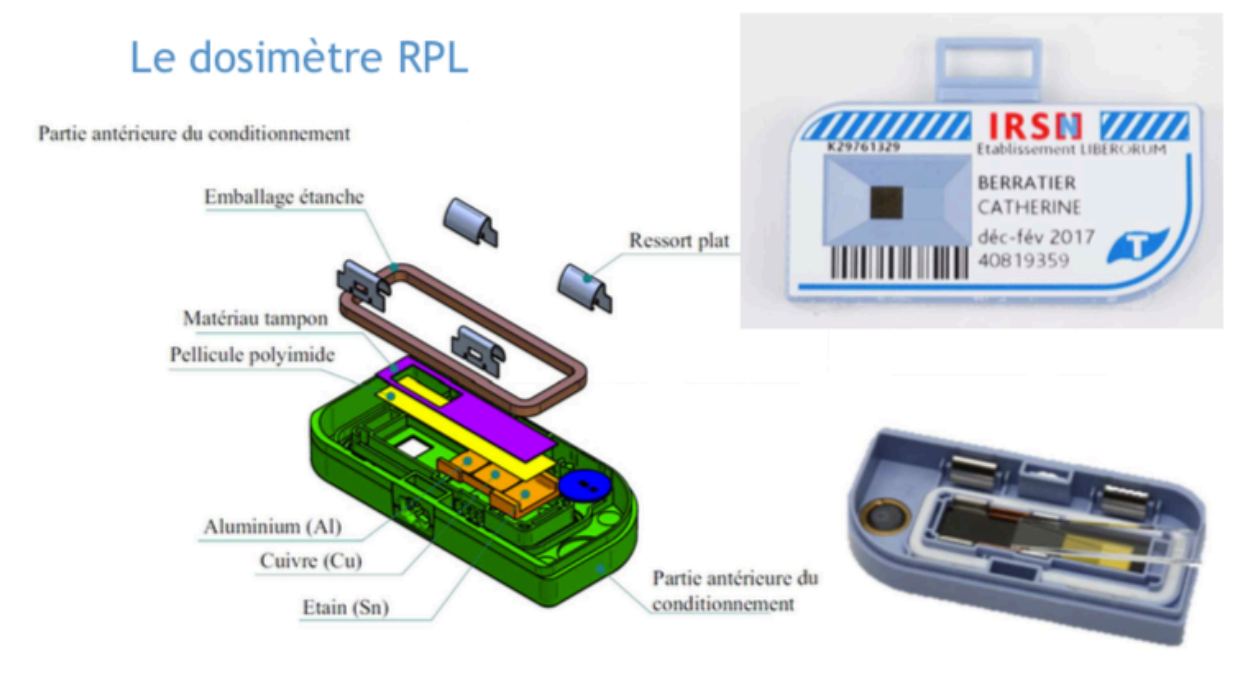


Figure 18 : présentation du dosimètre passif RPL de l'IRSN utilisé au CHU de Rouen

#### b) Dosimétrie opérationnelle

Les dosimètres opérationnels ou actifs sont obligatoires en plus du dosimètre passif pour les accès en zone contrôlée.

Ils sont à lecture directe, c'est-à-dire qu'ils affichent la dose sur leur écran. Ils permettent le suivi de l'exposition en temps réel et l'optimisation de la dose reçue. Ils doivent être choisis en fonction du type et des caractéristiques des rayonnements à mesurer. Ces dosimètres électroniques doivent être pourvus d'alarmes sonores et visuelles, qui doivent être activées lors de toute utilisation et qui se déclencheront selon le niveau de rayonnement ou en cas de dépassement de seuils prédéfinis.

Le dosimètre opérationnel peut être attribué de façon permanente à une personne, ou il peut être utilisé en mode « pool ». Pour ce dernier, le dosimètre peut être partagé parmi les membres d'une même équipe. Il sera attribué à un utilisateur lors de la mise en route de l'appareil dans un lecteur de dosimètre opérationnel.

c) Modalités d'accès aux données de la surveillance dosimétrique individuelle

Les informations sont accessibles en fonction de la qualité des interlocuteurs.

Le travailleur a accès à tous les résultats issus de la surveillance dosimétrique individuelle dont il fait l'objet, ainsi qu'à la dose efficace le concernant. Il peut à cet égard en demander la communication au médecin du travail ou à l'IRSN. Il peut également solliciter le conseiller en radioprotection pour ce qui concerne les résultats auxquels ce dernier a accès.

Le médecin du travail a accès, sous leur forme nominative, aux résultats de la surveillance dosimétrique ainsi qu'à la dose efficace de chaque travailleur dont il assure le suivi de l'état de santé. Sous sa responsabilité, il peut communiquer au conseiller en radioprotection des informations couvertes par le secret médical relatives à la dose interne, lorsque celle-ci est liée à l'exposition professionnelle et strictement utile à la prévention.

Le conseiller en radioprotection a accès, sous une forme nominative et sur une période n'excédant pas celle durant laquelle le travailleur est contractuellement lié à l'employeur, à la dose efficace reçue ainsi qu'aux résultats de la surveillance dosimétrique individuelle liée à l'exposition externe ou à l'exposition au radon. Lorsqu'il constate que l'une des doses estimées dans le cadre de l'évaluation individuelle préalable de l'exposition aux rayonnements ionisants ou l'une des contraintes de dose est susceptible d'être atteinte ou dépassée, le conseiller en radioprotection doit en informer l'employeur.

L'employeur doit assurer la confidentialité vis-à-vis des tiers, des données nominatives auxquelles les conseillers en radioprotection ont accès, et doit mettre à la disposition de ces derniers les moyens nécessaires pour qu'ils puissent respecter les exigences liées au secret professionnel.

Enfin, les inspecteurs du travail, ainsi que les inspecteurs de la radioprotection et les agents des services prévention des Carsat ont accès, sous leur forme nominative, aux doses efficaces reçues par les travailleurs ainsi qu'aux résultats de la dosimétrie liée à l'exposition externe ou à l'exposition au radon.

Il convient par ailleurs de noter qu'au moins une fois par an, l'employeur doit présenter au comité social et économique (CSE) un bilan statistique de la surveillance de l'exposition des travailleurs et de son évolution, sous une forme excluant toute identification nominative des travailleurs.

Ces données sont centralisées par le système en ligne SISERI (Système d'Information et de Surveillance de l'Exposition au Rayonnements Ionisants). Le système SISERI a été mis en place dans un but de centralisation, de consolidation et de conservation de l'ensemble des résultats des mesures individuelles de l'exposition des travailleurs. Ces données sont restituées sous certaines conditions, en accès direct par internet, aux médecins du travail et conseillers en radioprotection, afin d'optimiser le suivi médical et la radioprotection des travailleurs.

Ce système a été mis en place à la demande et avec le soutien de la Direction Générale du Travail. Sa gestion a été réglementairement confiée à l'IRSN.

### 3. Exposition interne

L'importance de l'exposition interne liée à la présence d'une substance radioactive dans le corps humain va dépendre non seulement de la période physique du radionucléide, mais également de sa période biologique. La période biologique est le temps nécessaire pour que la moitié de l'activité du radionucléide absorbé soit éliminée par le métabolisme du corps. La grandeur qui caractérise l'exposition interne est la dose équivalente engagée.

Cette exposition interne est difficile à mesurer : on fait appel à plusieurs techniques de mesures qui permettent d'identifier et de quantifier des radioéléments et ainsi d'évaluer la nature et la gravité de l'exposition : dosage d'isotopes dans les urines, le sang, les selles, examen d'anthroporadiométrie. Leur mise en œuvre permet de détecter et d'identifier un corps radioactif dans l'organisme. Ces examens sont prescrits par le médecin du travail. Ces analyses doivent être planifiées sans délai, dès qu'il y a suspicion d'exposition interne.

A partir des résultats, est calculée la dose efficace engagée reçue par le travailleur suite à cette incorporation de substances radioactives.

## 4. Equipements de protection

### a) Equipements de protection individuelle

Plusieurs types d'EPI existent, protégeant une partie plus ou moins importante du corps.

Le tablier plombé est le principal EPI. Il couvre le thorax, les parties génitales et doivent descendre au niveau des genoux. Il y a des demi-chasubles ou chasubles à type manteau suivant qu'ils protègent uniquement la partie antérieure ou aussi la partie dorsale du corps.

Ils peuvent être constitués uniquement de plomb, avec de longues tiges verticales constituant le tablier ou d'un mixte entre plomb et autres constituants (résines, matières plastiques). Il conviendra de faire attention au rangement de ces tabliers pour ne pas casser les tiges. Avec le temps, les parties inférieures des tiges s'affaissent et s'abiment rendant la protection moins performante.

Les tabliers les plus récents ne contiennent aucun élément plombé, en étant constitué notamment de caoutchouc, de bismuth et d'antimoine entre autre.

L'atténuation des rayons X dépend de l'épaisseur du plomb. Plus l'épaisseur est importante plus l'atténuation est forte mais il s'agit de trouver un compromis entre l'ergonomie, le poids (pénibilité) et l'efficacité.

Ils sont pour la plupart entre 0,25 et 0,50 mm d'équivalent de plomb en épaisseur pour un poids approximatif compris entre 3 et 7 kg.

Ces tabliers pouvant être lourds et peu pratiques pour les interventions longues avec un poids reposant uniquement sur les épaules, une solution existe pour davantage répartir le poids.

En effet il est possible de s'équiper de veste et de jupe plombées, permettant de soulager les épaules et le dos en prenant appuis sur plus de zones (dont les hanches) et garder la même protection.

L'inconvénient principal est de ne porter qu'un des deux équipements.

Des caches thyroïdes sont aussi présents pour compléter cette protection vis-à-vis de la thyroïde, qui est surtout sensible aux rayonnements ionisants pendant l'enfance, l'adolescence et chez l'adulte jeune. L'épaisseur est très souvent équivalente à 0,50 mm de plomb pour un poids moyen de 6,2 kg/m<sup>2</sup>.

Des lunettes plombées peuvent être proposées, protégeant le cristallin et diminuant ainsi le risque de cataracte. Surtout pour la chirurgie interventionnelle, elles permettent une réduction du débit de dose de 10 à 50 fois pour 0,50 mm de plomb ou équivalent. Une visière plombée peut être proposée en alternative aux lunettes pour un meilleur confort ou une meilleure protection latérale.

Tabliers de plomb, demi-chasuble



Protèges thyroïdes



PORTIX : porte-tabliers fixes ou mobiles



Figure 19 : EPI et rangement adapté

b) Equipements de protection collective

En renfort et complément de la protection individuelle, des équipements de protection collective (EPC) peuvent être installés. Il peut s'agir de bavolets de table, de plafonniers ajustables, de paravents plombés mobiles ou non.



Protections plombées, rigides ou souples, mobiles ou fixes

Paravents plombés MOVIX (avec ou sans fenêtre)



Figure 20 : quelques exemples d'EPC

## 5. Dose reçue par le personnel médical

En France, 390 363 travailleurs étaient suivis en 2018 par dosimètre, au titre de leur exposition aux rayonnements ionisants selon les données IRSN. Plus de la moitié, 57% d'entre eux sont des professionnels de santé.

Selon les professions, l'exposition aux rayonnements n'est pas la même. Ainsi, bien que les professionnels de santé soient les plus nombreux à être suivis, ils reçoivent moins de dose par rapport à d'autre profession (figure 21).

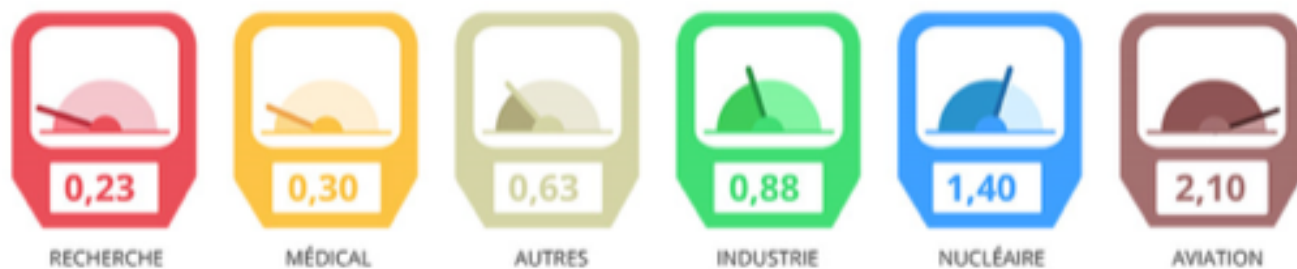


Figure 21 : dose moyenne reçue durant 12 mois, en 2018, calculée sur l'effectif ayant reçu une dose supérieure au seuil d'enregistrement des dosimètres

Intéressons nous uniquement aux travailleurs de la santé : sur cette année 2018, 86% de ces agents, ont reçu une dose inférieure au seuil de détection (dose < 0,05 mSv). 95% des travailleurs ont une dose inférieure à 1 mSv (qui est la limite de dose annuelle pour le public).

76 personnes ont reçu une dose > 5 mSv, et 8 personnes une dose supérieure à la limite réglementaire de 20 mSv.

Ainsi, malgré l'utilisation de plus en plus courante des rayonnements ionisants aux blocs opératoires, et l'importance de la population concernée, la très grande majorité des travailleurs reçoit des doses indétectables ou très faibles.

Ce pourcentage important (86 %) de dose inférieure au seuil de détection, tout en ayant une utilisation de plus en plus importante des rayonnements, peut interroger sur la puissance de ces résultats, notamment en s'interrogeant sur le port réel du dosimètre par les agents.

En effet, les doses sont-elles indétectables du fait d'une bonne radioprotection, ou bien sont-elles indétectables du fait d'un port du dosimètre aléatoire ?

## II. Etude

### A. Introduction

#### 1. Choix des blocs inclus dans l'étude

Au CHU de Rouen, plusieurs blocs utilisent les rayons X au cours de leurs opérations. Nous pouvons ainsi prendre en exemple les blocs d'orthopédie, de chirurgie maxillo-faciale, de chirurgie cardiaque, les blocs d'urgences, de neurochirurgie, de pédiatrie, d'urologie et digestif, les salles de cardiologie et de radiologie interventionnelle.

Il a été décidé, en réunion avec le bureau de radioprotection d'inclure 3 blocs pour la réalisation de cette thèse afin de pouvoir suivre dans chaque bloc un nombre suffisant d'intervention et de pouvoir rencontrer un maximum d'agents.

Nous avons pris, pour commencer, le bloc urologie et digestif. En effet, il comporte un des effectifs les plus importants de tous les blocs du CHU, en regroupant deux spécialités, et aucune étude récente de radioprotection n'avait été mise en œuvre sur ce bloc.

Ensuite nous avons choisi le bloc orthopédique. Il est plus petit en terme d'effectif, et, une étude sur la radioprotection avait été faite au cours d'un mémoire d'un étudiant radiophysicien en 2014. Il s'agit de mettre en évidence si cette étude avait été profitable pour l'organisation de la radioprotection dans ce bloc.

Egalement, ces deux blocs déménagent au cours de l'été 2020 dans le nouveau bâtiment « Robec » du CHU. Nous avons trouvé pertinent le fait de nous y intéresser pour y relever les possibles difficultés et ainsi les corriger dès la mise en service de ces blocs.

Enfin, pour le 3<sup>e</sup> bloc de cette étude, nous avons choisi la pédiatrie. Ce bloc ne déménage pas mais est caractérisé par la présence de manipulateur en radiologie lors de chaque utilisation de l'amplificateur de brillance. Il s'agit ici de constater si cela a un impact sur la radioprotection de ce bloc.

Tableau 1 : nombre d'opération en 2018 et 2019 par bloc et nombre d'opération sous amplificateur de brillance (en bleu)

	<b>Nombre d'opération en 2018</b>	<b>Nombre d'opération en 2019</b>
<b>Bloc pédiatrique</b>	4882	4788
<b>Bloc orthopédique</b>	4847	4246 (687)
<b>Bloc urologie et digestif</b>	5957	5871 (1210)

Grace au tableau 1, nous pouvons voir que l'utilisation de l'amplificateur de brillance n'est pas rare et que cela concerne 21% des interventions en urologie et digestif et 16% des opérations en orthopédie.

## 2. Présentation de l'effectif

La population de cette étude comprendra tout agent pouvant se trouver en salle, au cours d'une intervention utilisant des rayons X.

Il s'agit donc des chirurgiens, des internes de chirurgie, des externes, des IBODE, des infirmiers de bloc, des étudiants infirmiers, des IADE, des médecins anesthésistes réanimateurs, des internes d'anesthésistes et des manipulateurs de radiologie.

L'effectif de l'étude est de 223 agents.

L'effectif regroupe ainsi 53 chirurgiens, 36 internes, 42 IBODE/IDE, 49 IADE, 19 MAR et 24 manipulateurs en radiologie.

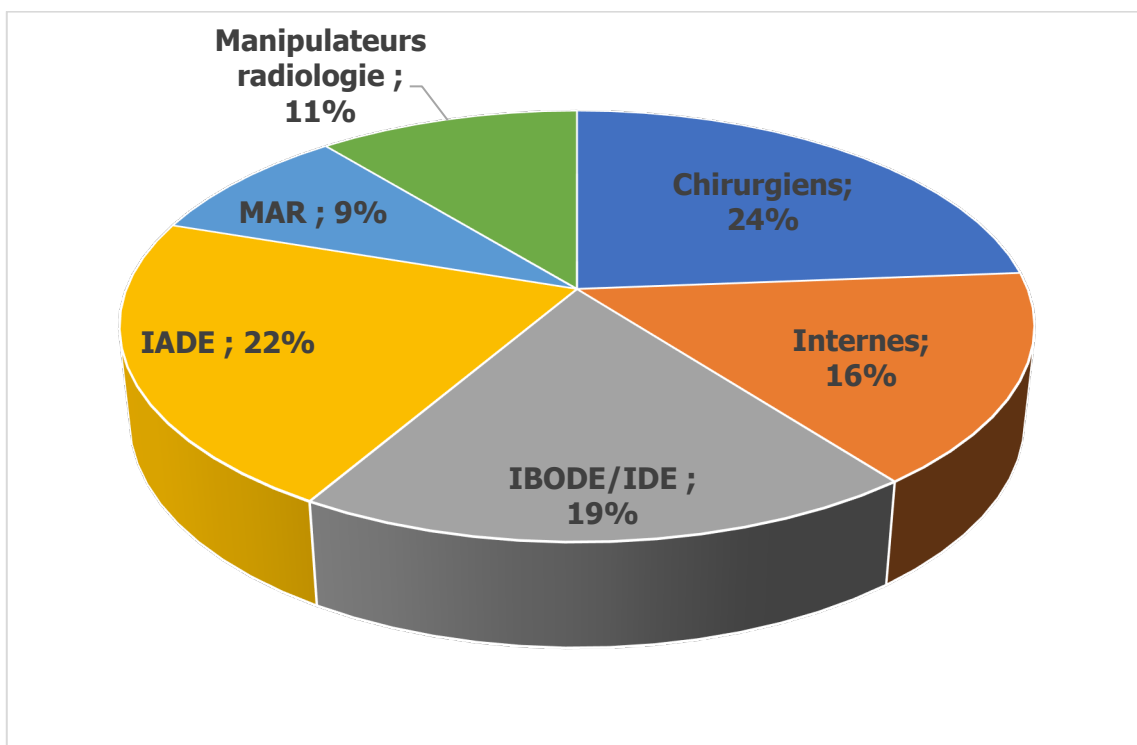


Figure 22 : répartition des 223 agents

Tableau 2 : effectif de l'étude par bloc

	Chirurgiens	Internes	IBODE/IDE	IADE	MAR	Manipulateurs radiologie	Total
<b>Bloc pédiatrique</b>	12	8	13	10	11	24	78
<b>Bloc orthopédique</b>	15	13	11	19		0	58
<b>Bloc urologie et digestif</b>	26	15	18	20	8	0	87

Les blocs pédiatrique et orthopédique sont homogènes, en dehors de la présence de manipulateur en radiologie.

Le bloc urologie et digestif présente les plus gros effectifs dans chaque catégorie professionnelle.

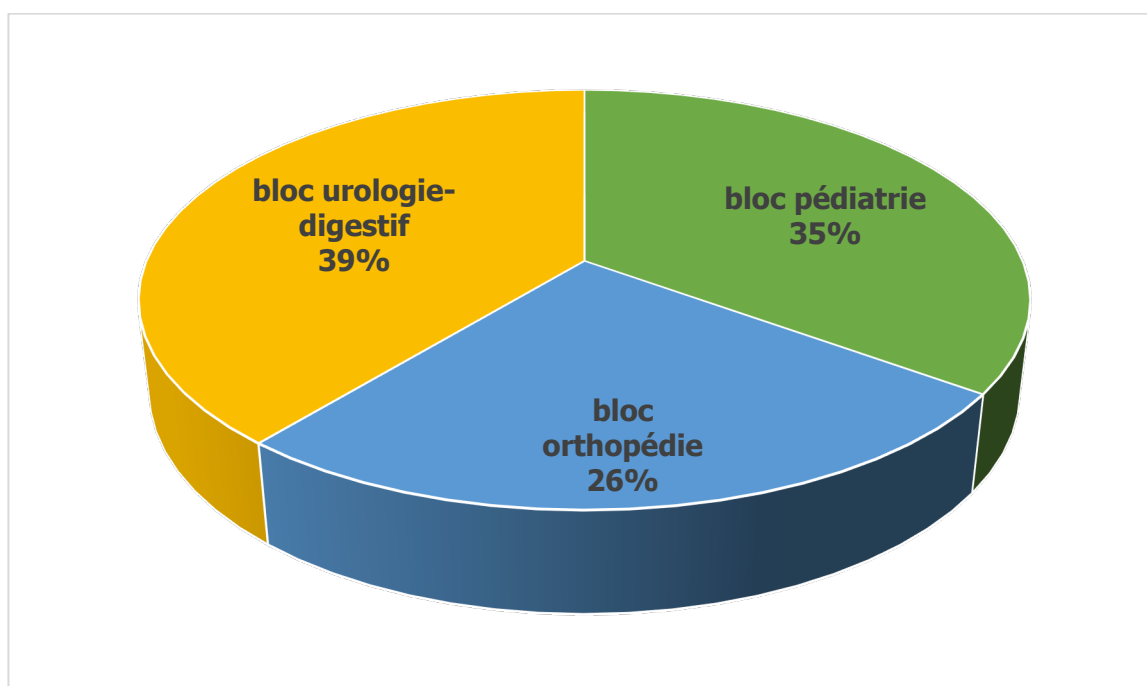


Figure 23 : répartition par bloc de l'effectif de l'étude

### 3. Dose reçue par les agents des trois blocs opératoires cibles en 2018 et 2019

Avant de commencer notre étude, 4 tableaux résumant les doses enregistrées par les dosimètres passifs des agents des 3 blocs cibles ont été réalisés, sur les années 2018 et 2019. Ils sont présents en annexe (tableau 3 à 6). Ils ont été établis à partir des données de la médecine du travail pour le suivi dosimétrique des agents.

#### a) Année 2018

Les tableaux 3 et 4 nous montrent qu'en 2018, aucune dose supérieure au seuil de détection n'a été enregistrée par les dosimètres passifs.

Cependant, pour de nombreux agents, des données sont manquantes, soit par non retour du dosimètre, par une lecture impossible ou par un dosimètre rendu détérioré. Ainsi sur les 46 agents ayant un dosimètre trimestriel, seulement 18 agents ont leur suivi dosimétrique complet, soit 39% de l'effectif.

Et sur 129 agents ayant un dosimètre mensuel, 102 agents ont leurs données complètes, soit 79 % de l'effectif.

#### b) Année 2019

Comme pour l'année précédente, les tableaux 5 et 6 nous montrent une absence de dose enregistrée par les dosimètres pour l'année 2019.

La aussi, mais dans une plus faible proportion, quelques agents ont des données manquantes.

Ainsi sur les 31 agents ayant un dosimètre trimestriel, 29 agents ont leurs suivis dosimétrique complet, soit 94 % de l'effectif.

Et sur 126 agents ayant un dosimètre mensuel, 108 agents ont leurs données complètes, soit 86 % de l'effectif.

## B. Problématique

Les résultats au sein du CHU de Rouen sur les blocs pédiatriques, orthopédiques et urologie-digestifs, sur deux années consécutives sont donc cohérents avec les données nationales de 2018 et sont sans appel : l'ensemble des agents suivis de manière dosimétrique ont une dose inférieure au seuil de détection.

Ces résultats nous réjouissent, surtout du point de vue de la médecine du travail. Mais ils doivent également nous interroger. Sommes-nous sûrs de la réalité de ces résultats ? Le fait d'avoir 100 % de dose indétectable sur deux années consécutives peut surprendre.

Les dosimètres sont-ils vraiment portés à chaque utilisation des rayons X ? Quelle est le pourcentage de port des dosimètre au cours des opérations ?

Cette thèse va ainsi s'intéresser à l'utilisation du dosimètre passif et opérationnel par les agents des 3 blocs opératoires ; et aussi à l'utilisation des équipements de protection individuelle et collective.

Nous pouvons résumer la problématique de l'étude :

**Quel est le port, le pourcentage d'utilisation du dosimètre passif et opérationnel au sein des blocs opératoires cibles du CHU de Rouen en 2020 ?**

**Comment sont utilisés les équipements de protection individuelle et collective durant les interventions nécessitant des rayonnements ionisants dans ces mêmes blocs opératoires ?**

## C. Matériel et méthode

Les blocs pédiatriques, orthopédiques et urologie-digestif ont accepté généreusement de participer à l'étude.

L'étude se déroule sur trois parties.

Une première partie, dite « *audit* », qui consiste à auditer chaque bloc, avec un protocole bien précis. Ce protocole a été présenté au bureau radioprotection, notamment auprès de M. Izambard, PCR du CHU de Rouen et du Dr Rollin, médecin diplômée de radioprotection et directrice de cette thèse. Cet audit figure en annexe 2. Il s'agit :

- de vérifier, pour chaque bloc, si les dosimètres passifs et opérationnels sont présents, rangés de manière adaptée, visibles et accessibles.
- de vérifier l'organisation de l'information concernant la radioprotection, de vérifier l'organisation du circuit du dosimètre passif, de vérifier si une procédure particulière pour les femmes enceintes existe, de contrôler la présence ou non de pictogramme de radioprotection.
- de contrôler la disponibilité des EPI, leurs rangements, leurs placements et les différents types d'équipements disponibles. Les EPC seront contrôlés par la même procédure.

Cette première phase, assez courte, s'est effectuée en 3 demi-journées au cours du mois de janvier 2020.

La deuxième partie s'est déroulée de janvier à mai 2020. Débutant juste après les audits, elle consiste à assister à des interventions sous amplificateur de brillance dans chaque bloc.

L'objectif a été d'identifier qui porte les dosimètres, passifs et opérationnels, et qui porte les équipements de protection pour établir des pourcentages d'utilisation de ces équipements à partir de données recueillies sur le terrain.

Cette deuxième phase a duré 5 mois, au cours desquels ont été vues 28 opérations.

Tableau 7 : nombre d'interventions vues au cours de l'étude par bloc

	<b>Nombre d'interventions vues</b>
<b>Bloc pediatrique</b>	12
<b>Bloc orthopédique</b>	4
<b>Bloc urologie et digestif</b>	12



La dernière partie est la présentation d'un questionnaire aux agents. Ce questionnaire de 16 questions, présenté sur une feuille recto, a pour objectif de nous renseigner sur plusieurs points en lien avec la radioprotection :

- La formation
- Les connaissances sur les rayonnements au bloc
- La possession ou non d'un dosimètre passif
- L'utilisation ou non du dosimètre passif
- Les causes de non utilisation du dosimètre passif
- L'intérêt du travailleur pour les doses reçues
- L'utilisation des EPI et EPC
- La place de la radioprotection pour les agents

Ce questionnaire a également pour objectif d'établir des pourcentages de port du dosimètre et des EPI, à partir cette fois-ci de données déclaratives, pour pouvoir les comparer aux pourcentages issus de données recueillies sur le terrain.

Il a été validé par le bureau de radioprotection du CHU. Il est présent en annexe 3.

Plusieurs moyens de diffusion ont été utilisés : principalement au cours ou à la fin des opérations lors des visites aux blocs, par des questionnaires laissés en salle de pause ou de travail, par des questionnaires envoyés par mail (pour les chirurgiens, via leurs mails professionnels). Ces questionnaires ont été distribués et collectés de janvier à mai 2020.

Les facteurs associés au port du dosimètre et des EPI ont été analysés ensuite par un test au Chi2 à l'aide du logiciel Stata. Les facteurs significatifs étaient ceux dont le  $p < 5\%$ .

## D. Résultats

### 1. Audit de radioprotection des blocs opératoires – janvier 2020

#### a) Audit du bloc pédiatrique : le 6 janvier 2020 à 9h00

##### (1) Tableau des dosimètres passifs

Le tableau est présent. Il est situé sur le mur en face de la sortie des deux vestiaires, femme et homme à hauteur des yeux. Ce long mur est entièrement dédié à la radioprotection avec le tableau des dosimètres passifs, avec à sa gauche le tableau des dosimètres opérationnels et à sa droite la borne d'activation des dosimètres opérationnels et des affiches concernant la radioprotection.

Le tableau est en deux parties, placées l'une au-dessus de l'autre, comportant chacune deux rangées pour placer son dosimètre.

Parfaitement visible, il est en bon état, et donc facilement accessible. Il est fabriqué en PVC imitation bois, ce qui est conforme pour la constitution de ce genre de tableau. Sa taille semble être juste par rapport au nombre de dosimètres présents. En effet les dosimètres passifs sont placés de biais et sont serrés. Très peu de place subsiste sur la partie supérieure pour placer un ou plusieurs nouveaux dosimètres, aucune place disponible sur la partie inférieure.

Un dosimètre témoin est bien placé sur le tableau, sur la tranche supérieure.



Figure 24 : tableaux des dosimètres passifs et opérationnels visibles à la sortie du vestiaire homme



Figure 25 : les deux tableaux vus de face

## (2) Informations réglementaires à la radioprotection

Ces fiches sont visibles, à bonne hauteur et plastifiées. Elles sont en très bon état. Une grande affiche est présente au-dessus du tableau des dosimètres passifs et rappelle que lors d'intervention en zone réglementée sous amplificateur de brillance, le port du dosimètre passif et opérationnel est de rigueur.

La partie gauche de l'affiche explique deux types de situations :

- Si l'on travaille couramment au bloc opératoire, il est stipulé qu'il faut prendre son dosimètre passif nominatif présent sur le tableau. Un rappel sur la position que doit avoir le dosimètre est effectué à ce niveau (en dessous du tablier de plomb, à hauteur de poitrine). L'affiche précise qu'en l'absence de dosimètre passif nominatif il faut se rapprocher du cadre du secteur.
- Si l'on y travaille occasionnellement (externe, étudiant, société extérieure), il faut prendre un dosimètre passif visiteur ou externe, renseigner un document à côté du tableau des dosimètres et prendre ce même dosimètre pendant la totalité du stage ou des passages au bloc. Ce document à renseigner est absent.

La partie centrale de cette affiche montre sur la partie supérieure une petite photo de l'amplificateur de brillance présent au bloc ce qui permet d'informer les agents non habitués à repérer la source des rayons X et de pouvoir visualiser un amplificateur de brillance. La partie centrale inférieure montre un schéma d'une salle de bloc vue du dessus avec trois zones différentes, en fonction de la radioactivité prévisible. Une première zone est centrée au niveau de la tête de l'amplificateur de brillance (tube de rayons X), zone la plus radioactive. Une deuxième zone est un cercle plus large, de couleur différente, correspondant à une dose plus faible. La troisième zone correspond au reste de la salle opératoire, qui est donc une zone réglementée en présence de l'amplificateur.

La partie gauche de cette affiche explique le fonctionnement du dosimètre opérationnel, c'est-à-dire sa mise en route avec une machine dédiée et en rentrant son matricule. Il est également rappelé qu'il doit être porté en zone réglementée sous le tablier de plomb et à la poitrine.

Il est précisé qu'en cas de problème avec la radioprotection, il faut contacter deux personnes, la personne radio-compétente (PCR) et le médecin du travail en charge de la radioprotection. Le numéro de poste du PCR est présent, pas celui du médecin du travail.

Une affiche sur le port des équipements de protection individuelle est placée à droite du tableau des dosimètres passifs et de la borne des dosimètres opérationnels. Elle précise que pour se protéger il faut porter en permanence les protections plombées (une photo d'un homme avec un tablier de plomb et un cache thyroïde est présente à côté de cette phrase). Elle rappelle également qu'il faut porter le dosimètre passif et le dosimètre opérationnel, avec une photo de ces deux dosimètres.

La partie inférieure indique le seuil de pré alarme (70 microSv) et le seuil d'alarme (100 microSv) du dosimètre opérationnel.

Cette affiche est présente également en sortie des vestiaires.

En dessous de cette affiche, un classeur est présent. La première page montre un mail imprimé de la PCR rappelant qui contacter en cas de problème de radioprotection.

Plusieurs feuilles font des rappels sur les modalités de port des différents dosimètres, leurs positions sur les agents, expliquent les différences entre un dosimètre passif nominatif, d'ambiance et témoin. Une fiche est également présente pour expliquer comment se placer par rapport à l'amplificateur de brillance pour diminuer les doses potentiellement reçues. Enfin sont cités les différents textes réglementaires en matière de radioprotection.

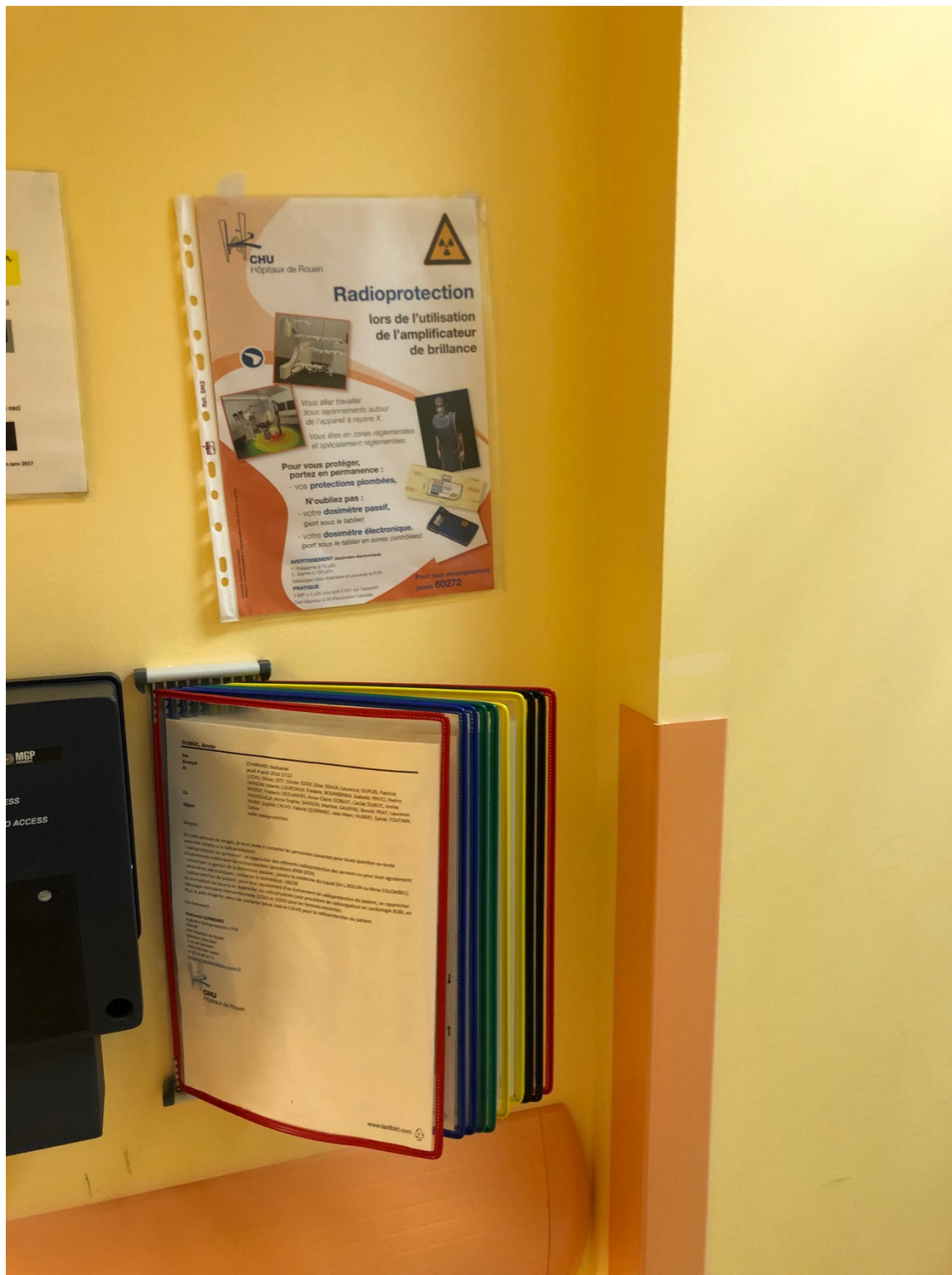


Figure 26 : information de radioprotection en amont des blocs pédiatriques

### (3) Les dosimètres passifs

Les dosimètres passifs présents sur le tableau sont tous en bon état, avec leur film protecteur. Ce sont tous des dosimètres passifs mensuels, et ils correspondent tous au bon mois.

37 dosimètres sont ainsi présents le jour de l'audit (en dehors du dosimètre témoin). Selon la liste du personnel (avec les corrections que la cadre du secteur m'a indiquées) 40 agents ont un dosimètre nominatif.

Il n'y a pas de dosimètre non nominatif pour les internes, externes ou autres visiteurs.

### (4) Dosimétrie opérationnelle

Le tableau des dosimètres opérationnels est présent, à gauche de celui des dosimètres passifs. Ce tableau est en une seule partie.

Il est excentré sur la gauche par rapport à la sortie des deux vestiaires femme et homme mais parfaitement visible, à bonne hauteur.

Accessible, il est en excellent état, avec dix box pour ranger un dosimètre opérationnel. Il est constitué en PVC.

Chaque box est occupé par son dosimètre. Le nombre des dosimètres opérationnels est suffisant d'après la cadre du secteur.

La borne d'activation de ces dosimètres est à proximité, à droite du tableau des dosimètres passifs. Une affiche expliquant son fonctionnement est positionnée au-dessus.

Une liste des agents est présente dans un classeur. Cette liste n'est pas à jour d'après la cadre du secteur, avec des départs et arrivées d'agents non répertoriés. C'est sur cette liste qu'est affiché le matricule de chaque agent pour activer son dosimètre opérationnel et ensuite entrer en salle.

### (5) Radioprotection le jour de l'audit

Aucune opération sous amplificateur de brillance n'est programmée le matin de l'audit, même en salle d'urgence.

Le bloc pédiatrie est doté d'un seul amplificateur de brillance. Quand il n'est pas utilisé, il est situé devant la salle 2, salle de la chirurgie orthopédique. Un dosimètre mensuel est présent sur l'amplificateur de brillance.

La particularité de ce bloc est que ce sont des manipulateurs en radiologie qui viennent utiliser l'amplificateur de brillance et non les personnels du bloc.



Figure 27 : amplificateur de brillance utilisé au bloc pédiatrie

#### (6) Circuit du dosimètre

La cadre du service est la personne en charge de la radioprotection des agents, notamment pour la commande des nouveaux dosimètres pour le personnel paramédical et médical en lien avec la personne radio compétente (PCR) du CHU ainsi que la personne en contact avec l'IRSN au sein du CHU de Rouen.

Pour l'aider, deux référents en radioprotection sont également nommés. Un référent du côté IBODE (infirmier) ainsi qu'un référent du côté IADE (infirmier anesthésiste). Ces référents ont pour missions la réception tous les mois des dosimètres passifs, leur remplacement sur le tableau en début de mois, et l'envoi de tous les dosimètres passifs à la fin de chaque mois pour lecture des doses enregistrées.

Ils sont en charge également de veiller à ce que tous les agents soient à jour de leur formation concernant la radioprotection. Ils contrôlent et vérifient les équipements de protection individuelle, notamment des tabliers de plomb et des caches thyroïdes, avec un manipulateur radio référent, au minimum une fois par an. Ce sont ces deux référents qui sont en première ligne pour l'information, la formation des agents et la gestion des dosimètres.

Un médecin référent en radioprotection est également nommé dans ce bloc.



## (7) Pictogrammes de radioprotection

Les pictogrammes de radioprotection sont présents sur une feuille imprimée à chaque entrée de salle opératoire.

Il y a quatre salles opératoires, les mêmes informations sont présentes pour chaque salle.

Les feuilles sont en très bon état, plastifiées, visibles, à bonne hauteur pour la plupart. Il est bien stipulé que chaque salle d'opération est en accès réglementé et qu'il s'agit d'une zone surveillée accédant à une zone contrôlée.

Le pictogramme de radioactivité (jaune et noir) est bien présent ainsi que celui représentant une zone contrôlée (pictogramme bleu).

Il est bien rappelé que la salle d'opération peut accueillir un amplificateur de brillance source de rayonnement ionisant émettant des rayons X.

Il est noté que chaque présence doit être justifiée et rappelle également les exigences réglementaires de radioprotection ainsi que les modalités de surveillance radiologique des personnels affectés au poste.

Il est rappelé les personnes à contacter en cas de problème, c'est-à-dire la PCR et le médecin du travail compétent en radioprotection avec les numéros de poste.

Également des témoins lumineux sont présents au-dessus de chaque porte de salle opératoire. Une lumière s'allume lorsque l'amplificateur de brillance est sous tension puis une deuxième lumière se met en route quand cet amplificateur émet des rayons X, informant le personnel en dehors de la salle que l'appareil est branché et émet des rayons X ou non. Elles sont éteintes le reste du temps.

Une feuille rappelle le fonctionnement des lumières, rappelant que l'accès n'est alors autorisé qu'aux personnes habilitées.

Ces témoins lumineux, présents pour chaque salle, sont visibles mais placés très en hauteur.

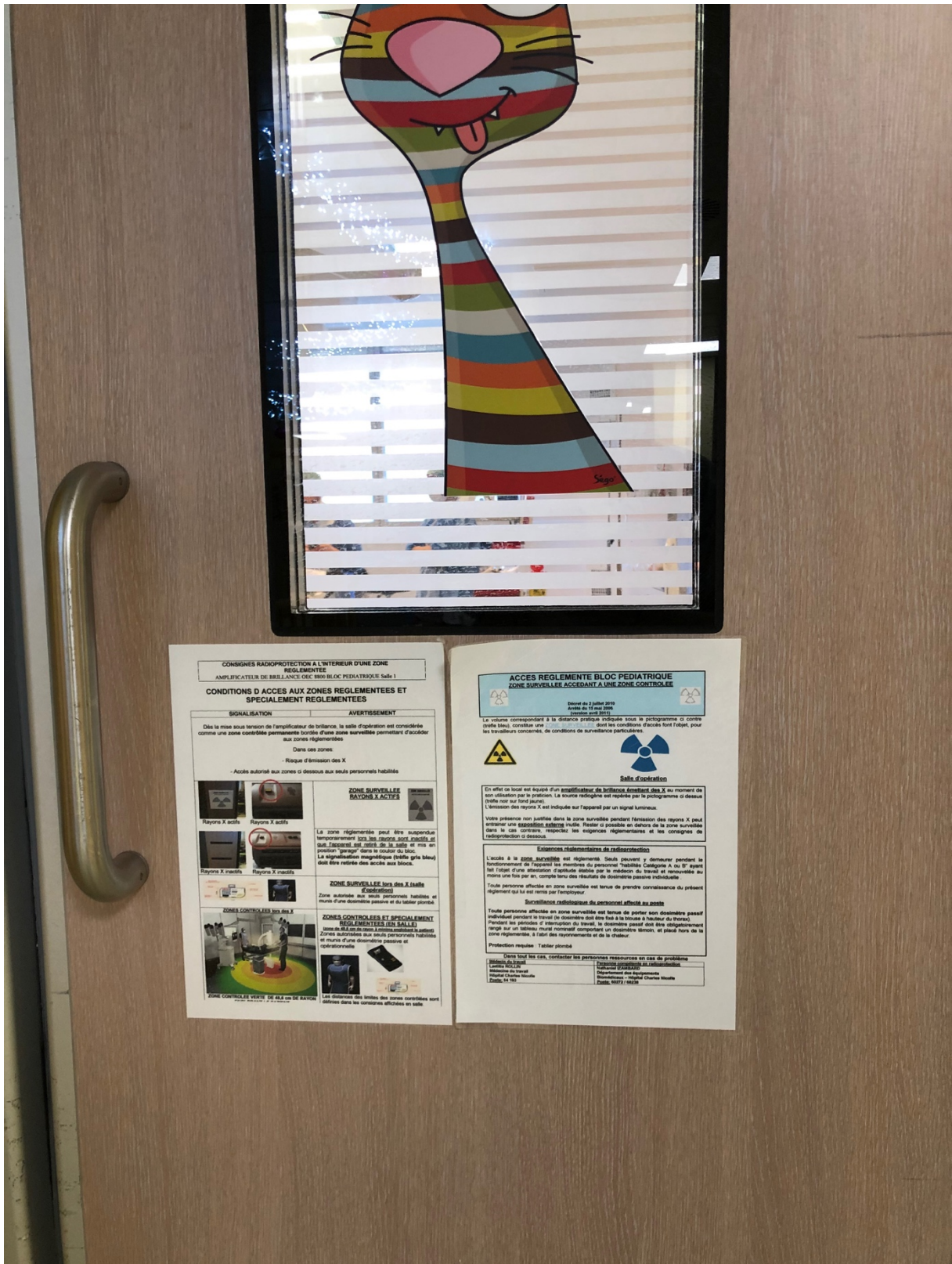


Figure 28 : information de radioprotection sur une porte de bloc opératoire

## (8) Équipements de protection individuelle

Les équipements de protection individuelle sont présents à deux endroits du bloc pédiatrie.

Un premier portant est disposé à côté de l'amplificateur de brillance, en face de la salle 2, salle d'orthopédie infantile. C'est l'endroit où est le plus utilisé cet amplificateur et où il est rangé quand non utilisé.

Ce montant est sur roulette et bien positionné. C'est le portant principal pour les équipements de protection individuelle de ce bloc.

Sur ce portant le jour de l'audit sont disposés 11 tabliers plombés, une jupette pelvienne. Aucun cache thyroïde n'est présent.

Ce premier portant est parfaitement visible en face de la salle opératoire, très facilement accessible. Il comporte plusieurs barres pour le port individuel et vertical des tabliers plombés. Ces tabliers ne doivent absolument pas être pliés au risque de casser les fibres de plomb et ainsi être perméables aux rayons X.

Ce portant est en très bon état. Toutes les barres sont occupées par un tablier plombé, le montant semble un peu petit. Tous les tabliers sont positionnés correctement, non pliés.



Figure 29 : premier montant avec les EPI

Le deuxième portant est situé au niveau de la partie centrale du bloc, en arrière des bureaux, dans un renforcement. Il est peu visible et peu accessible. Il est sur roulette pour le déplacer au besoin. Ce montant est également en bon état. Il comporte le jour de l'audit : 6 tabliers, 1 jupette, 2 caches thyroïdes (qui sont peu visibles, rangés de manière inadaptés sur le portant). Les tabliers sont correctement rangés.

L'entretien des EPI est effectué une fois par an, en coordination avec un référent radioprotection du bloc et un référent radioprotection au niveau des manipulateurs de radiologie. Cet entretien est bien tracé, se déroulant sur chaque période estivale.

#### (9) Équipements de protection collective

Aucun EPC n'est présent dans le bloc pédiatrie.

#### (10) Circuit femme enceinte

Dans ce bloc opératoire, toute femme se déclarant enceinte bénéficie d'une éviction de la salle 2, la salle d'orthopédie infantile, salle la plus souvent concernée pour l'utilisation de l'amplificateur de brillance.

Néanmoins, si une femme enceinte est présente dans une salle où l'amplificateur de brillance est nécessaire, l'agent doit sortir lors de son utilisation.

#### (11) Conclusion de l'audit du bloc pédiatrie

L'accès à la dosimétrie passive est très bien organisé. Le circuit du dosimètre est bien établi, les dosimètres passifs sont à jour, un circuit femme enceinte existe. Les améliorations possibles sont l'installation d'un tableau plus grand et la mise en place de dosimètre passif non nominatif.

Pour la dosimétrie opérationnelle, l'accès est bon, mais il faut mettre à disposition les matricules des agents sinon l'installation n'a pas d'utilité.

L'accès à l'information en amont des salles et aux pictogrammes est très bien fait. C'est un point fort de ce bloc.

Pour les EPI : leurs rangements sont adaptés, il manque des caches thyroïde. L'état et le nombre de tabliers sont satisfaisants.

b) Audit du bloc urologie-digestif : le 9 janvier 2020 à 8h00

(1) Tableau des dosimètres passifs

Le tableau est présent, il est situé sur le mur entre les portes de sortie des vestiaires femme et homme.

Visible uniquement si on se retourne une fois sorti des vestiaires. Malgré ça il est parfaitement accessible.

Il est constitué en bois, ce qui est recommandé pour la conservation des dosimètres passifs. Il est en très bon état.

Sa taille est importante, occupant tout le mur entre les deux portes des vestiaires. A bonne hauteur, il est en une seule partie. Toutefois la partie supérieure peut être difficilement accessible pour les personnes de petite taille.

Le tableau est bien organisé, avec des espaces de rangements dédiés et marqués pour les différentes professions. Nous avons ainsi un espace prévu pour les aides-soignants et agents de service hospitalier, pour les infirmiers et IBODE, pour les IADE, pour les chirurgiens urologues et digestifs, pour les médecins anesthésistes ainsi qu'un espace pour les internes d'urologie et un autre pour les internes de chirurgie digestive. Sont également présents des espaces dédiés aux élèves IADE et externes.

Plusieurs dosimètres témoins sont présents en partie basse du tableau.

Le tableau semble assez grand pour l'ensemble des dosimètres présents, de la place est encore à disposition si besoin.

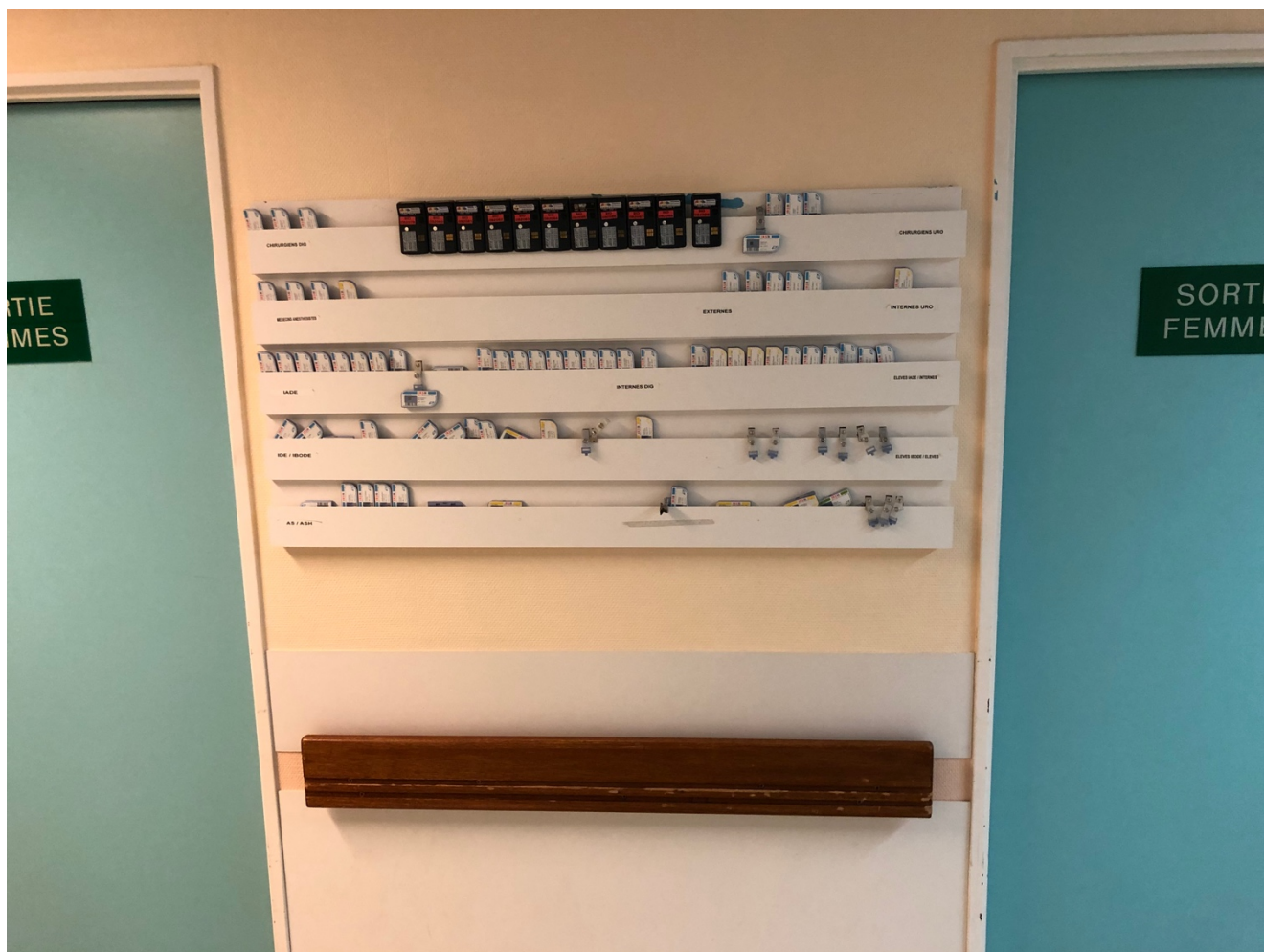


Figure 30 : Tableau commun des dosimètres passifs et opérationnels en sortie de vestiaires

## (2) Informations réglementaires à la radioprotection

Une grande affiche donnant des informations sur la radioprotection est présente. C'est la seule affiche en matière de radioprotection et de rappel sur le port des dosimètres. Elle est plastifiée, en bon état, et à bonne hauteur. Elle est positionnée à droite de la sortie du vestiaire femme, à droite du tableau des dosimètres, accessible. Elle est identique à celle précédemment décrite pour le bloc pédiatrie.



Figure 31 : information et borne d'activation des dosimètres opérationnels en amont des salles opératoires



A droite de cette affiche, se trouve la borne d'activation des dosimètres opérationnels. Une feuille plastifiée et en bon état située au-dessus de cette borne explique son fonctionnement.

Il n'y a pas de fiches rappelant et expliquant le port des équipements de protection individuelle plombés. Pas de rappel sur les différents types de dosimètres, leur utilité, pas de rappel des textes réglementaires concernant la radioprotection.

### (3) Les dosimètres passifs

Les dosimètres passifs présents sur le tableau le jour de l'audit sont tous en bon état, avec leur film protecteur. Deux types de dosimètres sont présents, des mensuels et des trimestriels.

Les dosimètres mensuels sont tous des dosimètres du mois précédent (décembre 2019). Les trimestriels sont également du trimestre précédent (octobre – novembre 2019).

70 dosimètres sont présents en dehors des témoins.

Sont présents également des dosimètres non nominatifs pour les internes ainsi que des dosimètres pour les visiteurs. Néanmoins aucune liste papier n'est présente à proximité des tableaux pour noter son nom, prénom et le numéro du dosimètre non nominatif pris par un visiteur.

### (4) Dosimétrie opérationnelle

Il n'existe pas de tableau spécialement dédié à la dosimétrie opérationnelle dans ce bloc opératoire.

Les dosimètres opérationnels sont tous rangés sur l'étage supérieur du tableau des dosimètres passifs.

Ils sont visibles mais en hauteur, peu accessibles à des personnes de petite taille.

Il est disposé 11 dosimètres opérationnels, tous en bon état.

Il n'y a pas d'information sur les seuils d'alertes (pré alarme et alarme) ni que faire si une alarme se met en marche au niveau du dosimètre.

La borne d'activation de ces dosimètres est sur la droite de la sortie des vestiaires femme. Une affiche expliquant son fonctionnement avec le matricule est présente. Deux listes des personnels sous dosimétrie sont présentes pour afficher le matricule de chaque agent. Ces listes ne sont pas à jour d'après la référente de radioprotection du bloc.

## (5) Radioprotection le jour de l'audit

Pendant la réalisation de l'audit, aucune opération n'est en cours sous amplificateur de brillance.

Une opération est prévue plus tard dans la matinée, du côté urologie. Il s'agit d'une mise en place de sonde JJ.

Lors de cette opération six agents sont en salle : 2 anesthésistes (médecin et IADE), une interne, une externe, un médecin et une IBODE.

Aucun agent n'avait un dosimètre, passif comme opérationnel. Tous les agents avaient un tablier plombé. Aucun cache thyroïde n'a été porté.

Le bloc urologie et digestif est doté de 4 amplificateurs de brillance. Aucun manipulateur en radiologie ne vient pour mettre en œuvre l'amplificateur. Il n'y a pas de dosimètre sur les amplificateurs.

## (6) Circuit du dosimètre

Le circuit du dosimètre est identique à celui du bloc pédiatrique, reposant sur la cadre du service et des référents radioprotection IBODE et IADE.

La seule différence est l'absence de référent pour les médecins.

## (7) Pictogramme de radioprotection

Les pictogrammes de radioprotection sont présents sur une feuille imprimée à chaque entrée de salle opératoire.

Chaque salle opératoire possède une information complète, identique et qualitative sur la radioprotection.

Les affiches sont plastifiées, en bon état, visibles et très accessibles.

Il est rappelé les consignes pour un accès réglementé pour entrer en zone surveillée accédant à une zone contrôlée.

Il est noté que chaque présence doit être justifiée, que la personne est autorisée à entrer seulement sous trois conditions : avoir un tablier et ses dosimètres, être habilitée par le médecin du travail et être catégorisée A ou B.

Les exigences réglementaires de radioprotection ainsi que les modalités de surveillance radiologique des personnels affectés au poste sont rappelées.

Il est rappelé les personnes à contacter en cas de problème, c'est-à-dire la PCR et le médecin du travail compétent en radioprotection avec les numéros de poste.

Un rappel sur le fonctionnement des témoins lumineux est précisé : lumière rouge appareil sous tension, lumière blanche : émission de rayon X, ce qui implique de brancher l'amplificateur sur les prises adaptées à cet effet.

Les lumières de radioprotection sont bien présentes pour chaque salle.



Figure 32 : information de radioprotection sur une porte de salle opératoire

## (8) Équipements de protection individuelle

Les EPI sont présents à trois endroits dans ce bloc, devant les salles 4, 6 et entre les salles 2 et 3.

Ils sont tous disposés sur trois portants.

Un premier portant est installé devant la salle quatre, avec 4 tabliers, 4 caches thyroïde, 6 ceintures. Les tabliers sont correctement rangés, les caches thyroïde sont peu visibles.

Devant la salle six un autre portant est présent. Il porte 9 tabliers correctement rangés, 4 tabliers rangés en vrac et 3 ceintures (dont 1 par terre).

Le dernier portant comporte 9 tabliers, 4 caches thyroïde et 3 ceintures pelviennes. Ces équipements sont rangés de manière satisfaisante.

Ces portants sont visibles, accessibles et en bon état. Ils ont tous des roulettes pour pouvoir les déplacer. Néanmoins ils sont petits pour l'ensemble des équipements qu'ils portent, expliquant que les rares caches thyroïde et que les ceintures soient peu visibles et que certains tabliers soient rangés de manière inadaptée pour leur conservation.

En ce qui concerne l'entretien des EPI, ce sont les manipulateurs en radiologie adulte qui sont en charge de cette vérification annuelle, habituellement effectué en période estivale, comme au bloc pédiatrie.



Figure 33 : montant devant la salle 6

## (9) Équipements de protection collective

Aucun EPC n'est présent dans le bloc urologie-digestif.

## (10) Circuit femme enceinte

Une éviction, autant que possible, est mise en place pour la programmation des salles de l'agent.

Néanmoins il est possible qu'une femme enceinte soit présente au cours d'une opération nécessitant l'utilisation de cet amplificateur. Dans ce cas il est rappelé à l'agent de sortir pendant son utilisation.

## (11) Conclusion de l'audit au bloc urologie – digestif

L'accès à la dosimétrie passive et opérationnelle est bien organisé avec un tableau commun. Le circuit du dosimètre est identifié, des dosimètres non nominatifs sont présents, un circuit femme enceinte existe.

Néanmoins les dosimètres passifs ne sont pas à jour et il n'y a pas de liste des matricules des agents pour la dosimétrie active, rendant son utilisation plus compliquée.

La nomination d'un référent de radioprotection côté médecin serait bénéfique.

L'accès à l'information en amont des salles est à améliorer. Une information existe mais elle n'est pas complète.

L'information devant les salles opératoires par pictogrammes est bien organisée.

Pour les EPI : leur rangement n'est pas optimal, des portants plus grands sont à prévoir. Il manque des caches thyroïde. L'état des tabliers est satisfaisant mais une augmentation du nombre serait un plus, notamment si plusieurs salles utilisent en même temps l'amplificateur.

c) Audit du bloc orthopédique : le 22 janvier à 14h00

(1) Tableau des dosimètres passifs

Le tableau des dosimètres passifs est présent. Il est situé à la sortie des vestiaires femme et homme.

Les sorties de vestiaires se faisant face, il est donc en face des vestiaires femme, sur le mur à droite des vestiaires homme, en allant vers le bloc. Il est situé sur la droite du tableau des dosimètres opérationnels.

Il est très visible, cerclé d'une couleur rouge, ce qui renforce sa présence. Il est donc facilement accessible, constitué en PVC, ce qui est cohérent avec la conservation des dosimètres.

Il est en parfait état. Un dosimètre témoin est présent en partie basse du tableau.

Sa taille est adaptée, il est constitué de six rangées pour accrocher ou déposer son dosimètre. Une rangée est encore libre le jour de l'audit.

Aucune information concernant la radioprotection n'accompagne ce tableau des dosimètres passifs.



Figure 34 : Tableaux des dosimètres passifs et opérationnels en sortie de vestiaires

## (2) Informations réglementaires à la radioprotection

Une affiche sur la radioprotection est présente.

Elle est plastifiée, en bon état, et à bonne hauteur. Elle est accrochée sur la porte de sortie du vestiaire homme, côté vestiaire.

Son emplacement est toutefois inadapté : en sortie de vestiaire il n'est pas évident de pouvoir rester en face de la porte pendant quelques minutes pour lire cette grande affiche aux périodes d'affluence. De plus dès le franchissement de cette porte, il n'est pas possible de rentrer à nouveau dans le vestiaire par cet endroit pour avoir un rappel sur cette information, afin de respecter les circuits d'entrées et de sorties du bloc opératoire. Enfin les femmes n'ont pas accès à cette affiche.

Cette affiche est identique que celles précédemment décrites dans les blocs pédiatriques et urologie-digestifs.

Au niveau du bloc opératoire, aucune affiche d'information sur la radioprotection n'est présente à proximité des tableaux des dosimètres passifs et opérationnels.

Il n'y a pas de rappel sur le port des dosimètres, les différents types de dosimètres et pas de rappel des textes réglementaires.

Il n'y a pas non plus d'explication sur le port et l'utilisation des équipements de protection individuelle.

Enfin pas d'affiche réexpliquant qui contacter en cas de problème de radioprotection, pas de coordonnées de la personne radio-compétente ni du médecin du travail au niveau des tableaux.

## (3) Les dosimètres passifs

36 dosimètres passifs sont accrochés au tableau le jour de l'audit. Ils sont en bon état avec leur film protecteur. Six dosimètres n'ont pas d'accroche, et sont déposés sur la rangée inférieure du tableau.

Deux types de dosimètres sont présents, trente dosimètres mensuels et six dosimètres trimestriels.

Les mensuels sont presque tous au bon mois, seul un dosimètre est du mois précédent.

Tous les trimestriels sont au bon trimestre.

Un dosimètre témoin est présent sur la rangée inférieure du tableau.

Il n'y a pas de dosimètre non nominatif.

## (4) Dosimétrie opérationnelle

Un tableau des dosimètres opérationnels est présent sur la gauche du tableau des dosimètres passifs. Il est donc situé en face de la sortie des vestiaires femme, à la sortie à droite du vestiaire homme.

Il est visible, accessible et en bon état. Il est constitué en PVC ce qui est indiqué pour leur conservation. Il possède dix box. Neuf dosimètres opérationnels sont présents.



La borne d'activation de ces dosimètres n'est pas à coté du tableau. Elle est présente dans un renforcement, à la sortie du vestiaire homme. Elle est peu visible et peu accessible, notamment pour les femmes.

Une affiche explicative est accrochée au-dessus de cette borne pour expliquer son fonctionnement et la mise en route des dosimètres opérationnels. Elle est plastifiée et en bon état. Il n'y a, par contre, aucune information sur les valeurs seuil de pré alarme et d'alarme de ces dosimètres, ni sur la procédure à adopter en cas de déclenchement de ces alarmes.

Aucune liste des agents n'est présente pour rappeler au personnel son matricule et ainsi activer un dosimètre actif.

#### (5) Radioprotection le jour de l'audit

Aucune opération sous amplificateur n'est prévue l'après-midi de l'audit.

Le bloc orthopédique possède deux amplificateurs de brillance, un pour chaque salle. Quand ils ne sont pas utilisés, ils sont rangés dans la salle mineure, où sont positionnés les EPI.

Il n'y a pas de dosimètre sur les amplificateurs. Ce sont les personnels du bloc, ici les IBODE qui manipulent les amplificateurs de brillance.

#### (6) Circuit du dosimètre

Le circuit du dosimètre est identique à celui des blocs précédents. Comme pour le bloc urologie digestif, il n'y a pas de référent RP pour les médecins.

#### (7) Pictogramme de radioprotection

Il y a deux salles opératoires au bloc orthopédique.

Pour la première salle, la salle dite flux, un pictogramme vert est clairement affiché, indiquant que nous entrons dans une zone contrôlée à accès réglementé. C'est la seule information sur la porte. Une affiche sur le mur à coté est présente. De grand format, plastifiée et en bon état, elle est néanmoins peu visible du fait de la disposition de la porte et du mur.

Elle explique qu'il faut porter un dosimètre passif et opérationnel ainsi qu'un tablier de plomb lorsque le pictogramme vert de radioprotection est affiché. Elle rappelle les conditions de leur port, ainsi que la nécessité de suivre une formation régulière en radioprotection pour pouvoir entrer dans cette zone. Elle indique les personnes à contacter en cas d'urgence ou de problème (le médecin du travail et la personne radio compétente).

De plus l'affiche montre, sous forme de tableau, la dose moyenne reçue en portant un tablier, à la fois en fonction des différents types d'opérations mais aussi en fonction de la position (et donc des professions) des agents.

Une moyenne annuelle est également affichée en fonction des métiers sur les doses reçues en microSv dans ce bloc opératoire.

Il n'y a pas de lumière installée au-dessus de la porte pour prévenir les personnes extérieures que l'amplificateur de brillance est sous tension, voir en cours d'utilisation.



Figure 35 : information de radioprotection en entrant dans l'une des salles du bloc orthopédique

Au niveau de la seconde salle, les lumières de radioprotection sont présentes au-dessus de la porte sur la partie gauche.

La même affiche d'information est accrochée sur le côté gauche de la porte, plus visible. Il n'y a pas de pictogramme sur la porte directement, mais sur le mur de droite, caché derrière un téléphone. Il est donc peu visible.

Sur la porte est affiché un plan de la salle opératoire vue du dessus avec trois zones délimitées en fonction du débit de dose reçue, centrée sur la tête de l'amplificateur de brillance.

## (8) Équipements de protection individuelle

Les EPI sont tous rangés en un seul point, à l'intérieur de la salle mineure. Ils sont peu visibles mais restent accessibles quand on connaît l'endroit où ils se trouvent.

Un seul portant, sur roulette est présent. Il est en bon état.

Les équipements plombés sont mal rangés le jour de l'audit, la plupart étant disposés en vrac sur le montant ou sur une table en aluminium à côté.

Sur le portant il y a 9 tabliers, 2 jupettes, 3 boléros et 1 cache thyroïde (par terre).

Sur la table sont disposés en vrac 2 tabliers, 1 jupette et 1 boléro.

Plusieurs agents m'informent du manque de tablier pour tous les personnels quand les amplificateurs sont en fonctionnement dans les deux salles, ainsi que du manque de cache thyroïde. Ils se plaignent également de l'ancienneté des tabliers, dont les attaches ne sont plus efficaces, ainsi que de leur poids.

L'entretien de ces EPI est assuré par le cadre de santé et la personne référente en radioprotection coté para médical.



Figure 36 : rangement des EPI du bloc orthopédique



Figure 37 : rangement des EPI du bloc orthopédique

## (9) Équipements de protection collective

Aucun EPC n'est présent dans le bloc orthopédique.

## (10) Circuit femme enceinte

Il n'y a pas de circuit spécifique mis en place pour les femmes enceintes. Mais une gestion des risques est mise en œuvre au quotidien afin d'éviter la mise en contact des femmes enceintes avec les rayonnements ionisants, par une éviction lors des opérations sous amplificateur ou par une sortie de salle de l'agent concerné lors de l'utilisation de rayonnement.

## (11) Conclusion audit au bloc orthopédique

L'accès à la dosimétrie passive est bien organisé avec un tableau visible et accessible. Le circuit du dosimètre est identifié, les dosimètres sont quasiment tous à jour, un circuit femme enceinte existe.

Une mise à disposition de dosimètre non nominatif est à prévoir ainsi que la mise en place d'un référent RP côté médecin.

Pour la dosimétrie opérationnelle, son organisation est bonne mais une mise à disposition des matricules serait bénéfique pour que les agents puissent l'utiliser.

L'accès à l'information en amont des salles est le point négatif de ce bloc. Aucune information n'est présente au niveau des tableaux. Une seule et incomplète information est présente uniquement côté vestiaire homme.

L'information devant les salles opératoires par pictogrammes est mal organisée, également incomplète, dont les lumières manquent pour une salle.

Pour les EPI : leur rangement est à revoir, des portants plus grands sont à prévoir. Il manque des caches thyroïde. L'état des tabliers et leur nombre sont peu satisfaisants.

#### d) Entretien des EPI

Pour le bloc pédiatrique, l'entretien des équipements plombés est effectué une fois par an, en période estivale. Il s'effectue avec deux personnes, l'une du bloc pédiatrique, et l'autre du corps des manipulateurs en radiologie pédiatrique.

Chaque équipement plombé est passé sur la table de radiologie pour une recherche de fissure, cassure ou perte de matière au niveau des fibres plombées.

Suivant la position, la taille ou le nombre de cassure, le tablier est réformé ou non. Cette vérification est opérateur dépendant car il n'y a pas de norme définissant une taille limite des fissures pour l'exclusion de l'équipement.

Les principales zones de détérioration des tabliers sont en partie inférieure, où les fibres de plomb se tordent lorsque les tabliers tombent. Au niveau des caches thyroïde, elles sont situées au niveau des zones de serrage.

La durée de vie d'un tablier plombé est très variable, notamment en fonction de son rangement. Elle est d'environ dix ans.

Pour le bloc urologie-digestif, l'entretien de ces équipements plombés est à la charge des manipulateurs en radiologie adulte, une fois par an, en période estivale également.

En ce qui concerne le bloc orthopédie, cet entretien est suivi par le cadre de santé, en lien avec le référent de radioprotection coté para médical.





Figure 38 : irradiation du tablier sur la table de radiologie. Examen particulièrement irradiant du fait de la radiorésistance du plomb au rayonnement. Ici le poste de contrôle est situé en arrière de vitres plombées.

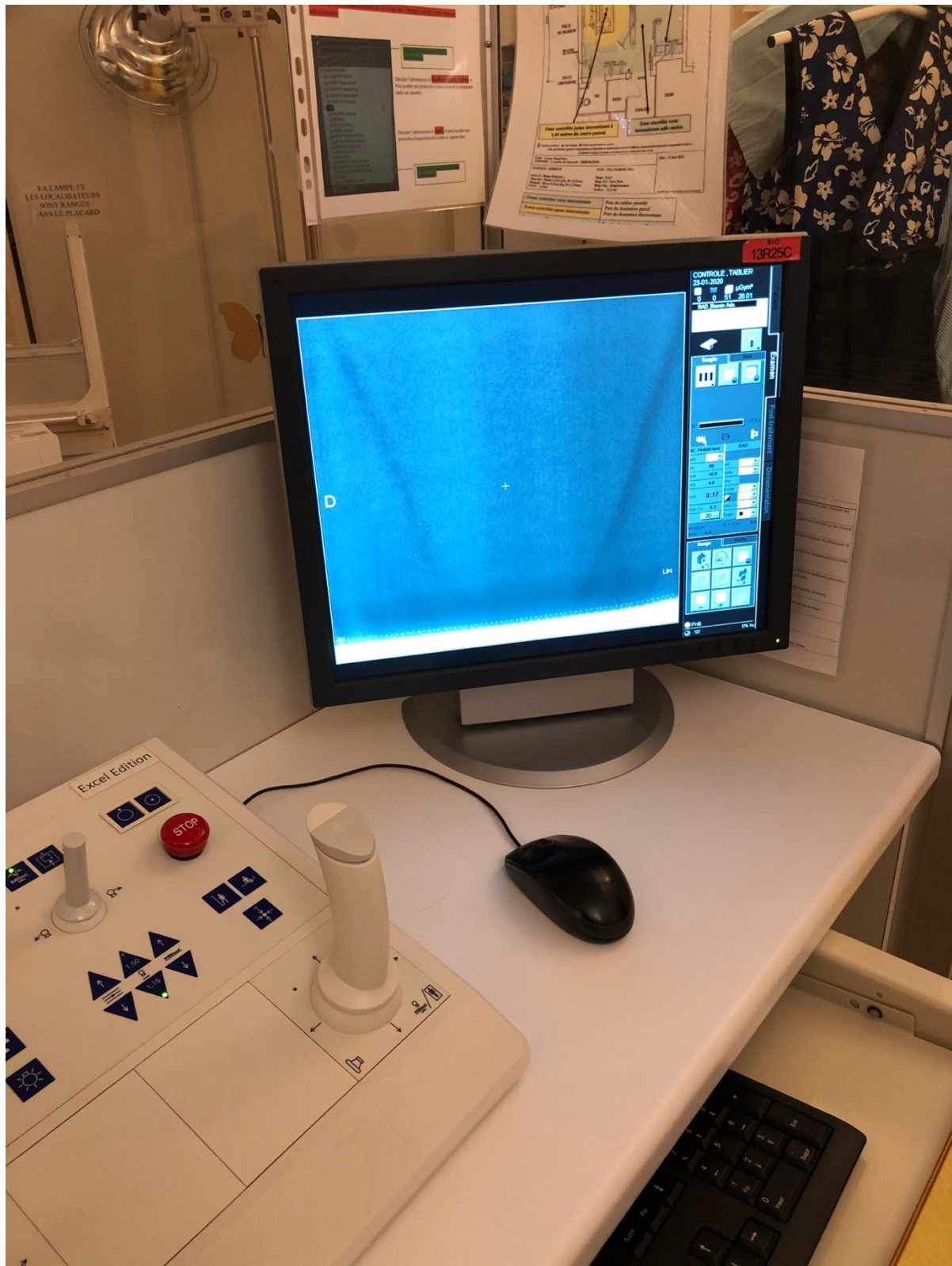


Figure 39 : recherche de fissure ou cassure au niveau du plomb sur la partie inférieure du tablier. Ici ce tablier est en parfait état, avec une image homogène de sa composition.

## 2. Résultats des visites opératoires

Au cours de cette étude, 12 opérations ont été vues à la fois dans le bloc pédiatrique et le bloc urologie et digestif (9 côté urologie et 3 côté digestif).

Malheureusement, en raison de l'épisode COVID 19, et de la longue interruption des opérations dans les salles d'orthopédie (salles ayant été équipées pour accueillir des lits de réanimation), seulement 4 interventions sur les 12 prévues initialement ont été vues dans ce bloc. Ces résultats sont résumés dans les deux tableaux suivants, un tableau pour les dosimètres et un tableau pour les EPI.

Le tableau numéro 8, portant sur l'utilisation des EPI, résume uniquement le port du tablier plombé. En effet c'est le seul EPI qui a été utilisé lors de mes venues.

Le tableau numéro 9 porte quant-à lui sur l'utilisation des dosimètres. Mais c'est le port du dosimètre passif qui est uniquement mentionné car le dosimètre opérationnel n'a jamais été utilisé lors de mes venues (hormis pour les manipulateurs en radiologie).

**Tableau 8 : port du tablier plombé au cours des opérations**

Opération	bloc	Port du tablier plombé												Ratio port équipement/nombre d'agent						
		chirurgien	chirurgien	chirurgien	interne	interne	IBODE-IDE	IBODE-IDE	IBODE-IDE	IBODE-IDE	externe	externe	LADE		LADE	MAR	interne	anesth	manip	radio
1 : Arthrodèse L5-S1	orthopédie	X			X		X													5/8.
2 : PTH droite	orthopédie	✓			✓		✓													7/7.
3 : Arthrodèse L3-L4	orthopédie	✓			✓		X													5/7.
4 : Arthrodèse L3-S1	orthopédie	✓			✓		✓													7/7.
					3/4.															3/4.
1 : Arthrodèse	pédiatrie	X			X															2/7. (3/8)
2 : Pose chambre implantable	pédiatrie	✓			X															7/7. (8/8)
3 : Arthrodèse	pédiatrie	✓			✓															8/8. (9/9)
4 : Ablation de broche bras	pédiatrie	✓			✓															6/6. (7/7)
5 : Arthrodèse	pédiatrie	X			X															4/8. (5/9)
6 : Pose plaque femur gauche	pédiatrie	✓			✓															5/5. (6/6)
7 : Ostéosynthèse genou droit	pédiatrie	✓			✓															6/6. (7/7)
8 : Sclérose MAV	pédiatrie	✓			✓															5/5. (6/6)
9 : Libération synostose fibula	pédiatrie	✓			✓															8/9. (9/10)
10 : Tarsectomie + arthrodèse	pédiatrie	✓			✓															9/9. (10/10)
11 : Epiphysiodèse coude	pédiatrie	✓			✓															7/7. (8/8)
12 : Changement plaque femur	pédiatrie	✓			✓															9/9. (10/10)
					15/21.															12/12.
1 : Pose sonde JJ	urologie-digestif	✓																		4/4.
2 : Pose sonde JJ	urologie-digestif	✓			✓															5/5.
3 : Néphrostomie	urologie-digestif	✓			✓															6/7.
4 : UAPV-URS	urologie-digestif	✓			✓															7/7.
5 : Ablation calculs rénaux	urologie-digestif	✓			✓															7/7.
6 : Pose chambre implantable	urologie-digestif	✓			✓															5/5.
7 : Changement sonde JJ	urologie-digestif	✓			✓															6/6.
8 : Pose JJ bilatérale	urologie-digestif	✓			✓															5/5.
9 : Cholécystectomie	urologie-digestif	✓			✓															7/7.
10 : Colectomie + pose CP	urologie-digestif	✓			✓															5/5.
11 : Uteroscope Rigide Souple	urologie-digestif	✓			✓															6/6.
12 : Changement sonde JJ	urologie-digestif	✓			✓															5/5.
					8/8.															8/8.
																				12/12.
																				21/21.
																				8/8.
																				10/10.
																				6/7.
																				3/3.

Tableau 9 : port du dosimètre passif lors des opérations

Opération	Bloc	Port du dosimètre passif												Ratio port dosimètre/nombre d'agent						
		chirurgien	chirurgien	chirurgien	Interne	Interne	IBODE	E-IDE	IBODE	IDF	IBODE	IDE	externe		externe	LADE	LADE	MAR	Interne anesth	manip radio
1 : Arthrode L5-S1	orthopédie	X			X		✓		X					✓	✓		X		✓	1/7. (2/8)
2 : PTH droite	orthopédie	X			X		✓		X					✓	✓		X		✓	1/7. (2/8)
3 : Arthrode L3-L4	orthopédie	X			X		✓		X					✓	✓		X		✓	3/7.
4 : Arthrode L3-S1	orthopédie	X			X		✓		X					✓	✓		X		✓	1/7.
		0/4.			0/4.		4/9.		0/4.					0/2.		3/6.	1/1.	0/3.		1/1.
1 : Arthrode	pédiatrie	X			X		✓		X					X	X		X		✓	1/7. (2/8)
2 : Pose chambre implantable	pédiatrie	X			X		✓		X					X	X		X		✓	1/7. (2/8)
3 : Arthrode	pédiatrie	X			X		✓		X					✓	✓		X		✓	4/8. (5/9)
4 : Ablation de broche bras	pédiatrie	X			X		✓		X					✓	✓		X		✓	0/6. (1/7)
5 : Arthrode	pédiatrie	X			X		✓		X					✓	✓		X		✓	1/8. (2/9)
6 : Pose plaque femur gauche	pédiatrie	✓			X		✓		X					✓	✓		X		✓	1/5. (2/6)
7 : Ostéosynthèse genou droit	pédiatrie	✓			X		✓		X					✓	✓		X		✓	4/6. (5/7)
8 : Sclérose MAV	pédiatrie	X			X		✓		X					✓	✓		X		✓	3/5. (4/6)
9 : Libération synostose fibula	pédiatrie	X			X		✓		X					✓	✓		X		✓	1/9. (2/10)
10 : Tarsectomie + arthrode	pédiatrie	X			X		✓		X					✓	✓		X		✓	0/9. (1/10)
11 : Epiphysiodèse coude	pédiatrie	✓			X		✓		X					✓	✓		X		✓	3/7. (4/8)
12 : Changement plaque femur	pédiatrie	✓			X		✓		X					✓	✓		X		✓	2/9. (3/10)
		4/21.			0/14.		12/25.		0/7.					5/11.	0/5.	0/3.		12/12.		
1 : Pose sonde JJ	urologie-digestif	X			X		X		X					X	X		X			0/4.
2 : Pose sonde JJ	urologie-digestif	X			X		✓		X					X	X		X			1/5.
3 : Néphrostomie	urologie-digestif	X			X		✓		X					X	X		X			2/7.
4 : UAPV-URS	urologie-digestif	X			X		✓		X					✓	✓		X			4/7.
5 : Ablation calculs rénaux	urologie-digestif	X			X		✓		X					✓	✓		X			4/7.
6 : Pose chambre implantable	urologie-digestif	X			X		✓		X					✓	✓		X			1/5.
7 : Changement sonde JJ	urologie-digestif	X			X		✓		X					✓	✓		X			0/6.
8 : Pose JJ bilatérale	urologie-digestif	X			X		✓		X					✓	✓		X			0/5.
9 : Cholécystectomie	urologie-digestif	X			X		✓		X					✓	✓		X			1/7.
10 : Colectomie + pose CIP	urologie-digestif	X			X		✓		X					✓	✓		X			2/5.
11 : Utreroscope Rigide Souple	urologie-digestif	X			X		✓		X					✓	✓		X			1/6.
12 : Changement sonde JJ	urologie-digestif	X			X		✓		X					✓	✓		X			2/5.
		0/8.			1/12.		11/21.		2/8.					3/10.	1/7.	0/3.				

### 3. Résultats des questionnaires

#### a) Taux de participation

Sur les 223 personnes, 140 agents ont répondu au questionnaire, soit un taux de participation de 63%.

La participation des différents blocs est plutôt homogène entre les blocs pédiatrique et urologie digestif, plus faible dans le bloc orthopédique comme le montre le tableau 10.

Tableau 10 : participation des blocs à l'enquête par questionnaire

	Bloc pédiatrique	Bloc orthopédique	Bloc urologie et digestif
<b>taux de participation</b>	69%	56%	68%
<b>Nombre de questionnaires rendus</b>	54	27	59

Le taux de participation est plus variable selon la profession des agents, avec un taux allant de 40% (pour les chirurgiens) à 83% pour les IBODE et IDE. (Figure 40).

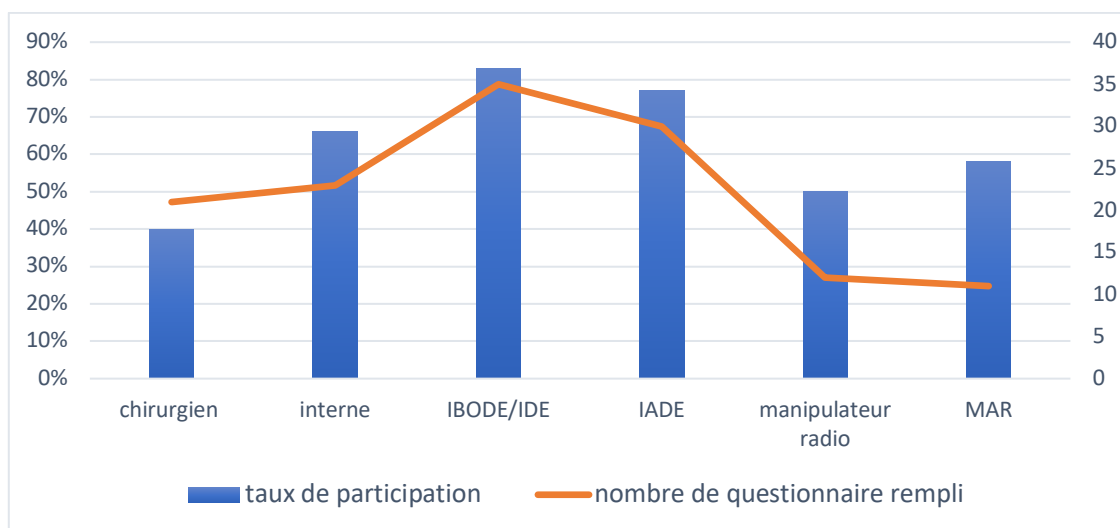


Figure 40 : taux de participation et nombre de réponses en fonction des métiers

Tableau 11 : participation des différentes professions par bloc

	<b>Chirurgien</b>	<b>Interne</b>	<b>IBODE/IDE</b>	<b>IADE</b>	<b>MAR</b>	<b>Manipulateur en radiologie</b>
<b>Bloc pédiatrique</b>	42%	80%	78%	60%	100%	
<b>Bloc urologie et digestif</b>	67%	62%	100%	100%	27%	50%
<b>Bloc orthopédique</b>	13%	46%	72%	89%	0%	

b) Présentation des résultats

Sur les 140 agents ayant répondu au questionnaire, seulement 38 ont indiqué porter un dosimètre, soit 27% de la population étudiée.

Par contre 97%, soit 136 agents ont déclaré porter un tablier plombé lors des opérations sous RX.

Le tableau suivant présente les pourcentages de port du dosimètre passif et du tablier plombé analysé suivant différents facteurs.

Tableau 12 : port du dosimètre passif et du tablier par les agents

		<b>Port du dosimètre passif</b>		<b>Port du tablier plombé</b>	
		Taux de port	Association entre le taux de port et le facteur étudié	Taux de port	Association entre le taux de port et le facteur étudié
Facteur étudié	Modalités	%	p	%	p
Sexe	Homme	15	0.009	100	0.2
	Femme	35		97	
Age	< 35 ans	26	0.9	97	0.4
	36 – 49 ans	29		100	
	< 50 ans	25		96	
Profession	Médecin (chirurgien, interne, MAR)	5	0.001	98	0.05
	Infirmier (IBODE, IDE, IADE)	34		100	
	Manipulateur en radiologie	100		100	
	Autre	13		88	
Bloc	Pédiatrique	42	0.006	100	0.5
	Orthopédie	25		96	
	Urulogie-digestif	15		98	



	< 1 an	23		97	
Ancienneté	2 - 9 ans	30	0.7	98	0.9
	> 10 ans	31		97	
Formation radioprotection	Oui	33		100	
	Non	12	0.01	93	0.006
Connaissances des effets des RX	Oui	29		99	
	Non	24	0.5	96	0.3
Retour des doses enregistrées par le dosimètre	Oui	49		98	
	Non	8	0.001	97	0.5
Accorde de l'importance au suivi et résultats	Oui	51		100	
	Non	16	0.001	95	0.1
Accorde de l'importance à la radioprotection en général	Oui	29		99	
	Non	13	0.2	93	0.08

102 agents ont déclaré ne pas porter leur dosimètre passif et ont pu cocher une ou plusieurs raisons justifiant leur choix.  
La figure 41 nous montre les résultats ainsi obtenus.

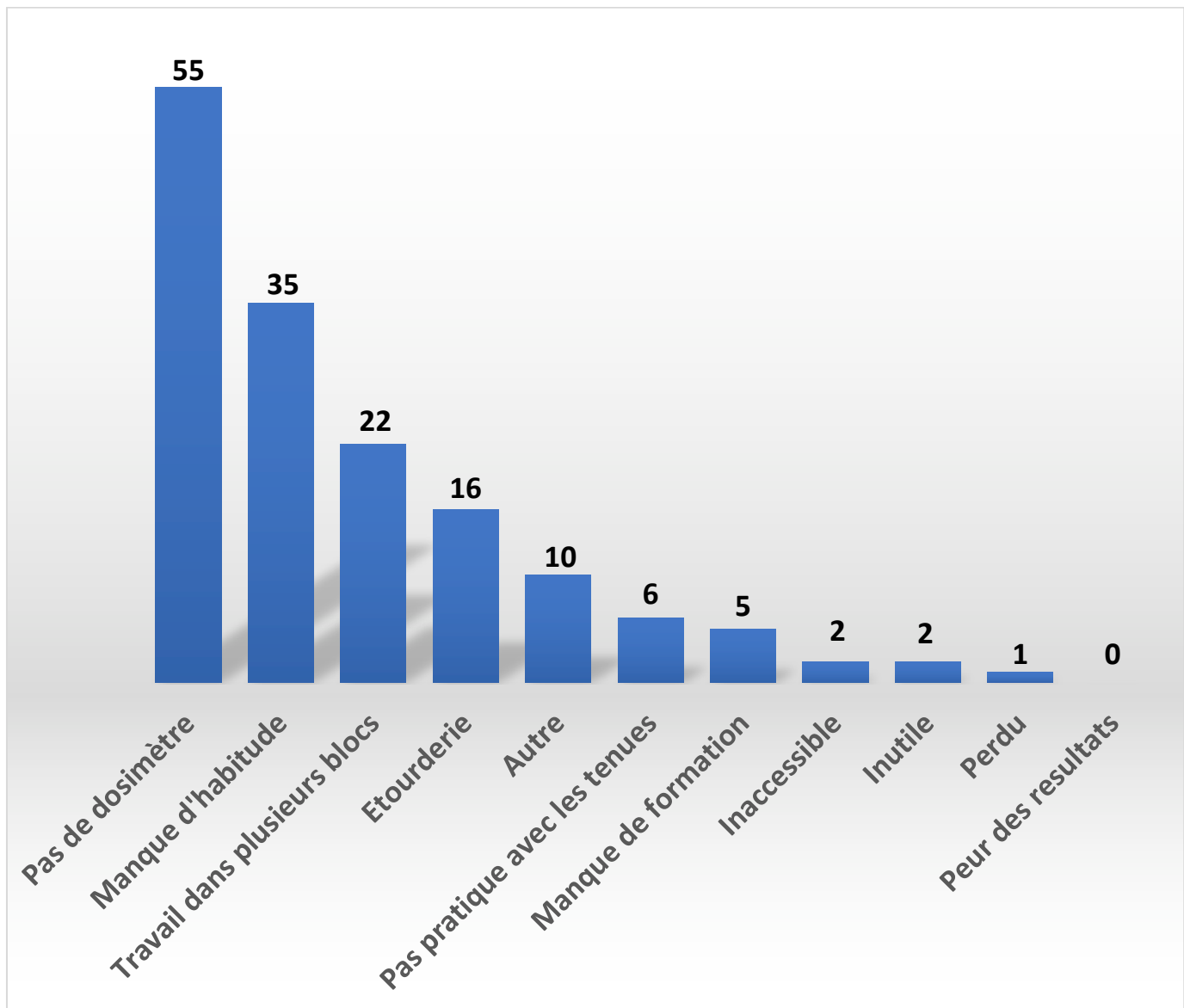


Figure 41 : nombre de réponses pour chaque raison justifiant l'absence de port du dosimètre aux blocs par les agents

Dans la catégorie autre nous retrouvons des réponses comme :

- Ne sait pas qui est le référent radioprotection dans son bloc donc pas de port
- Peu d'exposition dans le cadre de l'activité de l'agent, donc pas de port
- Ne sait pas comment ça fonctionne
- Pas de retour sur les doses, ce n'est pas stimulant pour le port
- Manque de temps

Les résultats des autres questions sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 13 : autres réponses des agents

<b>Pourcentage d'agent :</b>	<b>oui</b>
<b>Ayant eu une formation RP</b>	71%
<b>Pour les 71% ayant eu une formation :</b>	
<b>Ayant eu une formation il y a moins de 3 ans :</b>	67%
<b>Ayant des notions sur les effets immédiats et à long terme des RX :</b>	65%
<b>Sachant quel type de rayon est émis au bloc :</b>	72%
<b>Pensant que l'exposition au RX pourrait avoir de conséquence sur la santé :</b>	90%
<b>Pour les 29% n'ayant pas eu de formation :</b>	
<b>Ayant des notions sur les effets immédiats et à long terme des RX :</b>	62%
<b>Sachant quel type de rayon est émis au bloc :</b>	68%
<b>Pensant que l'exposition au RX pourrait avoir de conséquence sur la santé :</b>	95%
<b>Ayant un dosimètre :</b>	59%
<b>Ayant un dosimètre dès son arrivée :</b>	56%
<b>Utilisant son dosimètre passif :</b>	27%
<b>Ayant un retour sur les doses enregistrées par son dosimètre :</b>	52%
<b>Accordant de l'importance aux résultats de son dosimètre :</b>	42%
<b>Utilisant un tablier :</b>	97%
<b>Utilisant un cache thyroïde :</b>	4%
<b>Sensibilisé à la radioprotection du patient :</b>	58%
<b>Pensant que la radioprotection est importante pour son exercice professionnel :</b>	89%
<b>Connaissant l'existence d'un circuit femme enceinte :</b>	30%
<b>Demandant à être mieux formé ou informé sur la RP :</b>	72%

Pour finir, 55 agents (soit 39% des répondants) ont souhaité faire des remarques au sujet de la RP.

Les principales demandes et doléances sont :

- Avoir plus de formation
- Avoir des tabliers moins lourds, ou en deux parties
- Déplorer un parc vieillissant des tabliers, qui n'accrochent plus
- Avoir des manipulateurs en radiologie au sein du bloc
- Avoir plus de formation sur l'utilisation de l'amplificateur
- Avoir des dosimètres pour tout le monde
- Avoir plus de tabliers dans le bloc
- Avoir des EPC

2 agents ont malheureusement fait part de leur non intérêt pour la radioprotection, justifiant leur position par les conséquences tardives de l'exposition au RX.

### III. Discussion

#### A. Conclusion générale des audits

Tableau 14 : résumé et conclusion des audits des blocs opératoires

	<b>Bloc Pédiatrie</b>	<b>Bloc urologie- digestif</b>	<b>Bloc orthopédique</b>
Tableau dosimètres passifs	±	✓	✓
Dosimètres passifs	±	✗	±
Dosimétrie opérationnelle	±	±	✗
Information radioprotection	✓	±	✗
Circuit dosimètres	✓	✓	✓
Pictogrammes radioprotection	✓	✓	✗
EPI : type, état et disponibilité	±	±	✗
Rangement des EPI	✓	±	✗
EPC	✗	✗	✗
Circuit femme enceinte	✓	✓	✓

Note :

✓ : bien

± : moyen

✗ : mauvais

Il est à prendre en considération que des manipulateurs en radiologie viennent mettre en œuvre l'amplificateur de brillance au bloc pédiatrique, ce qui n'est pas le cas pour les autres blocs, fonction revenant aux infirmières de bloc ou IBODE. Cela peut expliquer un meilleur résultat d'audit pour ce bloc.

Suite à ces audits, quelques aménagements peuvent être proposés afin d'améliorer la radioprotection de ces blocs.

Pour le bloc pédiatrique :

- un tableau plus grand pour les dosimètres passifs
- mise en place de dosimètres passifs non nominatifs
- dosimétrie opérationnelle : mise à jour des listes du personnels et matricules
- EPI : plus de cache thyroïde, des EPI en veste et jupette pour répartir davantage le poids des tabliers, surtout que les opérations d'orthopédie infantile sont longues (4-6 heures)
- Mise en place d'EPC

Pour le bloc urologie-digestif :

- dosimétrie opérationnelle : mise à jour des listes du personnels et matricules
- amélioration de la dosimétrie non nominative (feuille d'emargement)
- mise en place d'un référent RP côté médecin
- une information plus complète de radioprotection en amont des salles opératoires
- EPI : plus de cache thyroïde, plus d'EPI car plusieurs amplificateurs peuvent être utilisés en même temps
- des portants plus grands pour les EPI
- mise en place d'EPC

Pour le bloc orthopédique :

- mise en place de dosimètres passifs non nominatif
- dosimétrie opérationnelle : mise en place d'une liste des personnels et de leurs matricules
- nomination d'un référent RP côté médecin
- mise en place d'une information complète de RP au niveau des tableaux
- homogénéisation des pictogrammes de radioprotection sur toutes les salles opératoires, installation des lumières sur toutes les salles, amélioration de l'information
- EPI : plus d'équipements car insuffisance quand les deux salles utilisent l'amplificateur, plus de caches thyroïde, rénovation des tabliers en place
- Un ou plusieurs autre(s) portant(s) pour le rangement des EPI
- mise en place des EPC

## B. Discussion des visites opératoires

### 1. Port des EPI

En vue générale, le tableau 8, résumant le port du tablier plombé, est très majoritairement vert, ce qui est un excellent début.

Si nous interprétons ces résultats par bloc, des différences significatives apparaissent (figure 42).

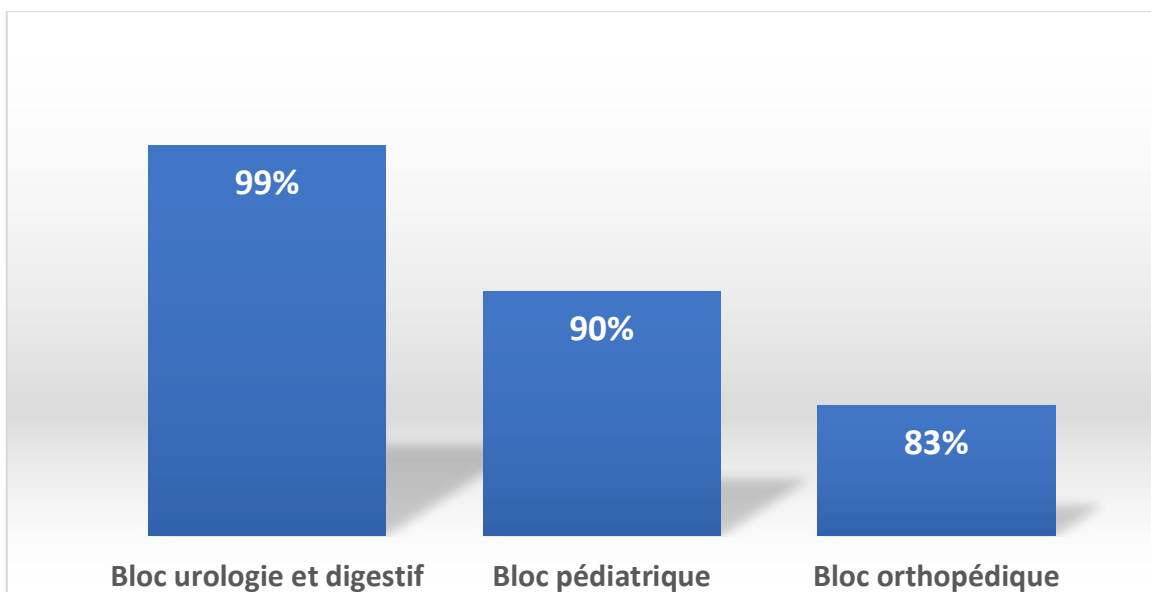


Figure 42 : port du tablier par les agents en fonction des blocs opératoires

Tout d'abord, pour l'interprétation de ces résultats, les manipulateurs en radiologie ont été exclus de la population des agents de pédiatrie. En effet, cette profession utilise à 100% du temps le tablier plombé, et risque de biaiser les statistiques du bloc pédiatrique. Cela permettra de comparer les populations des blocs équitablement en ne prenant que les personnels de blocs pour voir si la présence d'un manipulateur en radiologie influence sur le port des EPI.

Ces différences de résultats entre les blocs, peuvent être expliquées par quelques hypothèses. En effet, certaines variables perturbent le port du tablier, comme le temps opératoire, la contrainte « poids » des tabliers, leur ergonomie défavorable pour certains agents ainsi que le temps d'utilisation des RX.

Dans le bloc urologie et digestif, les opérations sont de courtes durées pour la majorité, surtout en urologie. L'utilisation des RX est fréquente tout au long de l'intervention et les agents, même habillés en stérile, portent bien leur tablier.

A contrario, les opérations d'orthopédie et de pédiatrie (les opérations vues en pédiatrie étaient majoritairement de l'orthopédie) sont de longues durées, souvent comprises entre 4h et 6h, quelques fois plus. Ces longues chirurgies, associées au poids important des tabliers, au fait qu'il ne soit pas pratique pour réaliser certains gestes, font que quelques agents préfèrent, consciemment, ne pas s'équiper de tablier pendant l'opération.

Les agents qui font ce choix, sont ceux qui doivent être habillés avec une blouse stérile au dessus de leurs équipements. En effet, ces agents ne peuvent plus s'équiper et retirer leur tablier à la demande et doivent rester pendant plusieurs heures de suite avec leur tablier sur leurs épaules. Ainsi, à cause de troubles musculo-squeletiques, certains personnels ne mettent pas de tablier lorsque l'intervention est trop longue.

De plus, un faible temps d'utilisation de l'amplificateur par rapport au temps d'intervention peut décourager quelques personnes à mettre le tablier. Par exemple, lors d'une opération de 6h en orthopédie ou pédiatrie, il peut n'y avoir besoin que de quelques clichés, au milieu et en fin d'opération, soit une utilisation des RX de seulement quelques minutes ou dizaines de minutes tout au plus. Ce faible ratio est une cause fréquente pour justifier la non utilisation de cet EPI lors de mes venues.

Cette différence d'utilisation du tablier entre les blocs, peut être également mise en évidence et confortée en analysant le ratio du nombre de personnes protégées par un tablier sur le nombre total de personnes présentes au bloc.

Ainsi sur 12 opérations en urologie et digestif, 11 opérations ont eu un ratio à 100%. Il y en a eu seulement 9 sur 12 en pédiatrie et 2 sur 4 en orthopédie. (figure 43).

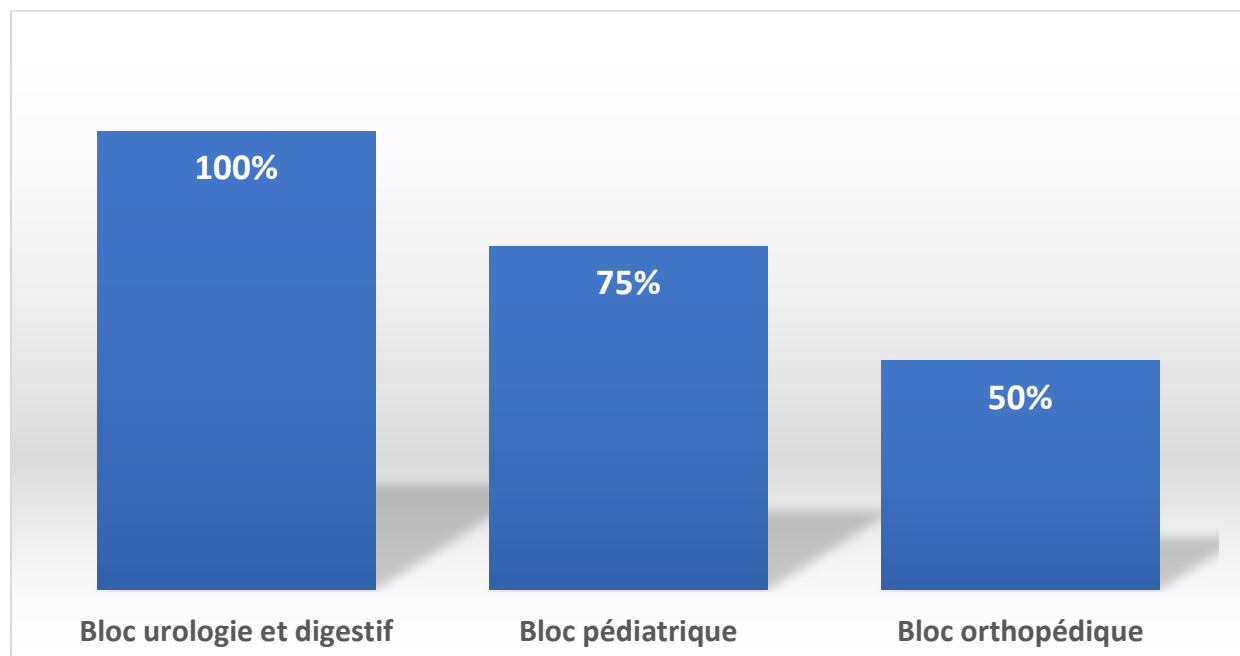


Figure 43 : pourcentage d'opérations avec 100% du personnel en salle ayant un tablier



Ainsi le bloc urologie digestif a le meilleur pourcentage de port du tablier et le plus grand nombre d'opérations avec un 100% d'agent protégés par un tablier. Viennent ensuite les blocs pédiatriques puis orthopédiques où les résultats sont plus faibles. Les faibles pourcentages du bloc orthopédique doivent être pris avec précaution du fait du faible nombre d'opérations vues dans ce bloc.

Outre ces différences d'utilisation de cet EPI entre les blocs, nous retrouvons également une relation significative entre la profession et l'utilisation du tablier :

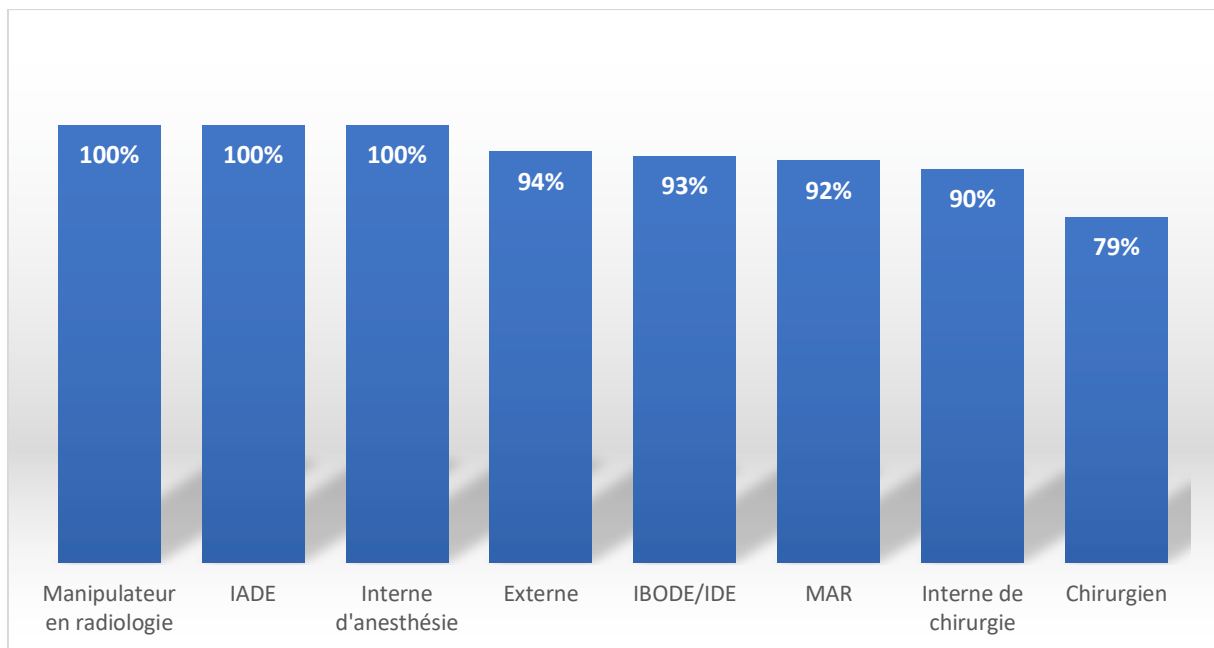


Figure 44 : port du tablier en fonction de la profession des agents

Les résultats de la figure 44 confortent les hypothèses précédentes. Les agents qui n'ont pas besoin d'être habillés de façon stérile ont un port exemplaire de 100%, à l'exception des MAR.

Par contre, les agents qui sont toujours en tenue stérile (les chirurgiens et internes de chirurgie) ont les pourcentages les plus faibles.

Les IBODE/IDE, qui sont à la fois en tenue stérile et non stérile ont un pourcentage intermédiaire.

Au total, les visites opératoires mettent en évidence des différences significatives pour l'utilisation des tabliers, qui sont liées à la fois au bloc d'origine et à la profession des agents.

Le fait d'être habillé de façon stérile et donc de garder longtemps le tablier, couplé avec un temps opératoire élevé, un temps d'utilisation court des RX, un poids important du tablier, sont d'autant de variables pour l'utilisation de cet équipement.

Ainsi, les médecins (chirurgiens, internes et MAR), sont associés avec un port moindre du tablier que les infirmiers (IBODE/IDE ou IADE).

Malheureusement, il est à rappeler que les personnels habillés en tenue stérile, sont ceux qui sont les plus proches du malade et donc par conséquent les plus proches de l'amplificateur de brillance. Ils sont davantage exposés au rayonnement que les autres, et comme nous venons de le voir, ce sont ces agents qui sont le moins protégés, ce qui est très dommageable.

En ce qui concerne l'influence des manipulateurs en radiologie sur le port du tablier, les résultats sont mitigés. En effet, au vu de la figure 41 et 42, le bloc pédiatrique n'est pas le meilleur dans ce domaine, mais il est quand même devant le bloc orthopédique. Leur présence au sein des blocs n'influence que très peu le port du tablier.

A noter, qu'au cours de mes visites, aucun autre EPI n'a été utilisé, notamment le cache thyroïde.

## 2. Port des dosimètres

Contrairement au tableau 8 que nous venons d'analyser, le tableau 9 concernant le port des dosimètres est cette fois majoritairement rouge.

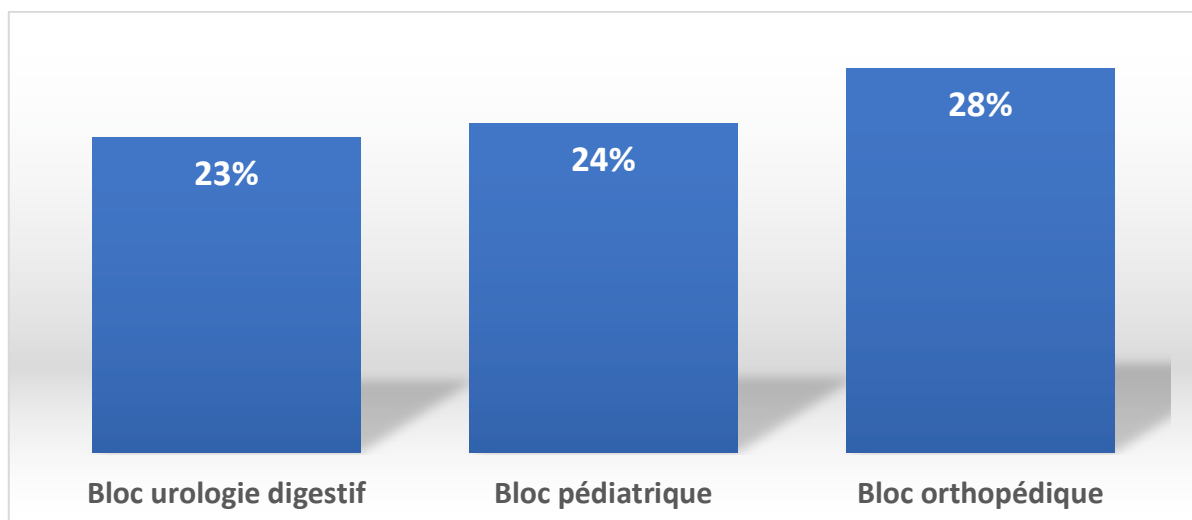


Figure 45 : port du dosimètre passif par les agents en fonction des blocs opératoires

Comme pour l'interprétation des résultats concernant le port du tablier, les manipulateurs en radiologie ont été exclus de la population des agents de pédiatrie car ils utilisent à 100% du temps les dosimètres, et risquent de biaiser fortement les statistiques du bloc pédiatrique.

La figure 45 nous montre un port du dosimètre passif homogène entre les blocs. L'utilisation du dosimètre est très faible, concernant moins d'un agent sur trois.

Plus précisément, nous allons nous intéresser au ratio nombre de personnes présentes au bloc sur le nombre de personnes portant un dosimètre. Il en résulte qu'aucune opération, quelque soit le bloc, n'atteint les 100%. Bien au contraire le ratio est très faible.

Le meilleur ratio du bloc orthopédique est de 3/7 (38% des agents présents avaient un dosimètre). Le meilleur ratio en pédiatrie est de 4/6 (67%) et celui du bloc urologie digestif est de 4/7 (57%).

En moyenne, le nombre d'agents portant un dosimètre au cours d'une opération oscille entre 28% et 33% selon les blocs (figure 46).

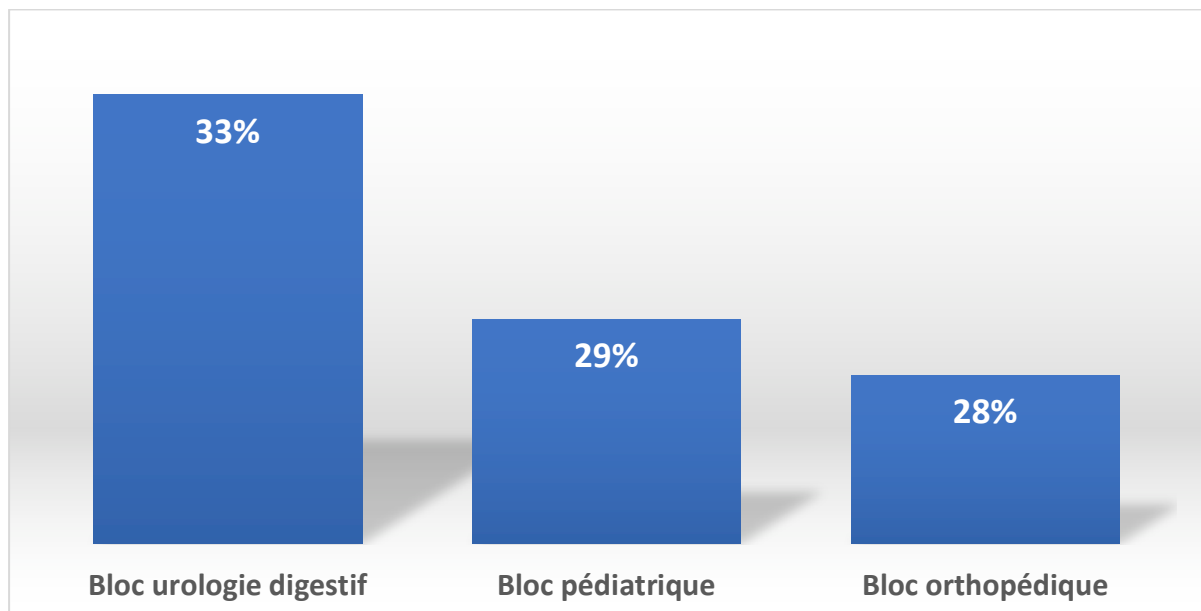


Figure 46 : ratio moyen d'agents en salle ayant un dosimètre passif au cours d'une opération

Ces ratios moyens sont faibles et homogènes, confortant les résultats de la figure 45. La présence de manipulateur en radiologie n'influence pas le port du dosimètre passif au vu de ces deux graphiques.

Si nous interprétons le port du dosimètre en fonction de la profession, la figure 47 montre cette fois ci des différences significatives.

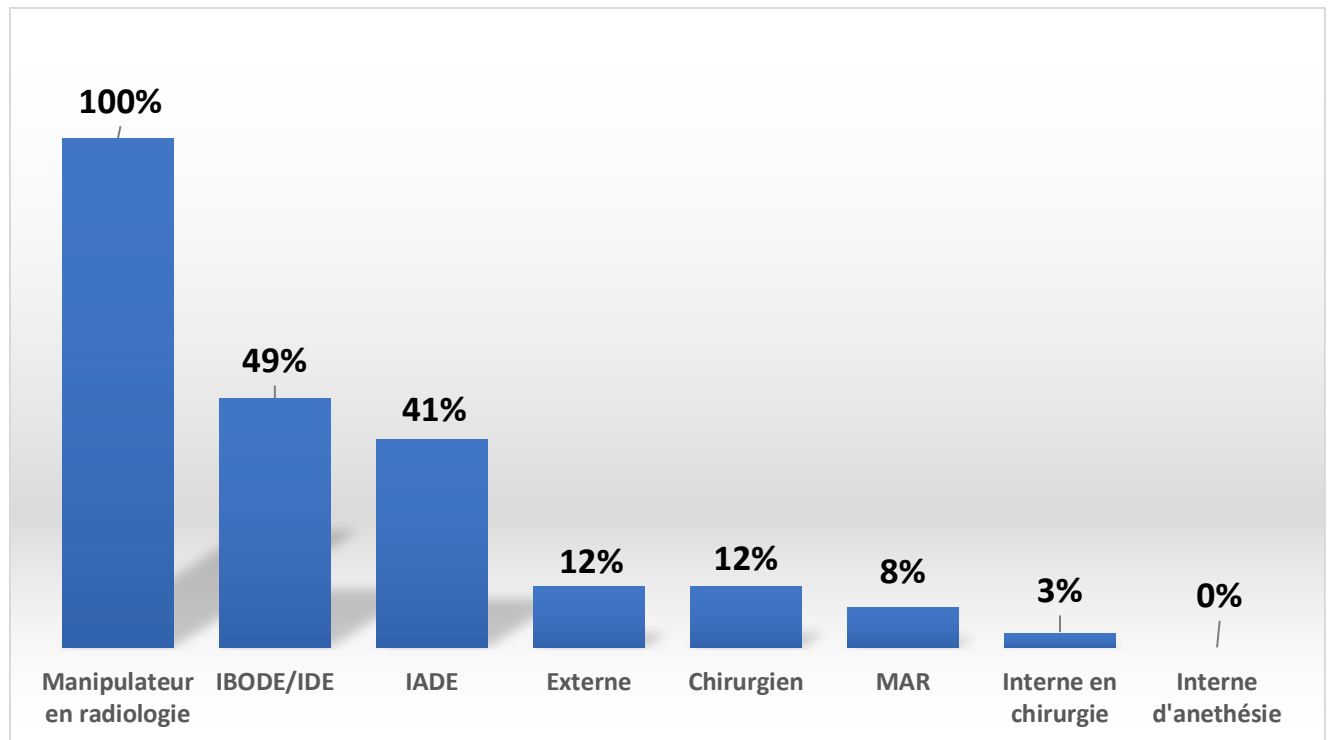


Figure 47 : port du dosimètre passif en fonction de la profession de l'agent

Les infirmiers (IBODE/IDE et IADE) ont le meilleur pourcentage de port du dosimètre passif, avec quasiment un pourcentage à 50% pour les IBODE/IDE.

Contrairement au port du tablier, les chirurgiens ne sont pas les derniers, ils se placent dans la moyenne avec un pourcentage à 12%.

Les internes, n'ayant pas de dosimètre nominatif ont des pourcentages extrêmement faibles voir nuls.

L'étude concernait aussi le port du dosimètre opérationnel, mais ce dosimètre n'a jamais été utilisé lors de mes venues, quelque soit le bloc. Seuls les manipulateurs en radiologie l'utilisaient.

Au total, l'utilisation du dosimètre passif est faible et homogène dans chaque bloc. Mais selon les professions, de grandes différences existent.

Comme pour l'utilisation du tablier, être médecin (chirurgien, interne, MAR) est associé avec un port plus faible du dosimètre que pour les infirmiers (IBODE/IDE et IADE).

Cette étude permet également de constater, que la présence de manipulateur en radiologie n'influence pas le port des dosimètres, passifs et opérationnels ; comme elle n'influence pas le port du tablier.

## C. Interprétation de l'enquête par questionnaire

### 1. Discussion des résultats des questionnaires

Le tableau 12 nous montre l'utilisation déclarée du dosimètre passif et du tablier, analysé selon différentes variables.

En ce qui concerne le port du dosimètre, certains facteurs sont associés positivement au port du dosimètre ( $p < 0,05$ ). Il s'agit des facteurs suivant :

- Le sexe ( $p=0.009$ ) : être une femme
- La profession ( $p=0.001$ ) : être un infirmier par rapport aux médecins/chirurgiens, et bien sûr être manipulateur en radiologie
- Le bloc d'appartenance ( $p=0.006$ ) : être dans le bloc pédiatrique est un avantage
- Avoir eu une formation en RP ( $p=0.01$ )
- Avoir un retour sur les doses enregistrées par son dosimètre ( $p=0.001$ )
- Accorder de l'importance au suivi médical et aux résultats de son dosimètre ( $p=0.001$ )

En revanche, ne sont pas significativement associés au du port du dosimètre les facteurs suivants :

- L'âge ( $p=0.9$ )
- L'ancienneté ( $p=0.7$ )
- La connaissance des effets des RX sur la santé ( $p=0.5$ )
- Accorder de l'importance à la RP ( $p=0.2$ )

Ces données déclaratives confortent et complètent les résultats obtenus lors de mes visites, notamment sur le fait que la profession influençait sur l'utilisation du dosimètre passif.

De plus, seulement 38 agents, soit 27% des répondants, déclarent utiliser leur dosimètre ce qui est en adéquation avec le port moyen retrouvé lors des visites.

D'autres paramètres jouent en faveur du port du dosimètre, comme le fait d'avoir eu une formation en RP, d'être une femme, d'avoir un retour sur les doses enregistrées (ce qui peut être stimulant pour poursuivre au long cours le suivi dosimétrique) et d'accorder de l'importance au suivi dosimétrique.

Mais, étonnamment, cette enquête montre que les agents du bloc pédiatrique utilisent davantage leur dosimètre par rapport aux autres blocs, statistique qui n'a pas été démontrée lors de mes venues pendant les interventions.

Sur l'utilisation du tablier plombé, quelques facteurs sont également retrouvés comme influençant positivement le port de cet EPI :

- La profession des agents ( $p=0.05$ ) : être infirmiers par rapport à médecin
- Avoir eu une formation en RP ( $p=0.006$ )

Les autres paramètres n'influencent pas son utilisation :

- Le sexe ( $p=0.2$ )
- L'âge ( $p=0.4$ )
- Le bloc d'appartenance ( $p=0.5$ )
- L'ancienneté ( $p=0.9$ )
- La connaissance des effets des RX sur la santé ( $p=0.3$ )
- Avoir un retour sur les doses enregistrées ( $p=0.5$ ) : c'est sûrement l'inconvénient d'être exposé à des faibles doses, le risque de se dire qu'il n'y a pas de danger et de ne pas avoir besoin du tablier
- Accorder de l'importance au suivi et aux résultats du dosimètre ( $p=0.1$ )
- Accorder de l'importance à la RP ( $p=0.08$ )

Les données déclaratives concordent avec les résultats des visites opératoires, à savoir que la profession influence le port du tablier mais que son utilisation est homogène dans tous les blocs. En outre, 136 répondants (97%) déclarent porter leur tablier, ce qui est cohérent avec le résultat de mes visites.

Au total, sur l'utilisation déclarée du dosimètre passif et du tablier plombé, 2 variables communes sont associées significativement à leur utilisation : la profession des agents et le fait d'avoir eu une formation en radioprotection.

Agir sur ces deux facteurs, en augmentant le nombre et la fréquence des formations, sans oublier d'englober les médecins et chirurgiens, permettraient sûrement d'améliorer leur utilisation.

L'analyse de ces questionnaires nous permet également de constater que seulement un peu plus de la moitié des agents interrogés (59% des répondants) possèdent un dosimètre. Ce faible résultat représente un biais important, car il n'est pas possible de savoir, combien d'agents le porteraient si ce dosimètre était disponible. C'est une cause évitable de non port du dosimètre, et qui ne dépend pas de la volonté du personnel. Cette difficulté est à améliorer de façon prioritaire.

En outre, bien que 59% des agents déclarent avoir un dosimètre passif nominatif, seulement 27% des agents l'utilisent.

Nous avons ainsi 44 agents qui ne portent pas leur dosimètre, tout en étant conscient d'en posséder un.

Plusieurs hypothèses avaient été préparées en amont, et permettent d'établir les principales causes de non port du dosimètre.

Les trois causes les plus importantes sont le manque d'habitude, le fait de travailler dans plusieurs blocs et l'étourderie, respectivement cochées par 35%, 22% et 16% des questionnés.

Une solution pour pallier le manque d'habitude et l'étourderie serait de vérifier la présence de dosimètres (et aussi d'EPI) sur chaque agent avant toute intervention sous amplificateur de brillance. Par exemple lors de la check list HAS « *sécurité du patient au bloc opératoire* », réalisée avant toute opération, deux items pourraient être rajoutés pour veiller au port du dosimètre et du tablier plombé.

Le fait de travailler dans plusieurs blocs est un vrai problème pour l'accessibilité au dosimètre. Avoir plusieurs dosimètres nominatifs serait un facteur de confusion et rendrait le suivi des résultats plus difficile. Par contre, le fait de regrouper les blocs dans un seul bâtiment pourra peut être aider à répondre à ce problème, en disposant les tableaux de dosimètres en sortie de vestiaires s'ils sont communs aux salles.

Les autres causes, minoritaires, sont le fait que ce ne soit pas pratique avec les tenues de blocs pour 6% des agents, de ne pas avoir eu de formation pour 5% des agents, d'être inutile pour 2% des agents ou encore d'avoir perdu son dosimètre pour 1 personnel.

Le tableau 13 permet l'analyse des autres items du questionnaire.

En premier lieu, il y a l'accès à la formation, qui n'a été possible que pour les 2/3 (71%) des agents questionnés. Sur ces 71%, seulement 67% sont à jour de leur formation, avec un dernier recyclage dans les 3 dernières années.

De plus, l'analyse des connaissances en matière de radioprotection est intéressante, notamment si l'on compare les 2 groupes, l'un ayant fait la formation et pas l'autre.

En effet, pour ceux qui ont suivi une formation, le fait de savoir quel type de rayonnement est émis au bloc opératoire, de connaître quels sont les effets immédiats et à long terme des rayonnements ionisants n'est acquis que pour 2/3 des personnes, ce qui est décevant. Mais le plus étonnant, c'est que ces résultats sont identiques pour les personnes n'ayant jamais eu de formation, et, que ces personnes pensent davantage que l'exposition au RX peut avoir des conséquences sur leur santé par rapport aux agents ayant eu une formation.

Ainsi, non seulement une augmentation du nombre de formations est nécessaire, mais une réflexion sur la formation doit être menée au vu de ces résultats ; surtout que 72% des agents souhaitent être mieux formés en matière de radioprotection.

En parallèle à l'utilisation du dosimètre passif, seulement 52% des agents déclarent avoir un retour sur les doses enregistrées par leur dosimètre.

C'est un facteur important de désintérêt pour l'utilisation du dosimètre, car il est difficile de demander aux agents de porter un dosimètre en leur assurant que c'est important pour leur santé sans pour autant assurer en aval l'information, le suivi adéquat de ce même dosimètre. De plus, un pourcentage encore plus faible (42% des questionnés) déclarent accorder de l'importance au suivi de ce dosimètre.

58% des agents déclarent être sensibilisés à la radioprotection du patient, et 1/3 des agents connaissent l'existence d'une procédure ou d'un circuit femme enceinte. Seulement 4% déclarent utiliser un cache thyroïde.

Pour finir sur une donnée plus rassurante, 89% des agents pensent que la radioprotection est importante au cours de leur exercice professionnel



## D. Conclusion et ouverture

Cette thèse a permis, pour la première fois au niveau du CHU de Rouen, d'établir un constat chiffré sur le port des dosimètres et du tablier plombé au sein d'un échantillon de blocs opératoires.

Les résultats au niveau du port du dosimètre sont faibles. Le dosimètre opérationnel, pourtant obligatoire lors de chaque entrée en Zone Réglementée, n'a jamais été porté. Le dosimètre passif est, quant à lui, utilisé de façon homogène dans les différents blocs (entre 23% et 28%), mais de grandes différences apparaissent suivant la profession prise en compte (variant ainsi entre 49% et 0% si l'on ne compte pas les manipulateurs en radiologie). C'est cohérent avec le pourcentage de port retrouvé en analysant les réponses des questionnaires, où seulement 27% des agents déclarent l'utiliser. Malheureusement, beaucoup d'agents (41%) déclarent ne pas posséder de dosimètre, rendant les résultats du port du dosimètre passif non interprétables.

L'utilisation du tablier plombé comme principal EPI est largement suivi, mais avec des différences significatives suivant le bloc et la profession. En effet le pourcentage de port varie entre 83% et 99% selon les blocs, et, entre 79% et 100% selon la profession. C'est également cohérent avec le pourcentage obtenu post-analyse des questionnaires, qui est de 97% de répondants déclarant utiliser régulièrement cet EPI. Les autres EPI sont très peu utilisés, seulement 4% des agents déclarent porter un cache-thyroïde, port jamais constaté lors des visites opératoires.

Au vu des discussions précédentes, plusieurs axes de prévention peuvent se dessiner afin de conclure cette thèse.

En premier lieu, et c'est la base pour commencer une bonne radioprotection, une réorganisation du circuit d'attribution des dosimètres semble nécessaire, avec au moins un dosimètre pour chaque agent. En effet, bien que ce circuit soit bien établi avec des personnes identifiées, beaucoup trop d'agents n'ont pas de dosimètre. De plus, si l'on compare les populations des tableaux 3, 4, 5 et 6 (en annexe) avec le nombre de personnels présents dans chaque bloc (liste envoyée par la Direction des Ressources Humaines du CHU), de grandes différences existent, avec de nombreux oublis ou au contraire des personnes qui disposent d'un dosimètre alors qu'elles sont parties depuis quelques années voir décédées. Ce circuit doit être amélioré pour augmenter la réactivité de dotation des dosimètres pour les personnels nouvellement affectés qui doivent trop souvent attendre un certain temps avant d'en être équipés. Enfin, l'accès à une dosimétrie passive non nominative doit être repensée, car dans chaque bloc audité, aucune personne extérieure ou étudiant ne peut, soit, avoir accès à un dosimètre non nominatif, soit, avoir accès à son suivi, ou bien les deux.

Ensuite une réorganisation de la formation semble être un point fondamental. Il faut absolument améliorer l'accès à cette formation pour tous les agents, y compris pour les médecins et chirurgiens en augmentant le nombre de sessions afin que les agents soient à jour, avec, comme le prévoit le Code du Travail, un recyclage tous les 3 ans. Il faut améliorer la communication de ces formations, car il n'est pas rare que des créneaux de formation soient vides.

De plus, une modification de cette formation semble nécessaire, au vu du faible pourcentage de personnels convenablement informés sur la nature du rayonnement émis au bloc ou encore sur les effets de ce rayonnement, données essentielles en matière de Radioprotection.

C'est d'ailleurs plus de 2/3 des agents, qui souhaitent être mieux formés vis-à-vis de ce risque.

En même temps, une réorganisation de l'information serait pertinente. L'audit a permis de constater que les blocs ne sont pas tous égaux en matière d'informations, de conseils et d'organisation de la prévention. Il serait cohérent de faire en sorte que dans chaque bloc, la même organisation, les mêmes informations, les mêmes affiches soient mises en place ; surtout que cela ne devrait pas présenter de difficulté particulière vu que le bloc pédiatrique est déjà exemplaire à ce niveau. Le copier dans les autres blocs serait facile à mettre en place, et de nature à améliorer beaucoup l'accès à la prévention.

Une meilleure communication au niveau de la dosimétrie serait une piste à prendre en compte. Trop souvent, le fait de porter un dosimètre est vécu comme une contrainte, qui s'ajoute à de nombreuses autres obligations.

Il serait utile d'améliorer cette communication par un suivi plus dense, un envoi régulier des résultats afin de motiver les agents à porter ce dosimètre dans la durée et prendre conscience du risque lié au rayons X. Ainsi, par exemple, il serait judicieux de proposer un envoi des résultats tous les 3 mois, pour les dosimètres trimestriels ou tous les mois pour les dosimètres mensuels, et non une fois par an comme c'est le cas aujourd'hui (pour une seule moitié des agents). Le nombre d'agent suivi étant important (1100 agents), il faudra réfléchir à la forme de cette communication (mail par exemple pour éviter le courrier).

Ce retour plus régulier des relevés de doses, que le résultat soit négatif ou inférieur au seuil de détection, serait normal dans le contexte d'une prévention de qualité.

Cette meilleure communication pourrait se faire en formation, également par une note explicative intégrée au courrier de résultats mais aussi en consultation de Médecine du Travail, où il est important de parler des risques inhérents à chaque poste de travail et les moyens de s'en protéger.

Une réorganisation des équipements de protection serait une piste importante pour cette prévention. Une modernisation du parc des tabliers ainsi que l'acquisition de tabliers en deux parties, me semblerait particulièrement nécessaire. Cela permettrait de jouer sur la prévention des troubles musculo-squelettiques liés à son utilisation, et faciliterait l'accès à cet équipement. L'apport de nouveaux caches-tyroïde serait également important, au vu du faible nombre à disposition dans chaque bloc.

Mais, en matière d'équipement, il existe un point sur lequel une avancée pourrait être majeure, c'est la mise en place d'EPC au sein des blocs. En effet, équiper les salles accueillant des amplificateurs de brillance de panneaux plombés amovibles, permettrait de protéger des agents en tenue stérile, qui lors d'opérations de très longue durée, ne portent pas les EPI.

Afin d'améliorer l'utilisation des dosimètres et EPI, une modification de la check list HAS «*sécurité du patient au bloc opératoire*» (annexe 4) peut être également proposée. Cela permettrait, en y incluant deux items de vérification, de s'assurer que tout le personnel en salle porte un dosimètre et un EPI. Compte tenu de l'importance, justifiée, accordée à cette check list, par chaque intervenant en bloc, un «*rappel*» concernant les gestes de Radioprotection figurant sur ce document aurait une valeur incitative certaine.

La radioprotection au sein des blocs opératoires est complexe et nécessite de nombreux ajustements pour être performante. La prévention des risques face aux rayonnements ionisants est un sujet difficile, contraignant pour les agents, avec un risque invisible et des effets sur la santé qui sont tardifs. Elle nécessite l'investissement de nombreux acteurs ayant des priorités différentes. Du fait de son activité transversale, il paraît impossible de ne pas y associer encore davantage la Médecine du Travail.

Cependant, cette prévention «*corps entier*», à l'aide de dosimètres et d'EPI, ne doit pas faire oublier une autre prévention, celle des extrémités, en particulier des mains et du cristallin des chirurgiens notamment.

C'est la raison pour laquelle, en conclusion, je citerai une étude menée par K. Romanova, publiée en 2015, qui s'est intéressée aux doses reçues par les chirurgiens orthopédiques au niveau du cristallin. Cette étude a confirmé qu'en fonction du type et de la complexité des procédures, les doses au cristallin étaient variables, et, qu'avec une charge de travail élevée, cette limite de dose pouvait être atteinte ou dépassée. Elle concluait avec deux conseils de prévention : l'utilisation de lunettes plombées et l'utilisation du mode demi-dose de l'amplificateur de brillance pour réduire la dose au cristallin de l'opérateur. (21) Des préconisations simples et pratiques peuvent donc s'avérer efficaces.

Il pourrait être pertinent, pour compléter ce travail, de s'intéresser à ce domaine dans une prochaine étude.

## BIBLIOGRAPHIE

1. LOCHARD J. - Radioprotection et radiologie diagnostique : le point de vue actuel de la CIPR. Concours médical, 1996,suppl. n° 35,p.59.
2. NENOT J.C. - Protection et faibles doses: la position de la CIPR. Santé et rayonnements ionisants, 1999,18,6-8.
3. AWOSAN K.J., IBRAHIM M.T.O., SAIDU S.A., MA'AJI S.M., DANFULANI M., YUNUSA E.U., IKHUENBOR D.B., IGE T.A. - Knowledge of radiation hazards,radiation protection practices and clinical profile of health workers in a tertiary hospital in northern nigeria. J Clin Diagn Res. nov 2011;5(8):7-12.
4. KAMOUN H., BOUSSAADOUN A., KAMOUN K.A., KOOLI M., HAMMOU A. - Radioprotection au bloc opératoire d'orthopédie à l'EPS Charles Nicolle de Tunis. Tunis Médicale. 2014;92(05):311-7.
5. JENTZSCH T., PIETSCH C.M., STIGLER B., RAMSEIER L.E., SEIFERT B., WERNER C.M.L. - The compliance with and knowledge about radiation protection in operating room personnel: a cross-sectional study with a questionnaire. Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery, 2015;135(9), 1233–1240.
6. SHARMA M., SINGH A., GOEL S., SATANI S. - An evaluation of knowledge and practice towards radiation protection among radiographers of Agra city. Sch J Appl Med Sci SJAMS. juin 2016;4(6E):2207-10.
7. MAUDET P. - Etude de pratiques professionnelles par rapport à la radioprotection de l'équipe d'anesthésie au CHU de Poitiers. 2017. Disponible sur: <http://www.chu-poitiers.fr/specialites/formation-infirmier-anesthesiste/wp-content/uploads/sites/49/2019/12/MAUDET-Pauline-Etude-des-pratiques-professionnelles-par-rapport-à-la-radioprotection-de-l'équipe-danesthésie-au-CHU-de-Poitiers.pdf>. Consulté le 14 mai 2020.
8. VALLADEAU J.F - Courrier de l'inspection du 3 novembre 2016 adressé au directeur général du CHU de Poitiers.. 2016. Disponible sur: [https://www.asn.fr/recherche/\(searchText\)/+CHU+de+Poitiers/\(limit\)/20](https://www.asn.fr/recherche/(searchText)/+CHU+de+Poitiers/(limit)/20). Consulté le 15 mai 2020.
9. ASN. Division de Châlons-en-Champagne. - Bilan des inspections 2010-2013 en radiologie interventionnelle. 2013.
10. BRUN A., MOR A.A., BOURRELLY M., DALIVOUST G., BOUFERCHA G.G.R., LEHUCHER-MCHEL M., SARI-MINODIER M. - Radiation protection for surgeons and anesthetists: practices and knowledge before and after training. Journal of Radiological Protection, IOP,2018,38 (1),175-188.
11. TUNCER N., KUYUCU E., SAYAR Ş., POLAT G., ERDIL İ., TUNCAY İ. - knowledge regarding risk of radiation exposition: a survey analysis. Orthopedic surgeons. 2017.SICOT-J, 3, 29.
12. JOERIS A., GOLDAHN S., KALAMPOKI V., GEBHARD F., - Intraoperative Radiation Exposure of Orthopaedic Surgeons - Mismatch Between Concerns and Protection. OMICS Int. Occup Med Health Aff 2018, Vol 6(2): 273
13. MCCULLOCH M.M., FISCHER K.W., KEARFOTT K.J. - medical professional radiation dosimeter usage: reasons for noncompliance. Health Physics. 2918.115(5),646-651.
14. FALAVIGNA., RAMOS M.B., WONG C.C., BARBAGALLO G., BRODKE D., Al-

- MUTAIR A., RIEW K.D. – Worldwide Knowledge and Attitude of Spine Surgeons Regarding Radiation Exposure. *Neurosurgery*. 2018,(83),153-161.
15. HASSAN H., SOLIMAN M., FIALA L.E., GAD A.A., HASANIN E., FAHIM A.E., TAWFIK A.A. -. Knowledge and practices of radiation safety among healthcare workers in Ismailia city hospitals, Egypt. *Int J Adv Community Med*. 2019.2(2):28-33.
  16. WALSH D.F., THOME A.P., MODY K.S., ELTORAI A.E.M., DANIELS A.H., MULCAHEY M.K. - Radiation safety education as a component of orthopedic training. *Orthop Rev*. 2019.11:7883.
  17. BACINSCHI X.E. - Cancer induced by exposure to ionizing radiations in medical personnel. *Romanian J Occup Med*.2018;69.
  18. BOUNACER A., SCHLUMBERGER M., CAILLOU B., SARASIN A., H.G. SUAREZ H.G. - Cancers thyroïdiens radio-induits. Masson. *Annales d'endocrinologie*2000(61):113-8.
  19. CONCETTINA F. - Occupational exposure and risk of breast cancer. 2016.4(3):282-92.
  20. ROGIN A., GOLDSTEIN J., BAR O., GOLDSTEIN J. A. - Brain and Neck Tumors Among Physicians Performing Interventional Procedures. *The American Journal of Cardiology*. 2013.111(9), 1368–1372.
  21. ROMANOVA K., VASSILEVA J., ALYAKOVI M. - Radiation exposure to the eye lens of orthopaedic surgeons during various orthopaedic procedures. *Radiation Protection Dosimetry*. 2015.165(1-4), 310–313.

## ANNEXES

**Annexe 1** : tableaux résumant les doses enregistrées par les dosimètres passifs en 2018 et 2019 dans les différents blocs

Tableau 3 : dose reçue par les agents des 3 blocs cibles ayant un dosimètre trimestriel en 2018

Nom	Service	1er trimestre	2è trimestre	3è trimestre	4è trimestre	Total 2018
Agent 2	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 3	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 6	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 7	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE		<SE*
Agent 8	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 9	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE		<SE*
Agent 10	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 11	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 13	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 16	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE		<SE*
Agent 17	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE		<SE*
Agent 18	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 19	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 20	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 21	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE		<SE*
Agent 22	Chir Ortho	<SE	<SE	H2	<SE	<SE*
Agent 23	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 24	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE		<SE*
Agent 25	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE		<SE*
Agent 26	Chir Ped	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 1	Chir Ped	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 2	Chir Ped	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 3	Chir Ped	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 4	Chir Ped	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 5	Chir Ped	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 6	Chir Ped	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 1	Bloc Uro-digestif	<SE		<SE	<SE	<SE*
Agent 2	Bloc Uro-digestif	<SE		<SE	<SE	<SE*
Agent 3	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE			<SE*
Agent 4	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE			<SE*
Agent 5	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE			<SE*

Agent 6	Bloc Uro-digestif	<SE		<SE	<SE	<SE*
Agent 7	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE			<SE*
Agent 8	Bloc Uro-digestif	<SE		<SE	<SE	<SE*
Agent 9	Bloc Uro-digestif		<SE			<SE*
Agent 10	Bloc Uro-digestif	<SE		<SE	<SE	<SE*
Agent 11	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE			<SE*
Agent 12	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE			<SE*
Agent 13	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE			<SE*
Agent 14	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE			<SE*

Note :

<SE : inf seuil enregistrement 0,05mSv

<SE\* : total annuel <SE mais dont une ou plusieurs donnée(s) manque(s) au cours de l'année

H2 : rendu deterioré

**Tableau 4** : dose reçue par les agents des 3 blocs cibles ayant un dosimètre mensuel en 2018

Nom	Service	janv-18	févr-18	mars-18	avr-18	mai-18	juin-18	juil-18	août-18	sept-18	oct-19	nov-18	déc-18	Total 2018
Agent 2	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 3	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 4	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 5	Chir Ortho		<SE	<SE	<SE		<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE*
Agent 6	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 7	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 8	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 9	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 10	Chir Ortho			<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE*
Agent 11	Chir Ortho	<SE			<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE*
Agent 12	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 13	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 14	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 15	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 16	Chir Ortho	<SE	<SE		<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE*
Agent 17	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 18	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE		<SE	<SE	<SE	<SE*









Agent 32	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE		<SE	<SE	<SE	<SE*
Agent 33	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 34	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE		<SE
Agent 35	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 36	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE		<SE*
Agent 38	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 39	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 40	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	H2	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE*
Agent 41	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE		<SE*
Agent 43	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 44	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 45	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 46	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 47	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 48	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE										<SE*
Agent 49	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 50	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 53	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 55	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE*
Agent 56	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE		<SE	<SE	<SE	<SE*
Agent 57	Bloc Uro-digestif							<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE*

Note :

<SE : inf seuil enregistrement 0,05mSv

<SE\* : total annuel <SE mais dont une ou plusieurs donnée(s) manque(s) au cours de l'année

S : lecture impossible

H2 : rendu détérioré

**Tableau 5 : dose reçue par les agents des 3 blocs cibles ayant un dosimètre trimestriel en 2019**

Nom	Service	1er trimestre	2è trimestre	3è trimestre	4è trimestre	Total 2019
Agent 2	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 3	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 6	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 7	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 8	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 9	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 10	Chir Ortho	<SE		<SE	<SE	<SE*
Agent 11	Chir Ortho	<SE			<SE	<SE*
Agent 13	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 16	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 17	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 18	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 19	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 20	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 21	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 22	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 23	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 24	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 25	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 1	Chir Ped	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 1	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 2	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 3	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 4	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 5	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE

Note :

<SE : inf seuil enregistrement 0,05mSv

<SE\* : total annuel <SE mais dont une ou plusieurs donnée(s) manque(s) au cours de l'année

Tableau 6 : dose reçue par les agents des 3 blocs cibles ayant un dosimètre mensuel en 2019

Nom	Service	janv-19	févr-19	mars-19	avr-19	mai-19	juin-19	juil-19	août-19	sept-19	oct-19	nov-19	déc-19	Total 2019
Agent 1	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 2	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 4	Chir Ortho		<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE		<SE*
Agent 5	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 6	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 7	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 8	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 10	Chir Ortho	<SE	<SE		<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE		<SE*
Agent 11	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 12	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 13	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 14	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 15	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 16	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 17	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 18	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 19	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 20	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 21	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 22	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 23	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 24	Chir Ortho	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE









Agent 37	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 38	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 39	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE		<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE*
Agent 40	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE		<SE	<SE	<SE	<SE*
Agent 41	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE		<SE*
Agent 42	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE		<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE*
Agent 43	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 44	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 45	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 46	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE*
Agent 47	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 48	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 49	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 50	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 51	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 52	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 54	Bloc Uro-digestif	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE
Agent 55	Bloc Uro-digestif	<SE		<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE	<SE*

Note :

<SE : inf seuil enregistrement 0,05mSv

<SE\* : total annuel <SE mais dont une ou plusieurs donnée(s) manque(s) au cours de l'année

## Annexe 2 : protocole d'audit utilisé pour la première phase de l'étude

### **PROTOCOLE D'AUDIT DE TROIS BLOCS OPERATOIRES DU CHU DE ROUEN**

Thèse de médecine du travail : port et utilisation des dosimètres passifs et opérationnels dans  
3 blocs du CHU de Rouen – utilisation des EPI et EPC  
Clément Inaudi - Interne

- **Tableau dosimètre :**  Présent  Absent  Abimé  
 Visible  Non visible  
 Accessible.  Non accessible  
 Taille adapté par rapport au nombre de dosimètre ?  Inadapté  
 Quelle matière ?

*Commentaire :*

- **Dosimètre passif :**  Un pour chaque agent  nombre d'agent ? nombre de dosimètre ?  
 Bon état des dosimètres  Dosimètre en mauvais état ?  
 Est-ce le bon mois qui est au tableau ?  
 Mensuel  Trimestriel

*Commentaire :*

- **Dosimètre opérationnel :**  Facilement accessible  Peu visible  
 Nombre cohérent avec l'importance du bloc  Pas assez  
 Connaissance du fonctionnement par les agents ?  
 Utilisation

*Commentaire :*

- **Jour de l'audit :**  Intervention sous rayonnement ioniant ?  
 Les agents aux blocs portent-ils leurs dosimètres ?  Oui  Non  
Si oui :  Le passif  L'opérationnel

*Commentaire :*

- **Circuit du dosimètre** :  Une personne en charge des dosimètres dans le service : qui ?  
 Comment se passe la commande, fourniture, relevé des dosimètres : organisation

*Commentaire :*

- **Pictogramme de radioprotection** :  Présent  Absent  
 Visible  Peu visible  
 En nombre suffisant, à chaque pièce  
 Insuffisant  
 Information claire  Peu informatif  
 Lumière au-dessus de la porte du bloc

*Commentaire :*

- **Équipements de Protection Individuels** :  Présent  Absent  
 Accessible  Non accessible  
 Visible  Non visible  
 Nombre suffisant  insuffisant  
 Bon état  État dégradé  
 Moyen de rangement adapté (porte manteau pour les tabliers, emplacement cache thyroïde)  
 Rangement inadapté  
Type de tablier :  Complet  Boléro  Jupette

*Commentaire :*

- **Équipements de Protection Collectifs** :  Présents  Absent  
 Écrans

- Panneaux amovibles
- Cabine

*Commentaire :*

- **Circuit femme enceinte :**  Existant  Pas de circuit particulier  
 Organisation

*Commentaire :*

### Annexe 3 : questionnaire de l'étude

## **ENQUETE ANONYME SUR LE DOSIMETRE PASSIF ET LA RADIOPROTECTION AU BLOC OPERATOIRE**

Sujet de Thèse : utilisation port du dosimètre passif det opérationnel ans 3 blocs du CHU de Rouen – utilisation des EPI et EPC

Clément Inaudi – Interne en Médecine du Travail

Sexe :  Femme<sub>0</sub>  Homme<sub>1</sub>  
Age : ..... ans Ou  Moins de 35 ans<sub>0</sub>  36 à 49 ans<sub>1</sub>  Plus de 50 ans<sub>2</sub>  
Fonction :  Chirurgien<sub>0</sub>  Interne<sub>1</sub>  IBODE<sub>2</sub>  AS<sub>3</sub>  Autres<sub>4</sub> :  
.....  
Service :  Bloc orthopédique<sub>0</sub>  Bloc pédiatrique<sub>1</sub>  Bloc uro-digestif<sub>2</sub>  
Année d'entrée dans le service ? .....

---

- Q1. Avez-vous déjà suivi une formation sur la radioprotection ?  Oui<sub>1</sub>  Non<sub>0</sub>  
Si oui, il y a :  Moins de 3 ans<sub>1</sub>  Plus de 3 ans<sub>0</sub>
- Q2. Savez-vous quel type de rayonnement ionisant est émis au bloc opératoire ?  Oui<sub>1</sub>  Non<sub>0</sub>
- Q3. Pensez-vous que l'exposition aux rayonnements ionisants dans le cadre de votre travail pourrait avoir des conséquences sur votre santé ?  Oui<sub>1</sub>  Non<sub>0</sub>
- Q4. En cas de grossesse, avez-vous un circuit spécifique, un changement de poste ?  Oui<sub>1</sub>  Non<sub>0</sub>
- Q5. Avez-vous des notions sur les effets immédiats (déterministes) et aléatoires à long terme (stochastiques) des rayonnements ionisants ?  Oui<sub>1</sub>  Non<sub>0</sub>
- Q6. Avez-vous un dosimètre passif personnel ?  Oui<sub>1</sub>  Non<sub>0</sub>  
Si oui :  Dès votre arrivée<sub>1</sub>  Après un intervalle de temps<sub>0</sub>
- Q7. Votre dosimètre est-il accessible et visible ?  Oui<sub>1</sub>  Non<sub>0</sub>
- Q8. Portez-vous le dosimètre passif ?  Oui<sub>1</sub>  Non<sub>0</sub>  
Si non, pour quelle(s) raison(s) ? :  
 Pas de dosimètre  Inaccessible  Perdu  
 Travail dans plusieurs blocs  Pas pratique avec les tenues  Étourderie  
 Manque d'habitude  Manque de formation en radioprotection  Inutile selon vous  
 Peur des résultats  
 Autres raisons : .....
- Q9. Avez-vous un retour sur les doses enregistrées par votre dosimètre ?  Oui<sub>1</sub>  Non<sub>0</sub>
- Q10. Accordez-vous de l'importance au suivi et aux résultats de votre dosimètre ?  Oui<sub>1</sub>  Non<sub>0</sub>
- Q11. Portez-vous les protections individuelles (tablier de plomb, cache thyroïde) ?  Oui<sub>1</sub>  Non<sub>0</sub>  
Si oui, vous utilisez :  Tablier de plomb  Cache thyroïde  Lunettes  Autres : ...
- Q12. Utilisez-vous des moyens de protections collectifs dans votre bloc ?  Oui<sub>1</sub>  Non<sub>0</sub>  
Si oui, vous utilisez :  Cabine  Écran  Panneau amovible  Autres : .....
- Q13. Êtes-vous sensibilisé à la radioprotection du patient ?  Oui<sub>1</sub>  Non<sub>0</sub>
- Q14. Aimerez-vous être plus informé, plus formé à la radioprotection et ses conséquences ?  Oui<sub>1</sub>  Non<sub>0</sub>

Q15. Souhaitez-vous donner des idées pour améliorer la radioprotection dans votre service ?

.....

Q16. Finalement, pensez-vous que la radioprotection est importante dans votre exercice de tous les jours ?

Est-ce une préoccupation pour vous ?

Oui<sub>1</sub>  Non<sub>0</sub>

Si non, pourquoi ?

.....

Si oui, avez-vous des remarques ?

.....

# CHECK-LIST « SÉCURITÉ DU PATIENT AU BLOC OPÉRATOIRE »

Version 2018

« Vérifier ensemble pour décider »

Bloc : ..... Salle : .....  
 Date d'intervention : ..... Heure (début) : .....  
 Chirurgien « intervenant » : .....  
 Anesthésiste « intervenant » : .....  
 Coordonnateur(s) check-list : .....

Identification du patient  
 Étiquette du patient ou  
 Nom, prénom, date de naissance

## AVANT INDUCTION ANESTHÉSIQUE

Temps de pause avant anesthésie

- |   |   |                              |                               |
|---|---|------------------------------|-------------------------------|
| 1 | L'identité du patient est correcte  | <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non* |
|   | L'autorisation d'opérer est signée par les parents ou le représentant légal | <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non* |
|   |   | <input type="checkbox"/> N/A |                               |
- 2 L'intervention et le site opératoire sont confirmés :
- *idéalement* par le patient et, dans tous les cas, par le dossier ou procédure spécifique
  - la documentation clinique et para clinique
- |                              |                               |
|------------------------------|-------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non* |
| <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non* |

- 3 Le mode d'installation est connu de l'équipe en salle, cohérent avec le site / l'intervention et non dangereux pour le patient
- |                              |                               |
|------------------------------|-------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non* |
|------------------------------|-------------------------------|

- 4 La préparation cutanée de l'opéré est documentée dans la fiche de liaison service / bloc opératoire (ou autre procédure en œuvre dans l'établissement)
- |                              |                               |
|------------------------------|-------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non* |
| <input type="checkbox"/> N/A |                               |

- 5 L'équipement / le matériel nécessaires pour l'intervention sont vérifiés et adaptés au poids et à la taille du patient
- |                              |                               |
|------------------------------|-------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non* |
| <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non* |
| <input type="checkbox"/> N/A |                               |
- Acte sans prise en charge anesthésique

- 6 Le patient présente-t-il un :
- |  |                              |                               |
|--|------------------------------|-------------------------------|
| <input type="checkbox"/> risque allergique   | <input type="checkbox"/> Non | <input type="checkbox"/> Oui* |
| <input type="checkbox"/> risque d'inhalation, de difficulté d'intubation ou de ventilation au masque | <input type="checkbox"/> Non | <input type="checkbox"/> Oui* |
| <input type="checkbox"/> risque de saignement important  | <input type="checkbox"/> N/A |                               |
|  | <input type="checkbox"/> Non | <input type="checkbox"/> Oui* |

## AVANT INTERVENTION CHIRURGICALE

Temps de pause avant incision (appelé aussi time-out)

- 7 Vérification « ultime » croisée au sein de l'équipe en présence des chirurgien(s), anesthésiste(s), IADE-IBODE/IDE
- identité patient confirmée
  - intervention prévue confirmée
  - site opératoire confirmé
  - installation correcte confirmée
  - documents nécessaires disponibles (notamment imagerie)
- |                              |                               |
|------------------------------|-------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non* |
| <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non* |
| <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non* |
| <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non* |
| <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non* |
| <input type="checkbox"/> N/A |                               |

- 8 Partage des informations essentielles oralement au sein de l'équipe sur les éléments à risque / étapes critiques de l'intervention (time-out)
- sur le plan chirurgical (temps opératoire ditiché, points spécifiques de l'intervention, identification des matériels nécessaires, confirmation de leur opérationalité, etc.)
  - sur le plan anesthésique (risques potentiels liés au terrain (hypothermie, etc.) ou à des traitements éventuellement maintenus, etc.)
- |                              |                               |
|------------------------------|-------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non* |
| <input type="checkbox"/> N/A |                               |
| <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non* |
- Acte sans prise en charge anesthésique

- 9 L'antibioprophylaxie a été effectuée selon les recommandations et protocoles en vigueur dans l'établissement
- |                              |                               |
|------------------------------|-------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non* |
| <input type="checkbox"/> N/A |                               |
| <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non* |
- La préparation du champ opératoire est réalisée selon le protocole en vigueur dans l'établissement
- |                              |                               |
|------------------------------|-------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non* |
| <input type="checkbox"/> N/A |                               |

GO = OK pour incision

**NO GO = Pas d'incision**

Si No Go conséquence sur l'intervention ? **Retard** **Annulation**

### → DÉCISION FINALE

## APRÈS INTERVENTION

Pause avant sortie de salle d'opération

- 10 Confirmation orale par le personnel auprès de l'équipe :
- de l'intervention enregistrée
  - du compte final correct
  - des compresses, aiguilles, instruments, etc.
  - de l'étiquetage des prélèvements, pièces opératoires, etc.
  - si des événements indésirables ou porteurs de risques médicaux sont survenus : ont-ils fait l'objet d'un signalement / déclaration ?
- Si aucun événement indésirable n'est survenu pendant l'intervention cochez N/A*
- |                              |                               |
|------------------------------|-------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non* |
| <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non* |
| <input type="checkbox"/> N/A |                               |
| <input type="checkbox"/> N/A |                               |
| <input type="checkbox"/> N/A |                               |
| <input type="checkbox"/> N/A |                               |
| <input type="checkbox"/> N/A |                               |

- 11 Les prescriptions et la surveillance post-opératoires (y compris les seuils d'alerte spécifiques) sont faites conjointement par l'équipe chirurgicale et anesthésique et adaptées à l'âge, au poids et à la taille du patient
- |                              |                               |
|------------------------------|-------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non* |
|------------------------------|-------------------------------|

Décision concertée et motivée en cas de réponse dans une case marquée d'un \*

### ⚠ ATTENTION SI ENFANT !

- Associer les parents à la vérification de l'identité de l'intervention et du site opératoire.
- Autorisation d'opérer signée.
- Installation, matériel et prescription adaptés au poids, à l'âge et à la taille.
- Prévienton de l'hypothermie.
- Seuils d'alerte en post-op définis.

### SELON PROCÉDURE EN VIGUEUR DANS L'ÉTABLISSEMENT

Attestation que la check-list a été renseignée suite à un partage des informations entre les membres de l'équipe

Chirurgien                      Anesthésiste / IADE                      Coordonnateur CL

Le rôle du coordonnateur de la check-list, aidé par le(s) chirurgien(s) et anesthésiste(s) responsables de l'intervention, est de compléter les items de la check-list : 1. Si la vérification a bien été effectuée ; 2. Si la vérification a été faite oralement en présence des membres de l'équipe concernée et 3. Si les réponses marquées d'un \* ont fait l'objet d'une concertation en équipe et d'une décision motivée.



HAUTE AUTORITÉ DE SANTÉ

N/A : Non Applicable pour cette intervention ; N/R : Non Recommandé pour cette intervention

# Annexe 4 : check list HAS bloc opératoire