

THÈSE

POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE
MÉDECINE SPÉCIALISÉE CLINIQUE

Présentée et soutenue publiquement

par

Mathilde VERCOLLIER

le 17 06 2016

Le suivi personnalisé de l'irradiation médicale :
Etats des lieux et proposition d'un carnet dosimétrique
utilisable par le patient et son médecin traitant.

Directeur de thèse : Dr Marion JAFFRO

JURY

Monsieur le Professeur P.Arlet

Monsieur le Professeur P.Otal

Monsieur le Professeur M.Vidal

Monsieur le Docteur E.Vogglimaci

Président

Assesseur

Assesseur

Assesseur

TABLEAU du PERSONNEL HU
des Facultés de Médecine de l'Université Paul Sabatier
au 1^{er} septembre 2015

Professeurs Honoraires

Doyen Honoraire	M. ROUGE D.	Professeur Honoraire	M. BARTHE
Doyen Honoraire	M. LAZORTES Y.	Professeur Honoraire	M. CABARROT
Doyen Honoraire	M. CHAP H.	Professeur Honoraire	M. DUFFAUT
Doyen Honoraire	M. GUIRAUD-CHAUMEIL B	Professeur Honoraire	M. ESCAT
Doyen Honoraire	M. PUEL P.	Professeur Honoraire	M. ESCANDE
Professeur Honoraire	M. ESCHAPASSE	Professeur Honoraire	M. PRIS
Professeur Honoraire	Mme ENJALBERT	Professeur Honoraire	M. CATHALA
Professeur Honoraire	M. GEDEON	Professeur Honoraire	M. BAZEX
Professeur Honoraire	M. PASQUIE	Professeur Honoraire	M. VIRENQUE
Professeur Honoraire	M. RIBAUT	Professeur Honoraire	M. CARLES
Professeur Honoraire	M. ARLET J.	Professeur Honoraire	M. BONAFÉ
Professeur Honoraire	M. RIBET	Professeur Honoraire	M. VAYSSE
Professeur Honoraire	M. MONROZIES	Professeur Honoraire	M. ESQUERRE
Professeur Honoraire	M. DALOUS	Professeur Honoraire	M. GUITARD
Professeur Honoraire	M. DUPRE	Professeur Honoraire	M. LAZORTES F.
Professeur Honoraire	M. FABRE J.	Professeur Honoraire	M. ROQUE-LATRILLE
Professeur Honoraire	M. DUCOS	Professeur Honoraire	M. CERENE
Professeur Honoraire	M. LACOMME	Professeur Honoraire	M. FOURNIAL
Professeur Honoraire	M. COTONAT	Professeur Honoraire	M. HOFF
Professeur Honoraire	M. DAVID	Professeur Honoraire	M. REME
Professeur Honoraire	Mme DIDIER	Professeur Honoraire	M. FAUVEL
Professeur Honoraire	Mme LARENG M.B.	Professeur Honoraire	M. FREGINOS
Professeur Honoraire	M. BES	Professeur Honoraire	M. CARRIERE
Professeur Honoraire	M. BERNADET	Professeur Honoraire	M. MANSAT M.
Professeur Honoraire	M. REGNIER	Professeur Honoraire	M. BARRET
Professeur Honoraire	M. COMBELLES	Professeur Honoraire	M. ROLLAND
Professeur Honoraire	M. REGIS	Professeur Honoraire	M. THOUVENOT
Professeur Honoraire	M. ARBUS	Professeur Honoraire	M. CAHUZAC
Professeur Honoraire	M. PUJOL	Professeur Honoraire	M. DELSOL
Professeur Honoraire	M. ROCHICCIOLI	Professeur Honoraire	M. ABBAL
Professeur Honoraire	M. RUMEAU	Professeur Honoraire	M. DURAND
Professeur Honoraire	M. BESOMBES	Professeur Honoraire	M. DALY-SCHWEITZER
Professeur Honoraire	M. SUC	Professeur Honoraire	M. RAILHAC
Professeur Honoraire	M. VALDIGUIE	Professeur Honoraire	M. POURRAT
Professeur Honoraire	M. BOUNHOURE	Professeur Honoraire	M. QUERLEU D.
Professeur Honoraire	M. CARTON	Professeur Honoraire	M. ARNE JL
Professeur Honoraire	Mme PUEL J.	Professeur Honoraire	M. ESCOURROU J.
Professeur Honoraire	M. GOUZI	Professeur Honoraire	M. FOURTANIER G.
Professeur Honoraire associé	M. DUTAU	Professeur Honoraire	M. LAGARRIGUE J.
Professeur Honoraire	M. PASCAL	Professeur Honoraire	M. PESSEY JJ.
Professeur Honoraire	M. SALVADOR M.	Professeur Honoraire	M. CHAVOIN JP
Professeur Honoraire	M. BAYARD	Professeur Honoraire	M. GERAUD G.
Professeur Honoraire	M. LEOPHONTE	Professeur Honoraire	M. PLANTE P.
Professeur Honoraire	M. FABIÉ	Professeur Honoraire	M. MAGNAVAL JF

Professeurs Émérites

Professeur ALBAREDE	Professeur JL. ADER
Professeur CONTÉ	Professeur Y. LAZORTES
Professeur MURAT	Professeur L. LARENG
Professeur MANELFE	Professeur F. JOFFRE
Professeur LOUVET	Professeur B. BONEU
Professeur SARRAMON	Professeur H. DABERNAT
Professeur CARATERO	Professeur M. BOCCALON
Professeur GUIRAUD-CHAUMEIL	Professeur B. MAZIERES
Professeur COSTAGLIOLA	Professeur E. ARLET-SUAU
	Professeur J. SIMON

P.U. - P.H. Classe Exceptionnelle et 1ère classe		P.U. - P.H. 2ème classe	
M. ADOUE Daniel	Médecine Interne, Gériatrie	Mme BEYNE-RAUZY Odile	Médecine Interne
M. AMAR Jacques	Thérapeutique	M. BROUCHET Laurent	Chirurgie thoracique et cardio-vascul
M. ATTAL Michel (C.E)	Hématologie	M. BUREAU Christophe	Hépat-Gastro-Entéro
M. AVET-LOISEAU Hervé	Hématologie, transfusion	M. CALVAS Patrick	Génétique
M. BIRMES Philippe	Psychiatrie	M. CARRERE Nicolas	Chirurgie Générale
M. BLANCHER Antoine	Immunologie (option Biologique)	Mme CASPER Charlotte	Pédiatrie
M. BONNEVILLE Paul	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie.	M. CHAIX Yves	Pédiatrie
M. BOSSAVY Jean-Pierre	Chirurgie Vasculaire	Mme CHARPENTIER Sandrine	Thérapeutique, méd. d'urgence, addict
M. BRASSAT David	Neurologie	M. COGNARD Christophe	Neuroradiologie
M. BROUSSET Pierre (C.E)	Anatomie pathologique	M. DE BOISSEZON Xavier	Médecine Physique et Réadapt Fonct.
M. BUGAT Roland (C.E)	Cancérologie	M. FOURNIE Bernard	Rhumatologie
M. CARRIE Didier	Cardiologie	M. FOURNIÉ Pierre	Ophthalmologie
M. CHAP Hugues (C.E)	Biochimie	M. GAME Xavier	Urologie
M. CHAUVEAU Dominique	Néphrologie	M. GEERAERTS Thomas	Anesthésiologie et réanimation
M. CHOLLET François (C.E)	Neurologie	Mme GENESTAL Michèle	Réanimation Médicale
M. CLANET Michel (C.E)	Neurologie	M. LAROCHE Michel	Rhumatologie
M. DAHAN Marcel (C.E)	Chirurgie Thoracique et Cardiaque	M. LAUWERS Frédéric	Anatomie
M. DEGUINE Olivier	Oto-rhino-laryngologie	M. LEOBON Bertrand	Chirurgie Thoracique et Cardiaque
M. DUCOMMUN Bernard	Cancérologie	M. MARX Mathieu	Oto-rhino-laryngologie
M. FERRIERES Jean	Epidémiologie, Santé Publique	M. MAS Emmanuel	Pédiatrie
M. FOURCADE Olivier	Anesthésiologie	M. MAZIERES Julien	Pneumologie
M. FRAYSSE Bernard (C.E)	Oto-rhino-laryngologie	M. OLIVOT Jean-Marc	Neurologie
M. IZOPET Jacques (C.E)	Bactériologie-Virologie	M. PARANT Olivier	Gynécologie Obstétrique
Mme LAMANT Laurence	Anatomie Pathologique	M. PARIENTE Jérémie	Neurologie
M. LANG Thierry	Bio-statistique Informatique Médicale	M. PATHAK Atul	Pharmacologie
M. LANGIN Dominique	Nutrition	M. PAYRASTRE Bernard	Hématologie
M. LAUQUE Dominique (C.E)	Médecine Interne	M. PERON Jean-Marie	Hépat-Gastro-Entérologie
M. LIBLAU Roland (C.E)	Immunologie	M. PORTIER Guillaume	Chirurgie Digestive
M. MALAUAUD Bernard	Urologie	M. RONCALLI Jérôme	Cardiologie
M. MANSAT Pierre	Chirurgie Orthopédique	Mme SAVAGNER Frédérique	Biochimie et biologie moléculaire
M. MARCHOU Bruno	Maladies Infectieuses	Mme SELVES Janick	Anatomie et cytologie pathologiques
M. MOLINIER Laurent	Epidémiologie, Santé Publique	M. SOL Jean-Christophe	Neurochirurgie
M. MONROZIES Xavier	Gynécologie Obstétrique		
M. MONTASTRUC Jean-Louis (C.E)	Pharmacologie	P.U.	
M. MOSCOVICI Jacques	Anatomie et Chirurgie Pédiatrique	M. OUSTRIC Stéphane	Médecine Générale
Mme MOYAL Elisabeth	Cancérologie		
Mme NOURHASHEMI Fatemeh	Gériatrie		
M. OLIVES Jean-Pierre (C.E)	Pédiatrie		
M. OSWALD Eric	Bactériologie-Virologie		
M. PARINAUD Jean	Biol. Du Dévelop. et de la Reprod.		
M. PAUL Carle	Dermatologie		
M. PAYOUX Pierre	Biophysique		
M. PERRET Bertrand (C.E)	Biochimie		
M. PRADERE Bernard (C.E)	Chirurgie générale		
M. RASCOL Olivier	Pharmacologie		
M. RECHER Christian	Hématologie		
M. RISCHMANN Pascal (C.E)	Urologie		
M. RIVIERE Daniel (C.E)	Physiologie		
M. SALES DE GAUZY Jérôme	Chirurgie Infantile		
M. SALLES Jean-Pierre	Pédiatrie		
M. SANS Nicolas	Radiologie		
M. SERRE Guy (C.E)	Biologie Cellulaire		
M. TELMON Norbert	Médecine Légale		
M. VINEL Jean-Pierre (C.E)	Hépat-Gastro-Entérologie		

P.U. - P.H. Classe Exceptionnelle et 1ère classe		P.U. - P.H. 2ème classe	
M. ACAR Philippe	Pédiatrie	M. ACCADBLED Franck	Chirurgie Infantile
M. ALRIC Laurent	Médecine Interne	M. ARBUS Christophe	Psychiatrie
Mme ANDRIEU Sandrine	Epidémiologie	M. BERRY Antoine	Parasitologie
M. ARLET Philippe (C.E)	Médecine Interne	M. BONNEVILLE Fabrice	Radiologie
M. ARNAL Jean-François	Physiologie	M. BOUNES Vincent	Médecine d'urgence
Mme BERRY Isabelle (C.E)	Biophysique	Mme BURA-RIVIERE Alessandra	Médecine Vasculaire
M. BOUTAULT Franck (C.E)	Chirurgie Maxillo-Faciale et Stomatologie	M. CHAUFOUR Xavier	Chirurgie Vasculaire
M. BUJAN Louis	Urologie-Andrologie	M. CHAYNES Patrick	Anatomie
M. BUSCAIL Louis	Hépto-Gastro-Entérologie	M. DAMBRIN Camille	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire
M. CANTAGREL Alain (C.E)	Rhumatologie	M. DECRAMER Stéphane	Pédiatrie
M. CARON Philippe (C.E)	Endocrinologie	M. DELOBEL Pierre	Maladies Infectieuses
M. CHAMONTIN Bernard (C.E)	Thérapeutique	M. DELORD Jean-Pierre	Cancérologie
M. CHIRON Philippe (C.E)	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie	Mme DULY-BOUHANICK Béatrice	Thérapeutique
M. CONSTANTIN Arnaud	Rhumatologie	M. FRANCHITTO Nicolas	Toxicologie
M. COURBON Frédéric	Biophysique	M. GALINIER Philippe	Chirurgie Infantile
Mme COURTADE SAIDI Monique	Histologie Embryologie	M. GARRIDO-STOWHAS Ignacio	Chirurgie Plastique
M. DELABESSE Eric	Hématologie	Mme GOMEZ-BROUCHET Anne-Muriel	Anatomie Pathologique
Mme DELISLE Marie-Bernadette (C.E)	Anatomie Pathologie	M. HUYGHE Eric	Urologie
M. DIDIER Alain (C.E)	Pneumologie	M. LAFFOSSE Jean-Michel	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie
M. ELBAZ Meyer	Cardiologie	M. LEGUEVAQUE Pierre	Chirurgie Générale et Gynécologique
M. GALINIER Michel	Cardiologie	M. MARCHEIX Bertrand	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
M. GLOCK Yves	Chirurgie Cardio-Vasculaire	Mme MAZEREEUW Juliette	Dermatologie
M. GOURDY Pierre	Endocrinologie	M. MEYER Nicolas	Dermatologie
M. GRAND Alain (C.E)	Epidémiologie. Eco. de la Santé et Prévention	M. MINVILLE Vincent	Anesthésiologie Réanimation
M. GROLLEAU RAOUX Jean-Louis	Chirurgie plastique	M. MUSCARI Fabrice	Chirurgie Digestive
Mme GUIMBAUD Rosine	Cancérologie	M. OTAL Philippe	Radiologie
Mme HANAIRE Hélène (C.E)	Endocrinologie	M. ROUX Franck-Emmanuel	Neurochirurgie
M. KAMAR Nassim	Néphrologie	M. SALLER Laurent	Médecine Interne
M. LARRUE Vincent	Neurologie	M. TACK Ivan	Physiologie
M. LAURENT Guy (C.E)	Hématologie	Mme URO-COSTE Emmanuelle	Anatomie Pathologique
M. LEVADE Thierry (C.E)	Biochimie	M. VERGEZ Sébastien	Oto-rhino-laryngologie
M. MALECAZE François (C.E)	Ophthalmologie		
M. MARQUE Philippe	Médecine Physique et Réadaptation		
Mme MARTY Nicole	Bactériologie Virologie Hygiène		
M. MASSIP Patrice (C.E)	Maladies Infectieuses		
M. RAYNAUD Jean-Philippe (C.E)	Psychiatrie Infantile		
M. RITZ Patrick	Nutrition		
M. ROCHE Henri (C.E)	Cancérologie		
M. ROLLAND Yves	Gériatrie		
M. ROSTAING Lionel (C.E).	Néphrologie		
M. ROUGE Daniel (C.E)	Médecine Légale		
M. ROUSSEAU Hervé (C.E)	Radiologie		
M. SALVAYRE Robert (C.E)	Biochimie		
M. SCHMITT Laurent (C.E)	Psychiatrie		
M. SENARD Jean-Michel	Pharmacologie		
M. SERRANO Elie (C.E)	Oto-rhino-laryngologie		
M. SOULAT Jean-Marc	Médecine du Travail		
M. SOULIE Michel (C.E)	Urologie		
M. SUC Bertrand	Chirurgie Digestive		
Mme TAUBER Marie-Thérèse (C.E)	Pédiatrie		
M. VAYSSIERE Christophe	Gynécologie Obstétrique		
M. VELLAS Bruno (C.E)	Gériatrie		

Professeur Associé de Médecine Générale

Pr VIDAL Marc

Pr STILLMUNKES André

Professeur Associé en O.R.L

Pr WOISARD Virginie

M.C.U. - P.H.		M.C.U. - P.H.	
M. APOIL Pol Andre	Immunologie	Mme ABRAVANEL Florence	Bactériologie Virologie Hygiène
Mme ARNAUD Catherine	Epidémiologie	M. BES Jean-Claude	Histologie - Embryologie
M. BIETH Eric	Génétique	M. CAMBUS Jean-Pierre	Hématologie
Mme BONGARD Vanina	Epidémiologie	Mme CANTERO Anne-Valérie	Biochimie
Mme CASPAR BAUGUIL Sylvie	Nutrition	Mme CARFAGNA Luana	Pédiatrie
Mme CASSAING Sophie	Parasitologie	Mme CASSOL Emmanuelle	Biophysique
Mme CONCINA Dominique	Anesthésie-Réanimation	Mme CAUSSE Elisabeth	Biochimie
M. CONGY Nicolas	Immunologie	M. CHAPUT Benoit	Chirurgie plastique et des brûlés
Mme COURBON Christine	Pharmacologie	M. CHASSAING Nicolas	Génétique
Mme DAMASE Christine	Pharmacologie	Mme CLAVE Danielle	Bactériologie Virologie
Mme de GLISEZENSKY Isabelle	Physiologie	M. CLAVEL Cyril	Biologie Cellulaire
Mme DE MAS Véronique	Hématologie	Mme COLLIN Laetitia	Cytologie
Mme DELMAS Catherine	Bactériologie Virologie Hygiène	M. CORRE Jill	Hématologie
M. DUBOIS Damien	Bactériologie Virologie Hygiène	M. DEDOUIT Fabrice	Médecine Légale
Mme DUGUET Anne-Marie	Médecine Légale	M. DELPLA Pierre-André	Médecine Légale
M. DUPUI Philippe	Physiologie	M. DESPAS Fabien	Pharmacologie
M. FAGUER Stanislas	Néphrologie	M. EDOUARD Thomas	Pédiatrie
Mme FILLAUX Judith	Parasitologie	Mme ESQUIROL Yolande	Médecine du travail
M. GANTET Pierre	Biophysique	Mme EVRARD Solène	Histologie, embryologie et cytologie
Mme GENNERO Isabelle	Biochimie	Mme GALINIER Anne	Nutrition
Mme GENOUX Annelise	Biochimie et biologie moléculaire	Mme GARDETTE Virginie	Epidémiologie
M. HAMDJ Safouane	Biochimie	M. GASQ David	Physiologie
Mme HITZEL Anne	Biophysique	Mme GRARE Marion	Bactériologie Virologie Hygiène
M. IRIART Xavier	Parasitologie et mycologie	Mme GUILBEAU-FRUGIER Céline	Anatomie Pathologique
M. JALBERT Florian	Stomatologie et Maxillo-Faciale	Mme GUYONNET Sophie	Nutrition
Mme JONCA Nathalie	Biologie cellulaire	M. HERIN Fabrice	Médecine et santé au travail
M. KIRZIN Sylvain	Chirurgie générale	Mme INGUENEAU Cécile	Biochimie
Mme LAPEYRE-MESTRE Maryse	Pharmacologie	M. LAHARRAGUE Patrick	Hématologie
M. LAURENT Camille	Anatomie Pathologique	M. LAIREZ Olivier	Biophysique et médecine nucléaire
Mme LE TINNIER Anne	Médecine du Travail	Mme LAPRIE Anne	Cancérologie
M. LHERMUSIER Thibault	Cardiologie	M. LEANDRI Roger	Biologie du dével. et de la reproduction
M. LOPEZ Raphael	Anatomie	Mme LEOBON Céline	Cytologie et histologie
Mme MONTASTIER Emilie	Nutrition	M. LEPAGE Benoit	Bio-statistique
M. MONTOYA Richard	Physiologie	Mme MAUPAS Françoise	Biochimie
Mme MOREAU Marion	Physiologie	M. MIEUSSET Roger	Biologie du dével. et de la reproduction
Mme NOGUEIRA M.L.	Biologie Cellulaire	Mme NASR Nathalie	Neurologie
M. PILLARD Fabien	Physiologie	Mme PERIQUET Brigitte	Nutrition
Mme PRERE Marie-Françoise	Bactériologie Virologie	Mme PRADDAUDE Françoise	Physiologie
Mme PUISSANT Bénédicte	Immunologie	M. RIMAILHO Jacques	Anatomie et Chirurgie Générale
Mme RAGAB Janie	Biochimie	M. RONGIERES Michel	Anatomie - Chirurgie orthopédique
Mme RAYMOND Stéphanie	Bactériologie Virologie Hygiène	Mme SOMMET Agnès	Pharmacologie
Mme SABOURDY Frédérique	Biochimie	M. TKACZUK Jean	Immunologie
Mme SAUNE Karine	Bactériologie Virologie	Mme VALLET Marion	Physiologie
M. SILVA SIFONTES Stein	Réanimation	Mme VEZZOSI Delphine	Endocrinologie
M. SOLER Vincent	Ophtalmologie		
M. TAFANI Jean-André	Biophysique		
M. TREINER Emmanuel	Immunologie		
Mme TREMOLLIERES Florence	Biologie du développement	M. BISMUTH Serge	M.C.U. Médecine Générale
M. TRICOIRE Jean-Louis	Anatomie et Chirurgie Orthopédique	Mme ROUGE-BUGAT Marie-Eve	Médecine Générale
M. VINCENT Christian	Biologie Cellulaire	Mme ESCOURROU Brigitte	Médecine Générale

Maitres de Conférences Associés de Médecine Générale

Dr BRILLAC Thierry
Dr ABITTEBOUL Yves
Dr CHICOUJAA Bruno
Dr IRI-DELAHAYE Motoko

Dr BISMUTH Michel
Dr BOYER Pierre
Dr ANE Serge

REMERCIEMENTS

A Papa,

A mon jury de thèse

A Monsieur le Professeur Philippe Arlet
Professeur des Universités
Praticien Hospitalier
Service de médecine interne

Vous me faites l'honneur de présider et de juger ce travail de thèse. Je vous exprime ma gratitude et mon profond respect pour l'expertise que vous y apporterez. Soyez remercié pour votre enseignement et votre encadrement apportés à ce travail.

A Monsieur le Professeur Philippe Otal
Professeur des Universités
Praticien hospitalier
Service de Radiologie

Je suis très honorée que vous ayez accepté de siéger à ce jury.
Soyez assuré de mon profond respect.

A Monsieur le Professeur Marc Vidal
Professeur associé de Médecine générale
Responsable universitaire chargé de la pédagogie au sein du DUMG de Toulouse
Médecin généraliste

Merci de me faire l'honneur d'avoir accepté d'être juge de ce travail.
Soyez assuré de mon profond respect.

A Madame Jaffro Marion
Chef de clinique de Radiologie
Service de radiologie

Je te remercie sincèrement de m'avoir fait l'honneur de diriger cette thèse.
Merci d'avoir supporté l'excès de stress hormonal de ces derniers mois.
Telle une « experte », tu as su me guider et canaliser mon écriture... Ces heures de travail passées ensemble n'ont fait que confirmer tes qualités professionnelles et personnelles.

A Monsieur Voglimacci Eric
Ancien maître de stage de médecine générale
Médecin généraliste

Merci d'avoir accepté d'être membre du jury de cette thèse mais également de m'avoir accompagnée dans mes début de jeune médecin. Tu as su m'écouter et répondre à mes doutes professionnels. Merci de ton accueil, des déjeuners improvisés et de la confiance que tu m'as accordée.

A papa, qui attendait ce moment avec impatience. Ton courage des derniers mois et tout l'amour que tu m'as apporté méritent largement que tu sois remercié le premier. Je n'oublie rien de ce que tu m'as appris. Désormais ton absence marquera à jamais ma vie.

A Mehdi, ou comme tu as su si bien l'écrire dans mon répertoire : l'homme de ma vie. Indescriptible évidence depuis que l'on s'est rencontré. Merci de ton expérience précieuse et de ta rigueur dans ce travail. Tu fais l'objet de tout mon amour.

A Mamoun, femme forte et maman idéale, courageuse et passionnée, mon modèle professionnel. Merci de m'avoir donné l'envie d'exercer ce métier et d'être toujours présente.

A ma sœur, éternelle binôme, merci de ton soutien et de m'avoir laissée tant de fois dormir avec toi.

A Lucien, petit bout d'homme dont les multiples bisous, sourires et câlins imprévisibles m'ont largement soutenus.

Au futur de la famille pour me combler d'hormones et avoir été l'élément déclencheur de ce travail.

A Minette, à toi mon troisième pilier féminin, merci de tout ces coups de fils à l'accent Thiérachien qui m'ont ramené dans l'enfance. Merci Mamy d'être encore là chaque jour.

A toi papy qui n'est plus là mais le son de tes fredonnements ne me quitte jamais.

A Remi et Delphine, pour votre incontestable soutien, vos valeurs familiales, pour tout ce qu'on a vécu ensemble et les nombreuses bouteilles de champagne ouvertes lors de chaque retrouvaille.

Je suis profondément touchée et comblée par ta présence Rémi aujourd'hui.

A Emeline, dont je compte bien à l'avenir assister à sa thèse à mon tour.

A ma belle famille, Khalil et Colette aussi bons grands parents que beaux parents.

Merci **Colette** de votre bonne humeur et de vos conseils réconfortants.

Merci **Khalil** pour les mets méditerranéens qui ont su apporter la touche sucrée à mes réconforts

A Inès et Yassine, (et les deux nouveaux) pour leur fraîcheur intacte !

A toute la famille Miot pour votre inébranlable bonne humeur, nos dîners-retrouvailles et pour être mon attache familiale ici.

A Gilles et Dany, pour votre présence. Je suis touchée. Les années passent mais n'effacent en rien les liens que l'on a tissés. « Merci marraine »

A « tata» Sylvie et Patrick, pour le soutien Orléanais que vous m'avez apporté.

A toute ma famille, à qui je pense aujourd'hui.

A Ninouchka, mon acolyte de tous les instants. Merci d'être ma confidente et mon repère non médical. J'aurai pu t'écrire 10 pages « de fax » pour te remercier aujourd'hui.MA&MA.

A Cilou, my éternel angel, merci d'être présente à mes côtés malgré la distance.

A mes collocs , devenue bien plus que des collocs aujourd'hui,
Chachou, pin up de la datte aux bleus, tu sais me faire déculpabiliser de mes problèmes de timing,
Elo, pulpeuse dirty dancing, ne changes surtout ...rien !
Marianne, à ton instabilité passionnée et ton perfectionnisme.

A mon Cambon, parce que la boxe ne fait pas de toi que mon meilleur bouclier... Merci d'avoir été aussi présente ces dernières années. Les jus de tomates avec toi ont le fabuleux goût d'un millésimé dont on aurait tort de se priver.

A Jul'y, merci de ton amitié aussi forte. Pas de doute.
A freddy pour lui apporter le bonheur .

Aux chatons, Caro, Ju , Ophel, Alex , Daph et Aurore, merci pour les instants cocons que nous accordent nos retrouvailles, pour tous les souvenirs créés ensemble au long de nos études et pour le gout indélébile du punch poubelle. Merci à leurs maris : Mathieu, Mathieu, Vincent, Thomas, Bertouille et Christophe et leurs progénitures: Jules, Ariste, Leandre et les trois futurs, de préserver notre amitié.

A Vanessss, sans qui l'internat n'aurait pas eu le même goût.

A Tiffany, pour nos bubble tea time , nos mummy's time,nos gym's time nos « kooples'time » ..brefs tout ces times qui nous ont fait bien marrer. Merci pour ton anglais parfait.

A Mathilde « bis », merci d'être revenue !

A Laurie et Fab, « strasbourgeoisclermontobordelaitoulousains » , font de vous un couple cosmopolite, insolite et essentiel à notre équilibre.

Aux rémois incontournables : Doss et Lorraine, Lucile, Sam , Helene, laure.

A Raoul, « parce que je t'aimerais toujours même avec les cheveux rouges »

A Thomas, merci de ce que tu m'as apporté durant notre semestre : ton calme et ton expérience furent un réel bénéfice.

A Ana et Samira, petits bijoux de la diabète qui m'ont fait vivre un CHU incontournable.

Aux familles Collinson , Le Gaillard , Létang , Brauge, Menut, Percheron , Smilevtich, Abbo, Rouxel, Dubedout, Pozzo, Ancelin, GrandSire, pauline&tonio, Zozo/Jaffro.

A Jeff, Benjamin, et **Tatiana** : les couz, les frangins , les potos.. peu importe, c'est toujours aussi bon.

Aux cadurciens , et surtout à Zaz, Ludo , François, Vincent , Domi, Valou, Christophe.

Merci à ZAZ de m'avoir fait vivre un cahors comme le tiens. Merci pour le Mum et l'accueil à la terrasse.

Aux anciens qui perdurent : Arnaud, Grégoire, Adrien , Boris.

Aux power girls toulousaines, Carole, Minnie, Marion, Paulette, Pauline, Juliette.

A ces douces rencontres Clermontoises, Lucie et Antoine, Romain et Gwladys, Louis, Doud et Helène ,Poney , Claire , Tonton et Mélanie, Etienne&So et Cantalou .

Aux parisiens Lionel et Angel. On se la fait quand cette chasse aux champignons dans tout ça ?

A Marie, la marseillaise, pour m'avoir permise de me libérer durant mon remplacement pour écrire ce travail.

Aux fabuleux voisins Arnaud et Julia, rencontre tardive qui font pourtant déjà de vous de bons piliers amicaux . En espérant sincèrement que Sam et Lulu en feront de même.

Aux « nanas du labo », pour le sourire et papotages du matin.

A Anne et Ali, pour nous avoir apporté la sérénité dans la garde de Lucien. Pour nos débriefings matinaux et les conseils éducatifs.

Aux co-internes et colloc de chambres : Lucie, Benoit, Jerem, Guilhem, Rochette, Benjamin, Claire, Pauline, Ambre, Sophie.

Aux praticiens que j'ai remplacés et plus particulièrement Eric, Alain et André. Et à leurs secrétaires : Marine et Jocelyne, qui sans elles, je ne serais pas revenus remplacer de nouveaux ;)

Aux praticiens et maîtres de stage : Aldo, François Domergue , Thierry Lecine, Chantal , Anne Sophie Fageolles, Domi et Dominique, Jeff et Anne So, Dr Lassoued, Mounir et Thierry,

Aux équipes infirmières et aux équipes paramédicales

A mes collègues de DIU de sexologie : Fabienne , Virginie, Geraldine , fanny x2 , Jean Michel ,Nadia, Karine, Elie, Nadjat, Helene, Valérie, Djaouad...

Table des matières

1.Introduction.....	14
2. Historique	15
2.1. De la radiologie	15
2.2. De la radioprotection	16
2.2.1. Principe ALARA	18
2.2.2. Principe de justification	19
2.2.3. Principe d'optimisation	19
2.2.4. Principe de limitation d'exposition individuelle	20
3. Etats des lieux actuels	20
3.1. Normes de radioprotection et suivi dosimétrique.....	21
3.1.1. Pour les travailleurs et le public.....	21
3.1.2. Pour les patients	23
3.1.3. La société française de radiologie dans le domaine de la radioprotection	25
3.2. Bilan des expositions en imagerie médicale.....	25
3.3. Etats des lieux des effets biologiques de l'exposition médicale à visée diagnostique.....	28
3.3.1. Les effets biologiques stochastiques	29
3.3.2. Les effets biologiques déterministes	29
3.3.3. Les cancers radio induits	30
3.3.3.a. Etude épidémiologique : Princeps	30
3.3.3.b. L'extrapolation	31
3.3.3.c. Cancers du sein radio induits	31
3.3.3.d. Cancers de l'enfant radio induits	32
3.3.3.e. Principe de précaution.....	33

4. La dosimétrie patient	33
4.1. Les intérêts pour le médecin généraliste	33
4.2. La faisabilité d'un suivi dosimétrique patient pour le médecin généraliste	39
4.2.1. Le calcul de la dose efficace individuelle	39
4.2.2. Le choix du support.....	42
4.2.3.a. Support intégré au logiciel informatique.....	42
4.2.3.b. Support manuel.....	42
4.3. L'outil manuel.....	42
5. Conclusion	43
 Bibliographie.....	 45
 Annexe 1	 49
Annexe 2	50
Annexe 3	51
Annexe 4	52
Annexe 5	52
Annexe 6	53
Abstract.....	54

Liste des abréviations

ALARA : As Low As Reasonably Achievable

ASN : Agence de Sûreté Nucléaire

CGR : Compagnie Générale de Radiologie Texte

CIPR : Commission Internationale de Protection Radiologique

CPS : Code de Santé Publique

DGSNR : Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection

EGB : Est appelé EGB : l'échantillon national représentatif au 1/97^{ième} des bénéficiaires de protégés de l'Assurance maladie (régimes général hors SLM, agricole et des indépendants – soit au total environ 85 % des bénéficiaires), c'est un échantillon permanent de bénéficiaires, reliant leurs caractéristiques administratives et socio démographiques à leur « consommation » de soins au cours du temps.

EPI-CT : étude épidémiologique visant à quantifier les risques pour la tomodensitométrie pédiatrique et d'optimiser la dose

Expri : Exposition de la population française aux rayonnements ionisants

Gdo : grandeur dosimétrique

Gy : Gray ; unité de dose absorbée. On dit qu'un tissu a reçu une dose de 1 gray (Gy) quand l'énergie transférée par les rayonnements au tissu est de 1 joule/kg.

INVS : Institut National de Veille Sanitaire

IRSN : Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire

mSv : millisievert

NCPR : National Council of Radiation Protection

NDR : niveaux de référence diagnostiques

PASEPRI : plan de surveillance des expositions des patients aux rayonnements ionisants d'origine médicale

PDL : produit de la dose par la longueur

PDS : produit de la dose par la surface

PSRPM : Personne spécialisée en radiophysique médicale

SISERI : Système d'Information de la Surveillance de l'Exposition aux Rayonnements Ionisants

Sv : sievert ; unité de dose équivalente et de dose efficace. Elle est égale à la dose en Gray multiplié par un facteur de pondération

Tep scan : tomographie à positons associée à un examen de scanner

UNSCEAR : Comité Scientifique des Nations Unies sur les Effets des Radiations Atomiques

1. Introduction

La médecine actuelle fait appel à diverses sources de rayonnements ionisants. Si leurs intérêts et leur utilité ont été établis sur le plan médical, ces techniques contribuent de façon significative à l'exposition de la population aux rayonnements ionisants.

L'irradiation médicale, dont plus de 90 % est dû à la radiologie, représente, avec 1,5 mSv/an, près du tiers de l'exposition annuelle moyenne d'un individu.¹ ²Ce qui en fait la première source d'exposition d'origine artificielle et la deuxième source d'exposition pour la population.

L'augmentation significative des doses de rayonnements ionisants de ces dernières années lors d'examens d'imagerie médicales et les données récentes dans le domaine de la radiobiologie^{3 4 5 6 7}, soulignent tous la nécessité d'une maîtrise des expositions d'origine médicale. Pourtant, la littérature montre toutefois qu'il existe, chez les prescripteurs en France⁸, comme en Europe⁹, une nette sous-estimation des doses délivrées et des risques liés aux faibles doses de rayons X. L'état des connaissances actuelles sur les dangers et les risques liés aux rayonnements ionisants^{10 11} ont conduit à encadrer l'exposition de la population.

L'estimation des doses délivrées lors des examens radiologiques est une obligation depuis la directive européenne 97/43 ¹² relayée en France par le décret du 24 mars 2003¹³. En application de l'article R1333-66 du code de la santé publique, le radiologue est dans l'obligation d'indiquer sur le compte rendu d'information, au vu duquel il a estimé l'acte justifié, les procédures et les opérations réalisées ainsi que les informations utiles à l'estimation de la dose reçue par le patient. L'arrêté de septembre 2006¹⁴ précise la nature de ces informations.

Comment sont ensuite interprétées et utilisées ces données en Médecine générale? En quoi le médecin généraliste a un rôle en terme de radioprotection aujourd'hui ?

L'objectif de ce travail est de justifier les intérêts d'un suivi dosimétrique patient pour le médecin généraliste, et d'établir un carnet dosimétrique permettant de suivre la dose individuelle reçue par patient après chaque examen diagnostique irradiant. Pour cela nous avons établi au préalable un état des lieux des connaissances actuelles de la consommation de l'imagerie médicale diagnostique et de ses effets à longs terme.

La création d'outil simple de suivi dosimétrique a pour but de sensibiliser les médecins généralistes, pilier du système de soins primaires, aux doses d'irradiation reçues et de s'investir réellement dans la radioprotection de leurs patients.

2. Historique

2.1 De la radiologie ¹⁵

Essentielle dans l'histoire de l'instrumentation médicale, la découverte des rayons X repousse les frontières du visible et transforme le rapport de l'homme à son corps.

En 1838, le chimiste et physicien britannique Faraday s'intéresse aux décharges électriques dans les gaz raréfiés. De là naît l'appellation « matière radiante ».

Hittorf, élève physicien allemand découvre les premiers rayons cathodiques.

Par la suite, le chimiste et physicien Crookes perfectionnera encore le dispositif en créant les tubes qui portent son nom. 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.

La radioactivité naturelle a, quant à elle, été découverte par Becquerel en 1896, dans les mois qui ont suivi. Fin 1895, Röntgen¹⁶ parvient à attribuer les caractéristiques suivantes aux rayons X :

- Ils sont faiblement absorbés par la matière. Mais 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 et déchargent les corps chargés électriquement.

Dans sa première communication faite à la Société Physico-Médicale de Würzburg (1895) Röntgen décrit alors la première image radiographique et réalise le premier cliché radiographique le 22 décembre 1895 en intercalant la main de son épouse entre le tube de Crookes et une plaque photographique. Le dentiste allemand Walkhoff présente la première radiographie dentaire rapidement après la communication de Röntgen.

Quelques années plus tard, la radiologie devient une pratique médicale courante.

Il ne faut pas longtemps pour que la radioscopie et la radiographie deviennent des attractions de foire.

L'usage des rayons X pour réaliser des images médicales se répand dans le monde entier dès 1896. Les premières tentatives de radiothérapie naissent la même année.

En 1897, la France se dote du premier laboratoire de radiologie à l'hôpital Tenon. Une radioscopie du thorax des patients permet le dépistage systématique de la tuberculose.

Dans les années 1920, la société Gaiffe-Gallot & Pilon, établissements les plus en vue dans la construction d'appareils scientifiques, devint ensuite la Compagnie Générale de Radiologie (CGR). Le tube à rayons X Gaiffe-Gallot Pilon présente un système avec diaphragme en plomb permettant de concentrer le faisceau de rayons X sur la zone d'intérêt et ainsi d'améliorer le contraste de l'image en réduisant le rayonnement diffusé.

Entre 1914-1960, la radiologie conventionnelle se perfectionne grâce à la radiologie mobile.. Des automobiles furent même équipées en matériel radiologique puis ensuite monté sous tente. Marie Curie, qui souhaitait mettre ses travaux scientifiques au service des blessés, équipa dix huit voitures, surnommées « petites Curie ». Elle forma également une centaine de manipulatrices en radiologie.

2.2 De la radioprotection ^{17 18}

C'est très rapidement que certains effets négatifs d'une manipulation sans précautions particulières des rayons X ou de la radioactivité naturelle ont été mis en évidence. Les premiers manipulateurs opèrent sans protection, ils sont donc constamment soumis aux rayons X, leurs mains en particulier qui maintiennent l'écran ou la plaque photographique.

De 1902 à 1907, 170 cas de lésions diverses imputables aux radiations sont répertoriés. Dans les semaines qui ont suivi ces découvertes, on trouve déjà mention dans la littérature d'effets certains au niveau de la peau (érythèmes et brûlures) et des yeux (cataractes).

1905 est une date marquante, avec le décès de l'assistant de Thomas Edison ; c'est le premier à être directement attribué à l'utilisation des rayonnements.

À plus long terme un nombre croissant de praticiens déclenche des cancers. En une quinzaine d'année les amputations des doigts et de la main et les décès parmi les praticiens se sont généralisées. Au cours des années qui ont suivi, on peut relever de nombreuses publications faisant référence aux pathologies induites par les rayonnements chez les radiologues.

C'est en 1911 que, pour la première fois, la littérature scientifique mentionne une association possible entre les rayonnements et la leucémie.

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.

Dés 1915, les radiologues proposent des recommandations portant sur l'utilisation des rayons X et du radium, pour assurer la radioprotection du personnel médical. Cette mobilisation a abouti à la création en 1928 à la Commission Internationale de Protection contre les Rayons X et le Radium qui deviendra plus tard la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR). La protection radiologique a donc bel et bien été organisée directement à l'initiative des professionnels puis s'est rapidement située au niveau international.

Dés que les appareils permettent une manipulation à distance, le praticien est abrité derrière une vitre plombée pour minimiser son exposition aux rayons. Peu à peu des mesures de radioprotection sont adoptées : gants de peau, glycérine... On utilisa les tabliers en plomb et des paravents de plomb vers 1930.

L'accumulation des observations en matière d'effets des rayonnements ainsi que les progrès réalisés dans le domaine de leur mesure permettent d'établir les premières relations quantifiées entre niveaux d'exposition et effets pathologiques. Progressivement émerge également l'idée d'un seuil de dose tolérable pour l'individu, c'est-à-dire d'un seuil en dessous duquel il n'est pas possible de repérer des effets indésirables. Il ne s'agit alors que d'effets dits « déterministes », ceux qu'on observe systématiquement pour les niveaux d'exposition considérés. Fondée sur les travaux de Mùcheller et de Sievert, la notion de « dose de tolérance » est introduite officiellement par la CIPR en 1934 lors du Congrès International de Radiologie.

L'accès aux salles de radiologie devient réglementé et réservé aux radiologues et des dosimètres furent placés auprès des tables pour mesurer le taux de radioactivité.

La décennie 1940 a été profondément marquée par les deux bombardements d'Hiroshima et de Nagasaki qui ont largement contribué au questionnement des effets indirects et à long terme des rayonnements sur la santé des personnes et de leur descendance. Il émerge l'idée qu'il ne suffit pas de respecter certaines valeurs-seuils de doses pour assurer une protection efficace, et ce sans jamais dépasser la dose des effets nocifs ; par prudence, il est jugé préférable de maintenir les expositions aussi basses que possible.

« La dose tolérance » est abandonnée au profit de « la dose maximale permissive » introduit par le National Council of Radiation Protection (NCRP), comité national chargé aux États-Unis de la protection radiologique.

En 1955, les Etats Unis créèrent le Comité Scientifique des Nations Unies sur les Effets des Radiations Atomiques (UNSCEAR). Ce comité reçut pour mission de suivre au niveau mondial l'évolution de l'exposition de la population aux diverses sources de

rayonnement et de réaliser régulièrement la synthèse des connaissances disponibles en matière d'effets des rayonnements sur la santé. Les synthèses de ces données scientifiques internationales, établies périodiquement, sont utilisées par le CIPR pour l'élaboration de ses recommandations. Les années 50 apportent sur le plan scientifique des interrogations sur le risque d'effets cancérigènes et génétiques à long terme sur les populations exposées qu'on qualifie de stochastiques. Compte tenu de l'impossibilité de démontrer l'existence de tels effets, faute de recul épidémiologique suffisant, la communauté internationale de radioprotectionniste choisira d'adopter « une attitude de prudence ». Elle décide d'introduire une limite de dose pour le public, afin de protéger ce dernier contre les expositions résultant des activités industrielles associées à celles du développement de l'énergie nucléaire, qui commence alors à prendre son essor. La valeur limite adoptée pour le public est 10 fois plus faible que celle recommandée pour les travailleurs.¹⁹

C'est ainsi que, les grands principes de la radioprotection se sont mis en place et on a assisté à « la construction du risque radiologique » et à l'émergence de la relation « dose effet »²⁰. Plus tard, l'épidémiologie aura un rôle déterminant pour donner une expression quantifiée du risque associée aux rayonnements.²¹

Actuellement en France, la radioprotection est définie par la loi comme « *la protection contre les rayonnements ionisants* », c'est-à-dire 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 ».

Pour le CSP, c'est « l'ensemble des mesures destinées à assurer la protection sanitaire de la population et des travailleurs au regard de l'exposition aux rayonnements ionisants. Elle satisfait les trois principes fondamentaux que sont la justification, la limitation et l'optimisation » émanant du principe ALARA.

2.2.a Principe ALARA

Fin des années 60, le principe ALARA, acronyme de l'anglais *As Low As Reasonably Achievable* pousse l'objectif à réduire le risque au niveau le plus bas possible tout en s'interrogeant sur le bien fondé des activités qui engendrent ce risque. Il reste l'instrument prioritaire de la radioprotection.

La CIPR abandonne plus tard la formule initiale pour une formule plus nuancée « *aussi bas que raisonnablement possible compte tenu des facteurs économiques et sociaux* » avec une double reconnaissance : celle du caractère raisonnable de la démarche et de la prise

en compte des facteurs économiques et sociaux qui structurent la prise de risque. Cette formulation ne sera plus changée, étant répétée publication après publication jusqu'à nos jours.²²

Et c'est seulement lorsque cet objectif est atteint que le risque peut être considéré comme acceptable. Il serait d'ailleurs plus juste de parler de « risque accepté », dès lors que les différents acteurs concernés s'engagent de façon volontaire et responsable dans cette démarche.

2.2.b Principe de Justification

C'est le principe de justification des activités selon lequel une prise de risque est justifiée que si il y a un bénéfice attendu. Des risques sans contrepartie, même s'ils sont faibles, ne sont pas justifiables.

La justification des actes est le premier principe de la radioprotection : c'est l'opération établissant le bénéfice net d'un examen par rapport au préjudice potentiel lié à l'exposition aux rayonnements ionisants. C'est d'ailleurs pour évaluer l'importance de l'impact sanitaire d'une exposition aux rayonnements ionisants et gérer les effets provenant de plusieurs types d'exposition, que la radioprotection utilise la notion de dose efficace ; c'est une grandeur calculée, exprimée en millisieverts (mSv), qui prend en compte non seulement la quantité d'énergie absorbée par le corps, mesurée en grays (Gy : énergie cédée par unité de masse), mais aussi la nature des rayonnements émis et la sensibilité biologique aux rayonnements des tissus et organes exposés.

2.2.c. Principe d'Optimisation

Les années, qui ont suivies l'introduction du principe ALARA, font partie d'une époque fortement marquée par la vague de la Rationalisation des choix budgétaires et de l'application de l'analyse coûts-bénéfices aux décisions publiques.

A la suite de ces divers développements relevant du calcul économique, la CIPR utilise indifféremment les expressions « principe ALARA » et « principe d'optimisation de la radioprotection » qu'elle considère comme équivalentes. Ce principe d'optimisation n'apparaîtra en France et en Europe que dans les années 80 et deviendra le deuxième principe de la radioprotection.

Aujourd'hui, quand un examen qui utilise les rayonnements ionisants est justifié, il doit être optimisé: c'est l'opération permettant d'obtenir l'information diagnostique recherchée au moyen de la dose d'exposition la plus faible possible. Pour aider les

praticiens à effectuer cette “analyse préalable”, le CSP prévoit que “le ministre chargé de la santé établit et diffuse un guide de prescription des actes et examens courants exposant à des rayonnements ionisants”.

2.2.d. Principe de limitation d'exposition individuelle à ces rayonnements

La réglementation nationale de la santé publique et du travail fixe, pour le public et les travailleurs, des limites de doses individuelles annuelles cumulées admissibles. Elles excluent tout effet pathogène et maintiennent les effets cancérogènes à un niveau tolérable.

Pour le personnel, elle s'appuie sur un suivi dosimétrique.

Lorsque l'exposition est à finalité médicale, le principe de limitation des doses ne s'applique pas en ce sens pour les patients: le nombre cumulé d'examen d'imagerie doit être limité si il n'y a pas d'impacts thérapeutiques attendus.

Au total, la radioprotection est née dans un but d'amélioration des conditions des travailleurs.

Actuellement les principes fondamentaux de la radioprotection apportent une réponse pragmatique à la question de précaution concernant les travailleurs mais ne répondent pas à la question du risque aux faibles doses d'exposition pour les patients, là où l'incertitude domine.

3. Etats des lieux actuels

La radioprotection relève de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) et de l'appui technique de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). Les établissements détenant une source de rayonnements ionisants sont astreints à l'application du code de la santé publique et du code du travail.

Le code de la santé publique fixe les limites de doses admissibles pour le public. Le code du travail organise la radioprotection dans l'entreprise.

L'Union européenne, au travers d'Euratom, reprend les avis de l'UNSCEAR et les recommandations de la CIPR dans ses propres normes ou directives.

Dorénavant, il faut satisfaire aux exigences d'optimisation, de justification et d'information énoncées dans la Directive Européenne 97-43²³ datant de 1997 relative à la protection radiologique des patients. Ces exigences ont été reprises dans le décret du 24 mars 2003 relatif à la protection des personnes exposées à des rayonnements

ionisants à des fins médicales et médico-légales et modifiant le code de la santé publique (Annexe1). Dans ce texte, il est fait obligation de donner les informations nécessaires aux calculs des doses reçues par les patients et obligation pour les radiologues de disposer "sur tout nouvel équipement de radiodiagnostic d'un dispositif d'information de la quantité de radiation produite". L'arrêté paru en septembre 2006 précise les modalités de ces informations dosimétriques devant figurer dans le compte rendu d'acte utilisant les rayonnements ionisants. La dose doit figurer dans le compte-rendu lorsque la région explorée est la tête, le cou, ou le tronc (thorax, sein, abdomen, pelvis/bassin). L'arrêté ne prévoit effectivement pas de relevé de dose pour l'imagerie des membres, ceux-ci contenant relativement peu d'organes radiosensibles. Attention toutefois en scanner : si nous explorons une épaule, le cou et le thorax sont également dans le champ d'irradiation et la dose doit alors être fournie, de même pour un scanner de la hanche, le pelvis étant dans le champ exploré.

3.1 Normes actuelles de radioprotection et suivi dosimétrique

3.1.1 Pour les travailleurs et le public

Tout d'abord, les travailleurs susceptibles d'être exposés doivent bénéficier, en vertu du code du travail, tous les trois ans d'une formation au risque spécifique lié à l'utilisation des rayonnements ionisants.

L'ensemble des données dosimétriques est enregistré dans une base de donnée nationale : Système d'Information de la Surveillance de l'Exposition aux Rayonnements Ionisants (SISERI), dont la gestion a été confiée à l'IRSN.

Les limites françaises légales de radioprotection ^{24 25 26} sont :

- pour les travailleurs :
Dose efficace : 100 mSv sur 5 ans soit 20mSv/an
- pour le public :
Dose efficace : 1 mSv sur 12 mois

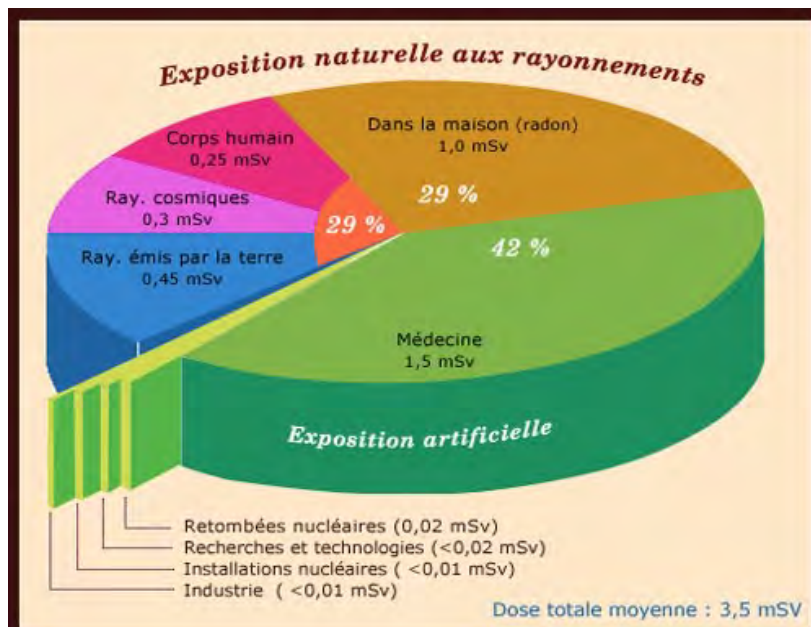
Ces limites prêtent à confusion car la dose efficace admissible de 1 mSv/an pour le public ne concerne pas l'irradiation naturelle ni l'irradiation à des fins médicales et porte donc spécifiquement sur l'irradiation (non-médicale) d'origine artificielle.

Rappelons que la population française ^{26 27} est exposée chaque année à une dose efficace par habitant de 3,5 mSv dont 2,4 mSv de radioactivité naturelle, 1,5 mSv d'origine

médicale et 0,06 mSv de radioactivité liée aux autres activités humaines (dont le nucléaire).

La limite de 1 mSv/an peut sembler excessive, comparée aux 0,06 mSv dus aux activités humaines et plus encore aux 0,002 mSv de l'impact d'une centrale nucléaire.

Une dose de 1 mSv est considérée en radioprotection comme une dose faible. D'autre part, les expositions à la radioactivité naturelle et médicale varient considérablement d'une personne à l'autre. Ces variations, notamment du fait de diagnostics et de traitements médicaux, dépassent allègrement la limite imposée pour la troisième cause d'exposition ... Si l'on appliquait la limite de 1 mSv à ces deux causes d'expositions, on ne pourrait pas subir un scanner, il faudrait renoncer à l'avion, abandonner l'alpinisme, ne pas habiter la Bretagne ou la Corse.



58% soit
2,4 mSv
d'irradiation
naturelle

42% soit
1,1mSv
d'irradiation
artificielle

<1% soit
0,06mSv pour les
autres causes

Source

IRSN

2010

3.1.2 Pour les patients

La limitation de dose n'existe pas dans la réglementation de radioprotection médicale. Elle est remplacée par la notion de Niveaux de Référence diagnostiques (NRD) qui sont réglementairement applicable depuis l'arrêté de février 2004 ²⁸. Ce ne sont pas des « limites » de doses, mais des doses recommandées pour les examens les plus courants et pour des patients types (soit 70 +/- 10 kg pour les adultes) à partir de références internationales. Ils sont définis comme « le 75° percentile de la distribution des doses enregistrées pour un examen donné dans un échantillon de patients de taille standard ».

C'est le seul outil qui permet une optimisation de la dose délivrée aux patients, en vérifiant la cohérence des doses délivrées avec ceux des NRD. Les NRD sont mis à jour régulièrement grâce à la réalisation de mesures périodiques dans chaque service de radiologie centralisé secondairement à l'IRSN.

L'optimisation des actes fait aussi appel à des compétences particulières dans le domaine de la physique médicale. Le recours à une Personne Spécialisée en Radiophysique Médicale (PSRPM), dont la présence était déjà obligatoire en radiothérapie et en médecine nucléaire, a été étendu à la radiologie. Le radiophysicien doit s'assurer que les équipements, les données et procédés de calcul utilisés pour déterminer et délivrer les doses et activités administrées au patient dans toute procédure d'exposition aux rayonnements ionisants sont appropriés. Il procède également à l'estimation de la dose reçue par le patient au cours des procédures diagnostiques et contribue à la mise en œuvre de l'assurance de qualité des dispositifs médicaux.

Le compte rendu doit mentionner la dose délivrée ne pouvant faire appel qu'à des grandeurs mesurables, d'où l'obligation pour les radiologues de disposer "sur tout nouvel équipement de radiodiagnostic d'un dispositif d'information de la quantité de radiation produite".

Par ailleurs, les personnes participant à l'exposition médicale aux rayonnements ionisants de patients doivent bénéficier, en application du code de la santé publique, d'une formation valable 10 ans à la radioprotection du patient.

À partir des recommandations de l'InVS de 2002 (Institut National de Veille Sanitaire)²⁹, l'ASN a établi fin 2003 un plan d'actions destinées à mettre en place et développer une surveillance des expositions des patients aux rayonnements ionisants d'origine médicale (PASEPRI) dont les deux objectifs sont les suivants :

- mieux connaître les doses d'exposition des patients aux rayonnements ionisants et déterminer les niveaux de dose de référence;
- réunir les connaissances nécessaires pour développer ultérieurement des actions de surveillance épidémiologique des effets des rayonnements ionisants.

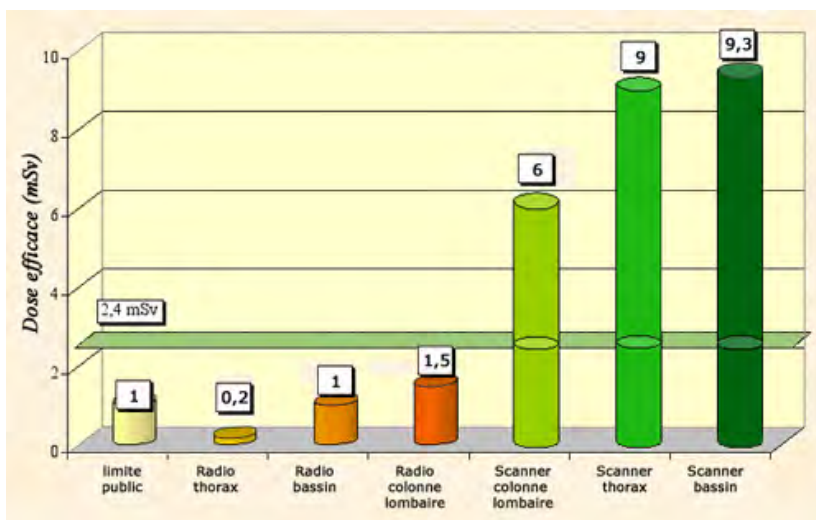
Cela permet de :

- connaître et surveiller la fréquence et la distribution des types d'examen dans les différentes catégories de la population française,

- mettre en place une centralisation des déclarations d'accidents et d'incidents dans le domaine des applications médicales des rayonnements ionisant,
- intégrer dans le dossier informatique du patient les informations dosimétriques produites par les appareils numériques,
- réaliser des enquêtes pour connaître les expositions et établir des niveaux de référence pour les examens.

En radiographie conventionnelle non interventionnelle, la dose efficace délivrée par une exploration est inférieure ou égale au niveau de l'irradiation naturelle annuelle soit 2,4mSv. (Annexe 2 et 3)

En tomodensitométrie, la dose efficace délivrée par une exploration représente, selon les régions anatomiques, de 1 à 10 ans d'irradiation naturelle.



Source :
IN2P3

Doses délivrées lors de divers examens radiologiques, comparées à l'exposition moyenne à la radioactivité naturelle en France et au 1 mSv recommandé pour l'exposition du public en dehors des causes naturelles et médicales.

3.1.3 La société française de radiologie dans le domaine de la radioprotection

C'est pour répondre aux exigences du principe de justification de la radioprotection que la première édition d'un Guide du bon usage des examens d'imagerie médicale,³⁰ est paru. Il est destiné à tous les professionnels de santé habilités à demander ou à réaliser des examens d'imagerie médicale.

Le Guide du bon usage des examens d'imagerie médicale permet de :

- Réduire l'exposition des patients par la suppression des examens d'imagerie non justifiés. Cela constitue le moyen le plus simple et le plus efficace de réduire l'exposition des patients.
- Améliorer les pratiques cliniques par la rationalisation des indications des examens d'imagerie: les recommandations du "Guide" sont formulées à l'intention de tous les médecins généralistes et spécialistes, quel que soit leur mode d'exercice. Toutefois, elles ne couvrent pas le champ des hyperspécialités. De même, elles indiquent des tendances et ne peuvent être érigées en règles intangibles. Certaines pathologies complexes peuvent nécessiter des abords diagnostiques particuliers non envisagés dans le document. Sa mise en doit conduire à une harmonisation des pratiques.
- Réduire l'exposition des patients par l'utilisation préférentielle des techniques non irradiantes (imagerie ultrasonore et imagerie par résonance magnétique).

Les méthodes d'optimisation en radiologie font l'objet d'un guide principal : le Guide des procédures radiologiques³¹ : c'est un rapport comportant les NRD aux examens les plus fréquents et/ ou les plus irradiants, les procédures écrites des examens radiologiques les plus courants (radiologie classique, scanographie, radiologie interventionnelle et radio-pédiatrie), les précautions particulières qu'implique la connaissance d'une grossesse et des recommandations pour réduire les doses d'irradiation.

3.2 . Bilan des expositions en imagerie médicale: consommation des actes radiologiques

Les applications médicales des rayonnements ionisants constituent de très loin la principale source d'exposition aux rayonnements ionisants d'origine humaine. Les actes diagnostiques représentent plus de 97 % de l'exposition artificielle et près de 26 % de l'exposition totale de la population²⁷. Il est donc important d'estimer régulièrement cette exposition médicale et d'analyser son évolution dans le temps. A titre d'exemple, une publication récente sur l'exposition de la population aux rayonnements ionisants aux États-Unis souligne que l'exposition médicale par an et par individu a été multipliée par six depuis les années 80.³²

La surveillance des expositions des patients a été confiée à l'InVS et à l'IRSN. Elle vise à connaître et surveiller la fréquence et la distribution des types d'examen dans les différentes catégories de la population française.

Elle a abouti à la publication de trois rapports EXPRI (Exposition de la population française aux rayonnements ionisants) sur la base des données de l'année 2002³³, 2007

³⁴ et 2012 ² publié respectivement en 2005 , 2010 et 2014. Chacun décrit l'exposition médicale de la population par modalité d'imagerie (radiologie conventionnelle, y compris radiologie dentaire, scanographie, médecine nucléaire et radiologie interventionnelle), par zone anatomique explorée et selon l'âge et le sexe des patients. Selon les recommandations du rapport 154 de la Communauté Européenne (CE) ³⁵, les grandeurs dosimétriques utilisées pour caractériser l'exposition de la population sont la "dose efficace collective" et la "dose efficace moyenne annuelle par individu". Le rapport de 2007 utilise seulement les données du secteur privé tandis que celui de 2012 utilise les données du secteur privé et public. Seules deux enquêtes nationales ont été réalisées pour estimer le secteur public en 2007 alors que le rapport de 2012 a bénéficié des compléments apportés par la Caisse nationale d'assurance maladie de l'Echantillon Généraliste des Bénéficiaires (EGB). Ceci a permis un recueil de données plus homogène associant secteur privé et public, et rendu possible un chaînage complet des actes réalisés en 2012 pour un même patient.

Rappelons que pour chaque type d'acte, la dose efficace collective correspond au produit du nombre d'actes par la dose efficace moyenne par acte. La dose efficace moyenne annuelle par habitant correspond au rapport de la dose efficace collective annuelle totale par l'effectif de la population. Pour la plupart des données dosimétriques, les doses efficaces ont été calculées en utilisant les valeurs des coefficients de conversion définis dans la publication 60 de la CIPR³⁶.

En 2007, les résultats de l'étude portent sur environ 74,6 millions d'actes diagnostiques réalisés pour une population de 63,8 millions d'individus. La radiologie conventionnelle représente 63 % de ces actes, la radiologie dentaire 24,7 %, la scanographie 10,1 %, la médecine nucléaire 1,6 % et 0,6 % la radiologie interventionnelle diagnostique. En 2012² , le nombre d'actes diagnostiques par imagerie médicale aux rayonnements ionisants réalisés en France est passé à environ 81,8 millions soit une augmentation de 6% par rapport à 2007. Celle-ci est essentiellement due à une considérable progression des actes de radiologie dentaire (+50% d'actes sur la période 2002-2012).

La dose efficace moyenne annuelle par habitant a été estimée à 1,3 mSv/an/habitant en 2007 contre 1,6 mSv /an /habitant en 2012 soit +20 % par rapport à 2007. Bien que ne représentant que 10,4% du nombre d'actes, les examens scanner représentent 71,3% de la dose la dose efficace collective (versus 58% de la dose totale en 2007), et la médecine

nucléaire environ 7,8% (10% par rapport en 2007). Il existe en 2012 un recul d'environ 8 % du nombre d'actes de radiologie conventionnelle (17,7% versus 26% en 2007) mais une forte progression des actes de radiologie dentaire.

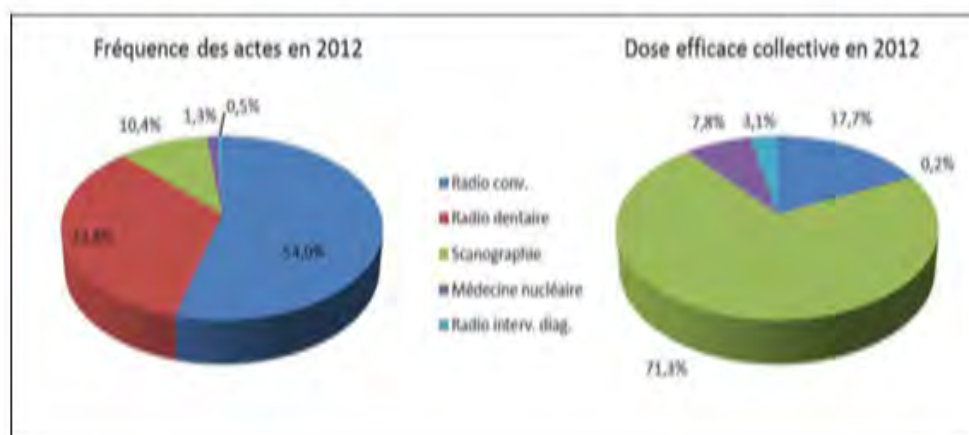
Si l'on ne considère que la population exposée, la dose efficace moyenne par individu s'élève à 2,5 mSv/an. La France se situe ainsi en la matière dans le peloton de tête des pays de l'Union Européenne. Mais elle reste toutefois derrière du pays européen où la population est la plus exposée, la Belgique (2,7 mSv par an et par habitant en 2013)³⁵.

L'augmentation de la dose efficace moyenne annuelle par individu entre 2002 et 2007 (+57%) et entre 2007 et 2012 est essentiellement liée à :

- une meilleure connaissance de la fréquence des examens grâce à la classification CCAM (codage des actes médicaux).
- une forte augmentation du nombre d'examens de scanographie et de médecine nucléaire (respectivement +26 % entre 2002 et 2007, +12% entre 2007 à 2012 pour les scanners) ;
- une part plus importante en scanographie des examens du thorax et abdomino-pelviens, qui contribuent de façon importante à la dose efficace ;

Si l'augmentation de la dose efficace collective est nettement moins importante entre 2007 et 2012 qu'entre 2002 et 2007, cela s'explique principalement par une meilleure connaissance des pratiques et des doses délivrées en scanographie.

Répartition de la fréquence des actes et de la dose efficace collective par type d'exploration diagnostique en 2012. Rapport EXPRI paru en 2014.



Au total en 2012, environ 44% de la population a bénéficié d'au moins un acte.

Ce pourcentage augmente avec l'âge soit 20% chez l'enfant de moins de 5 ans, et environ 60% à 70 ans. L'exposition des moins de 5 ans est principalement due à la radiologie conventionnelle, avec 1 600 actes pour 1 000 enfants exposés. A l'adolescence, la radiologie conventionnelle (radio des extrémités) et la radiologie dentaire constituent la quasi-totalité de l'exposition alors que les personnes âgées (les courbes d'exposition en fonction de l'âge sont éloquentes) cumulent les expositions lourdes. L'exposition moyenne des moins de 24 ans est de 0,4 mSv, alors que celle des plus de 70 ans est de 2,5 mSv.

Le nombre plus important d'examens en radiologie conventionnelle chez la femme à partir de 40 ans est dû aux mammographies et aux examens de membres. Parmi les patients concernés par au moins un acte en 2012, l'exposition individuelle cumulée sur l'année est très hétérogène et inférieure à 1 mSv pour la grande majorité d'entre eux.

Nous savons tous par notre pratique que les expositions les plus lourdes concernent, dans une très large majorité, des patients âgés et que, pour ces explorations lourdes, un même malade a généralement plusieurs explorations en cours d'hospitalisation. Qui plus est, ces explorations augmentent à l'approche du décès (le tiers des dépenses de santé d'un individu se concentrent dans sa dernière année de vie³⁷ et parmi ces dépenses figurent les explorations radiologiques lourdes). Il y a donc une surreprésentation dans la dose collective des individus âgés très malades et multiscanographiés en fin de vie. La dose collective est donc en grande partie due à l'exposition d'individus pour qui le risque d'effets à long terme est nul du fait de leur faible espérance de vie.

La notion de dose collective et de dose efficace individuelle moyenne garde un intérêt « d'indicateur global » dans l'estimation de dose reçue.

3.3 . Etats des lieux des effets biologiques de l'exposition à visée diagnostique

Les risques liés à l'irradiation médicale correspondent aux effets pathologiques potentiels des rayonnements ionisants. Ils sont de deux types : les effets stochastiques et les effets déterministes.

3.3.1. Les effets biologiques stochastiques

On les appelle stochastiques (ou aléatoires) parce que leur survenue s'analyse en termes de probabilité. Ce sont les effets cancérigènes, les effets génétiques et héréditaires. Ils sont la conséquence des modifications du matériel génétique cellulaire qui induit des

cancers si elles portent sur des cellules somatiques, ou des modifications du phénotype de la descendance de l'individu exposé si elles portent sur des cellules germinales. Ces effets sont liés à des mutations non létales des cellules.

N'ayant pas encore déterminé de seuil de ces risques et pour ne pas les sous-estimer, on considère que l'augmentation de la probabilité d'apparition de cancer est proportionnelle à la dose reçue. Si l'effet apparaît, il évolue ensuite indépendamment de la dose, c'est à dire que sa gravité ne dépend pas de sa dose initiale mais que la fréquence d'apparition des effets croît proportionnellement à l'augmentation de la dose de rayonnements ionisants.

Leurs caractéristiques générales à retenir :

Ils ne sont pas spécifiques de l'action des rayonnements.

Ils n'apparaissent que chez certains individus.

Leur probabilité d'apparition augmente avec la dose (dose fréquence).

Leur gravité est indépendante de la dose.

3.3.2. Les effets biologiques déterministes

Les effets déterministes sont essentiellement dus à la destruction en grande quantité de cellules de l'organisme et apparaissent à partir d'une dose seuil.

Au-dessous de ce seuil : aucune lésion n'est détectable. Au-dessus de ce seuil, l'effet déterministe est obligatoire. Leur gravité augmente proportionnellement avec la dose reçue et peuvent être réversibles si les lésions ne sont pas trop sévères.

La valeur seuil varie selon les individus et la nature des tissus touchés. Les organes les plus radio-sensibles sont : le système nerveux, la moelle osseuse, la muqueuse intestinale et respiratoire, les organes génitaux.

Leurs caractéristiques générales à retenir:

Ils sont reconnaissables et différenciables d'autres pathologies.

Ils nécessitent l'existence d'un seuil d'exposition.

La gravité du dommage augmente avec la dose : relation linéaire.

Ils sont d'apparition généralement précoce (jours, mois).

Quelques exemples d'irradiation localisée:

- la radiodermite apparaît à partir de 5 à 12 Gy

- opacités du cristallin si la dose dépasse 2 Gy et une cataracte apparaît à partir de 8 Gy

- la stérilité masculine transitoire pour des doses de 0,5 Gy et définitive à partir de 6 Gy
 - chez la femme, stérilité provisoire à 3 Gy et définitive à partir de 10 Gy
 - une modification temporaire de la formule sanguine dès 0,3 Gy
 - Au delà de 1 Gy, atteinte des cellules contenue dans la moelle osseuse (syndrome hémato-poïétique : disparition des lymphocytes, des leucocytes puis des plaquettes).
- De façon générale et grâce à l'application de la réglementation, les effets déterministes ne surviennent pas ou seulement à la suite d'exposition accidentelle à des fins thérapeutiques (radiothérapie) essentiellement des dermites.

3.3.3. Les cancers radio induits

3.3.3.a. Etude épidémiologique : Princeps

Pour évaluer le risque stochastique lors d'expositions, il convient de définir la relation dose-fréquence pour chacun des dommages. Cette relation dose fréquence s'est basée sur des études épidémiologiques qui se heurtent à de nombreux problèmes méthodologiques : la survenue tardive des effets, la faible dose d'exposition, le nombre faible de cancers radio induits qui ne se différencie en rien de cancers naturels, l'existence d'autres agents cancérogènes d'importance plus grande (tabac, facteurs alimentaires et toxiques) et l'étude nécessaire d'une grande population.

En pratique, seuls les résultats de l'étude « Life Span study » portant sur 86 500 sujets, victimes des bombardements d'Hiroshima et de Nagasaki, ont été retenus pour le calcul des risques^{38 39 40 41 42 43 44 45 46}.

Il a été observé chez les sujets exposés:

- une augmentation de leucémies et de cancers solides corrélée à la dose avec un temps de latence variant de quelques années à plusieurs dizaines d'années
- en particulier si l'exposition survient au début de la vie
- pas de seuil évident mais aucun risque stochastique n'est démontré au dessous de 100mSv (tandis qu'au dessus de 100mSv le risque est augmenté proportionnellement à la dose reçue).
- pas d'effet génétique retrouvés sur les descendance
- une diminution du risque de tous les types de cancers solides avec l'augmentation de l'âge à l'exposition
- une diminution du risque de leucémies avec l'augmentation de l'âge atteint.

3.3.3.b. L'extrapolation

Selon UNSCEAR ⁴⁷ et le CIPR⁴⁸, le calcul du risque aux faibles doses se base sur une relation linéaire sans seuil, c'est à dire qu'on extrapole les effets observés à forte doses par principe de précaution. On estime alors un risque maximal encouru pour l'individu. (Annexe 4)

En admettant les coefficients de risque observés pour l'induction de cancer chez les survivants de Hiroshima/Nagasaki, Brenner et al.⁴⁹ estiment qu'un seul examen scanner corps entier entraîne un risque de mortalité par cancer radio induit de 0,08 % chez un adulte de 45 ans.

Pour des examens annuels répétés (30 examens) ⁵⁰ jusqu'à 75 ans le risque de développer un cancer radio induit mortel durant le reste de la vie serait de 2%. L'Académie Française de Médecine ⁵¹ conteste cette relation, en tenant compte dans le calcul du risque aux faibles doses, des mécanismes de défense cellulaire qui s'opèrent. Les faibles doses stimuleraient l'organisme aux interventions de réparation cellulaire expliquant une moindre incidence d'effets stochastiques. C'est la théorie de la réponse adaptative (ou Hormésis*). (Annexe 5)

**Certains agents, physique ou chimique, provoquent un effet à forte dose et un effet inverse à faible dose. Ce phénomène est appelé hormesis. Il résulte vraisemblablement de l'activation de mécanismes de défense.*

3.3.3.c. Cancers du sein radio induits

Un excès de risque de cancer du sein a été rapporté chez les femmes atteintes de tuberculose⁵² qui ont eu plusieurs fluoroscopies thoracique, ainsi que chez les patients atteints de scoliose⁵³ qui avaient des examens d'imagerie diagnostics fréquents pendant la fin de l'enfance et de l'adolescence.

Une importante méta-analyse⁵⁴ sur le risque de cancer du sein radio-induit a montré qu'il n'y avait pas de concordance entre les résultats des principales études du fait de leur importante hétérogénéité .

Seuls l'âge à l'exposition et la dose relation dose effet étaient des critères majeurs de risque stochastique. La réduction de débit de dose ou le fractionnement de dose ne réduisait pas le risque pour une même dose totale.

Plusieurs auteurs ont également essayé de modéliser les bénéfices et les risques du dépistage par mammographie selon l'âge de début de dépistage. Ils concluent que le risque d' induction à long terme de cancer du sein dû à l'irradiation par mammographie, est supérieur au bénéfice du dépistage si celui-ci commence avant l' âge de 40 ans.^{54 55 56}

Le sein est l'un des organes les plus radiosensible. Ainsi selon le principe de précaution, l'examen mammographique chez la femme jeune ne doit pas être considéré comme anodin mais ne se discute pas dans le bilan d'une lésion d'allure suspecte.⁵⁴

3.3.3.d. Cancers de l'enfant radio induits

La dose de rayonnement absorbée et le risque de cancer sont plus élevés chez les enfants et les jeunes adultes que chez les patients plus âgés.⁵⁹ Bien que la dose de rayonnement d'un seul examen radiodiagnostique est faible, les patients pédiatriques reçoivent souvent des examens répétés au fil du temps pour évaluer leurs conditions, ce qui donne lieu à des doses cumulées relativement élevées.

La difficulté d'établir un lien de causalité entre cancer et irradiation médicale dans l'enfance s'explique par une faible prévalence de cancer : seules des études de grande taille avec une longue période de suivi et des données dosimétriques de qualité permettent d'analyser le risque.

Les études épidémiologistes sur les risques de cancers après exposition aux rayonnements ionisants par scanner durant l'enfance^{60 61 62 63} suggèrent qu'il existe une augmentation des risques de cancer chez les enfants qui ont été exposés à plusieurs tomodensitométries^{64 65}, notamment des leucémies et des tumeurs cérébrales. Là aussi, les limites méthodologiques en raison de biais d'indication, de l'évaluation rétrospective de l'exposition aux rayonnements de tomodensitométrie et du manque de puissance statistique, empêchent d'établir un lien de causalité significatif. Les risques de cancers liés aux rayonnements sont plus importants pour ceux qui sont exposés tôt dans la vie, et ces risques semblent persister toute la vie.⁶⁶

Les projets internationaux tels que EPI-CT (étude épidémiologique visant à quantifier les risques pour la tomodensitométrie pédiatrique et d'optimiser la dose), centrés sur la reconstruction dosimétrique et la minimisation des biais fourniront des résultats plus précis. En attendant, les résultats disponibles renforcent la nécessité de justification et d'optimisation des doses.⁶⁷ L'article 9 de la directive Européenne précise que les " pratiques spéciales ", telles que la TDM et la pédiatrie, doivent notamment faire l'objet d'une attention particulière.⁶⁸

3.3.3.e. Principe de précaution

L'article, récemment paru en mai 2015⁶⁹, conclut que les éléments de preuve cités ne fournissent pas la preuve directe de risque stochastiques à faible dose.

Selon le principe de précaution, à toute dose correspond un risque supplémentaire. Le risque est proportionnel à la dose mais il n'y a pas de seuil à proprement parler. Une faible dose se définit par une dose inférieure à 100 mSv. Le modèle se veut délibérément pessimiste afin de ne pas sous-estimer le risque, de définir une réglementation et d'établir une quantification qui permet des comparaisons en santé publique. Par conséquent en pratique, toute exposition même minimale est associée à un risque, on accepte ce risque si l'on accepte l'exposition ⁷⁰.

4. La dosimétrie patient

4.1 Les intérêts pour le médecin généraliste

En raison de l'utilité médicale d'une exposition justifiée pour le patient, aucune limite de dose individuelle n'est actuellement prévue. C'est pourquoi il est nécessaire que la justification de toute pratique et l'optimisation de la protection constituent une exigence pour le corps médical, y compris le médecin généraliste, grand prescripteur d'imagerie. Le relevé obligatoire de cette valeur de dose portée dans le compte-rendu et surtout l'existence d'un référentiel officiel fait de la dose une porte d'entrée naturelle en imagerie dans la démarche d'évaluation des pratiques.

Le simple fait de prêter attention à la dose la fait diminuer. Le report systématique des informations de dose habitue médecins et manipulateurs à un ordre de grandeur de leur pratique et les fait s'interroger quand ils le dépassent

Les médecins généralistes sont peu sensibilisés aux doses de rayonnement délivrées lors d'examens diagnostiques. Il existe, chez les prescripteurs, une nette sous-estimation des doses délivrées et des risques liés aux faibles doses de rayons X^{8 9 71}. Pourtant en France et à l'étranger, la place des examens irradiants dans la prise en charge du patient ne cesse de croître : augmentation de 32 % des actes diagnostiques réalisés entre 2001 et 2012^{72 73 74}.

L'élaboration d'un suivi dosimétrique patient dès le plus jeune âge et ce jusqu'à l'âge adulte apporterait certainement de nouvelles informations sur l'incidence de cancers radioinduits mais surtout permettrait d'apprécier le risque individuel. Tout prescripteur d'imagerie aurait un regard sur l'état d'irradiation à un instant « t » de chaque patient. La prescription d'examens redondants sur une courte période pourrait être ainsi évitée.

Actuellement, aucun système d'alarme ne peut malheureusement être défini par rapport à la dose, on ne peut que s'inquiéter d'un trop grand nombre d'examens et de s'efforcer de répondre aux grands principes de justification et de précautions.

Désormais la loi encadre l'exposition de la population et oblige les professionnels de santé d'estimer les doses reçues par leurs patients. Dans ce contexte, le médecin généraliste doit utiliser cette nouvelle information à bon escient. Par son rôle central dans la prise en charge du patient, il devient un des premiers acteurs de la radioprotection. Son rôle est primordial dans la justification de ses prescriptions d'imageries médicales ainsi que dans l'information du patient de la balance bénéfice-risque de chaque acte.

Toutefois, il faut impérativement garder à l'esprit que lorsque un examen d'imagerie est justifié sur le plan médical, les avantages pour le patient l'emportent largement sur les risques éventuels.

Aujourd'hui, des préoccupations se posent dans le domaine de la justification, notamment lorsque les scanners sont utilisés sans justification clinique prouvée alors que d'autres examens, moins voire non irradiants, peuvent être utilisés avec une efficacité égale, ou encore lorsque la tomodensitométrie est répétée inutilement. Il a été estimé, au moins aux États-Unis, que ces scénarios représentent jusqu'à un tiers de tous les examens TDM réalisés.⁷⁵

L'autre problème est l'utilisation croissante de la tomodensitométrie comme une procédure de dépistage chez les patients asymptomatiques (cancers du poumon chez le tabagique ancien et actuel, maladie cardiaque et cancer du colon), contribuant à la croissance continue de l'utilisation de l'imagerie diagnostique de pointe. A l'heure actuelle, le rapport bénéfice/risque pour les techniques de dépistage par TDM, couramment proposées, n'a pas encore été établie sauf pour le cancer du poumon.^{75 76}

De plus, l'accès simplifié aux techniques d'imagerie a amené à une large augmentation des demandes d'examens d'imagerie de pointe par les patients^{77 78}. Le patient depuis la loi du 4 mars 2004, est largement investi dans son parcours de soins. Celui ci formule régulièrement des demandes d'examens d'imagerie lors des consultations pour des pathologies à diagnostic clinique: traumatisme costale, entorse de cheville, lombosciatique commune, dorsalgie, douleur mammaire. La traçabilité des examens d'imagerie apporterait un argument de poids en plus dans le discours du médecin, pesant dans la balance bénéfices/risques. Le médecin pourrait connaître la date du dernier examen irradiant similaire et l'estimation de la dose totale efficace individuelle

reçue dans l'année. Mais rappelons que l'exposition médicale itérative n'est subit que par une infime partie des patients atteints de pathologie chroniques ou nécessitant un suivi long cours. L'outil dosimétrique patient pourrait avoir un rôle éducatif pour cette population qui se sentirait concernée.

Afin de gérer la croissance des actes inappropriés, le suivi dosimétrique pourrait influencer sur la demande des actes, en particulier pour soutenir le processus de prise de décision des médecins.

D'autres nombreux facteurs contribuent à cette augmentation et justifient la mise en place rapide d'un suivi dosimétrique, comme :

- une meilleure disponibilité des techniques, ⁷⁹
- la méthode actuelle de médecine défensive pour éviter les poursuites pour faute professionnelle, ⁷³
- le temps d'attente excessifs pour l'examen qui convient le mieux (ex : IRM moins irradiante mais délai plus long)
- l'élargissement des indications cliniques des techniques d'imagerie de pointe en raison de progrès technologiques
- le nombre itératif d'hospitalisations avec pour conséquence une répétition d'examens d'imagerie avec des délais plus ou moins court
- et le vieillissement de la population.

De plus, pour les médecins généralistes dont la charge de travail augmente, les techniques d'irradiations actuelles permettent d'obtenir rapidement des renseignements sur un patient⁷³. L'utilisation du suivi dosimétrique aurait tout son sens quand au rappel du principe de justification de l'acte.

Il est évident que le manque actuel de centralisation et de sauvegarde des données est également un facteur qui contribue à une dose de rayonnement excessif pour la population.⁸⁰

Récemment, des outils informatiques ont été développés utilisant des données dosimétriques accessibles uniquement aux radiologues et permettant de calculer la dose efficace délivrée lors d'un examen en un lieu unique.

Le fait d'apporter à la connaissance du médecin généraliste la dose efficace individuelle délivrée à chaque examen, pourrait lui permettre d'établir une traçabilité de la dose totale cumulée pour prendre des décisions en ce qui concerne les examens d'imagerie diagnostique à venir : leurs nécessités médicales et leurs risques éventuels associés

(surtout lorsqu'il s'agirait d'enfants ou d'adultes ayant été traités par radiothérapie durant l'enfance ou ayant reçu des suivi au long cours).

La « dosimétrie patient » assurerait ainsi une réponse aux recommandations figurant dans les conclusions du séminaire du 16 septembre 2010 organisé par l'ASN ⁸¹, qui sont de développer la formation et les outils d'aide à la décision en direction des médecins généralistes (et des urgentistes) et d'aide à l'information et à l'implication des patients sur les bénéfices de l'imagerie médicale et sur les risques associés.

De plus, la réalisation d'actes d'imagerie doit se faire après collaboration et concertation entre radiologues et prescripteurs. L'arrêté de mars 2003, rappelle « qu'aucun acte exposant aux rayonnements ionisants ne peut être pratiqué sans un échange préalable d'informations écrites entre le demandeur et le réalisateur de l'acte, concernant la justification médicale de l'examen. Le demandeur fournit au réalisateur les informations nécessaires à la justification de l'exposition demandée dont il dispose. Il précise notamment le motif, la finalité, les circonstances particulières de l'exposition envisagée, notamment l'éventuel état de grossesse, les examens ou actes antérieurement réalisés »
13.

La demande d'examens d'imagerie actuelle manque de renseignements cliniques ⁸³. L'analyse descriptive des demandes d'examens d'imagerie a prouvé que la finalité est mieux tracée pour la demande d'IRM que de TDM ou d'échographie et que celle-ci est mieux tracée venant de consultations externes que d'hospitalisations. Des actions d'amélioration portant sur la justification médicale ont donné la preuve de leur efficacité.^{84 85}

A travers ces articles, on peut conclure que le médecin généraliste doit justifier clairement sur sa demande l'acte prescrit et apporter les arguments nécessaires afin que le réalisateur de l'acte puisse juger ou non de la bonne indication en se référant au guide de bon usage. Celui-ci est également dans la possibilité de refuser de réaliser l'acte ou de le modifier par un acte moins irradiant.

L'intérêt d'un tel outil devient surtout primordial dès l'enfance. La radiosensibilité des enfants et leur durée de vie font d'eux des sujets plus vulnérables face aux risques de cancers radioinduits.

Les enfants suivis pour scoliose sévère cumulent des doses d'irradiation non négligeables. Il en est de même pour les enfants suivis post cancer. Le médecin traitant aurait la possibilité de quantifier la dose totale reçue et de la suivre dans le temps et

d'être alerté par des seuils élevés. En effet, les pathologies de l'enfant sont rarement suivies par un seul prescripteur et les demandes peuvent parfois se cumuler.

Ceci implique une justification par :

- une communication adéquate entre le radiologue et le médecin référent
- la non réalisation d'une investigation si le motif est discutable
- pas de répétition d'un examen irradiant sans justification clinique
- le recueil des investigations antérieures pour comparaison

L'utilisation de techniques substitutives (échographie et IRM) doit être évidemment encouragée.

Le problème de prescriptions d'examens systématique dits « d'entrée » dans les services se posent aussi pour l'adulte. Des bilans standard sont pratiqués dès suspicion d'une pathologie. Il y a également redondance des actes réalisés en amont, c'est à dire ceux prescrits par le médecin généraliste ou les urgences par exemple. Le suivi dosimétrique pourrait freiner ce genre de pratiques. L'étude de Dorcier et al.(2008)⁸⁶ met en évidence les prescriptions itératives avec comme exemple une double prescription de radiographies du thorax le jour de l'acte de chirurgie, mais également le jour du passage du patient en pneumologie. A chaque nouvelle entrée, le médecin réceptionnant le patient prescrit le plus souvent une radiographie du thorax sans voir que le service précédent avait déjà prescrit ce même examen quelques heures plus tôt. Finalement, plus qu'un indicateur propre au service d'imagerie, la mise à disposition d'un carnet dosimétrique doit être employés comme support au dialogue avec les prescripteurs d'examens pour permettre de converger ensemble, en bonne intelligence, vers les compromis qui serviront au mieux la santé du patient .

Enfin, la création de carnet de doses est une autre stratégie qui peut améliorer la sécurité des patients. Avec un tel suivi, on peut s'assurer de l'innocuité des doses de rayonnement administrées au cours des examens.

A l'heure actuelle, aucune étude ne permet de définir le risque pour de faible dose, ni de conclure à une dose seuil. Le risque d'effets stochastiques a été mis en évidence de façon significative à partir de 100 à 200 mSv. Mais il n'existe pas de consensus fort. Ces valeurs ne doivent pas être considérées comme un seuil en dessous duquel tout risque dû aux rayonnements ionisants pourrait être écarté.

Le discours actuel sur l'effet des faibles doses peut paraître non fondé, opposant le principe de précaution et le risque vraisemblablement négligeable des doses utilisées en radiodiagnostic. Ces deux concepts peuvent néanmoins être pris en compte dans notre

pratique. Rien ne nous empêche en effet d'optimiser nos protocoles, de renforcer le principe de justification des examens irradiants, et en parallèle, de conserver une approche médicale en adaptant la dose au bénéfice individuel attendu.

En effet, le seul risque serait probablement de voir un praticien réduire les doses à un niveau inférieur à celui exigé pour la qualité requise, conduisant, dans le meilleur des cas, à réitérer l'examen et l'irradiation et dans le pire, à faire une erreur diagnostique préjudiciable.

Les précautions de " la dose la plus faible *raisonnablement* possible " viennent au fond nous rappeler que notre responsabilité de médecin n'est pas d'optimiser " coûte que coûte " sur la base de niveaux arbitraires, mais bien au contraire, à partir de protocoles communs, d'être capables d'adapter nos pratiques à des problématiques diagnostiques individuelles. Le rôle du médecin généraliste prend tout son sens dans la justification de prescription d'actes d'imagerie et l'information aux patients eux même sur le bénéfice/risque. Son investissement dans le recueil et la lecture de ces données dosimétriques l'amènerait à une meilleure prise de conscience de l'impact de l'exposition médicale et à s'informer sur les connaissances actuelles des effets radio induits.

Au total , le médecin généraliste doit tenir compte face à la prescription d'imagerie diagnostique ⁸⁷ :

- de la conformité de l'imagerie, à l'état et aux antécédents cliniques du patient
- du délai acceptable de l'examen
- du type d'examen d'imagerie médicale permettant d'obtenir les renseignements tout en utilisant la plus faible dose de rayonnement possible
- de la rentabilité de l'examen pour le système de soins.

L'outil dosimétrique ferait le lien entre le prescripteur, l'imageur et le patient en répartissant la responsabilité de prescription entre clinicien prescripteur et le radiologiste et par le recueil de la dose utilisée pour chaque examen à des fins de vérification et d'informations envers le patient.

4.2 La faisabilité d'un suivi dosimétrique patient pour le médecin généraliste

Le but de ce travaille est de créer un outil simple à l'usage des médecins généralistes permettant de suivre dans le temps la dose efficace individuelle cumulée par patient, exprimée en millisievert (mSv).

Jusqu'à il y a peu, ceci était difficile à réaliser du fait du manque d'outils adéquats permettant d'automatiser et systématiser cette tâche. Depuis, la dose irradiante est calculée. De manière idéal, l'information dosimétrique pourrait être directement retranscrite automatiquement sur la carte vitale. Dans l'attente d'une telle mise en place, nous avons réfléchi sur un outil utilisable dès à présent.

L'outil proposé utiliserait ainsi la dose efficace moyenne individuelle calculée. Il pourrait se présenter sous deux formes :

- un livret de suivi des doses efficaces approximatives reçues lors de chaque examen d'imagerie à visée diagnostique.

Il existe bel et bien une page dédiée à cet effet dans le carnet de santé mais qui est généralement vacant.

- Un item supplémentaire dans tous les logiciels de médecine générale permettant d'y inscrire l'acte réalisé et la dose reçue. Tous les actes irradiants y compris de ceux de la médecine nucléaire y seront annotés.

Mais plusieurs problèmes se posent dans la conception de notre outil.

4.2.1. Le calcul de la dose efficace individuelle

En radiologie conventionnelle, tout comme en scanographie, les doses délivrées dans l'organisme ne sont pas homogènes. Elles ne reflètent pas la dose reçue par les différents organes et peut, dans certains cas, dissimuler des valeurs élevées de dose délivrées à certains organes dits radiosensibles.

La dose efficace est la grandeur dosimétrique retenue par la CIPR comme représentative du risque radiologique lié aux examens de radiodiagnostic. Il s'agit d'une grandeur calculée à partir de facteurs de pondération tissulaire dont les valeurs, indépendante de l'âge du patient, évoluent avec les connaissances scientifiques. La discussion sur la méthode de calcul de cette grandeur n'est pas terminée et divers modèles permettant de tenir compte de l'âge du patient sont proposés

Le but de l'estimation de la dose efficace est d'obtenir un indicateur du risque individuel global. Cet indicateur, basé sur l'extrapolation linéaire sans seuil de la relation dose-effet, estime grossièrement le risque global d'effets stochastiques radio induits. La dose efficace n'est pas directement accessible à la mesure. Actuellement en France, il n'est possible de l'estimer automatiquement. Elle se calcule manuellement par le radio

physicien au cas par cas. Seule la dose absorbée est mesurée.

La dose efficace représente la dose absorbée par les différents tissus et organes exposés (D exprimée en Gy) corrigée de facteurs sans dimension, indépendant de la dose, prenant en compte le type de rayonnement (rayons alpha, rayons bêta, rayons gamma, rayons X), des modalités d'exposition (externe ou interne) et de la sensibilité spécifique des organes ou tissus. Son obtention nécessite l'utilisation des grandeurs dosimétriques (GDo) représentative du type de l'examen effectué.

Les GDo pour les divers types d'examen sont les suivantes :

- en radiographie et en radioscopie : le produit dose surface (PDS) qui correspond à la dose moyenne absorbée par la surface exposée et s'exprime en Gy.cm².
- en mammographie: la dose glandulaire moyenne et s'exprime en mGy
- en scanographie: le produit de la dose par la longueur (PDL) qui est un indice de dose cumulée, correspondant simplement au produit de l'IDSV (indice de dose scanographique au volume, ou « CTDI_{vol} » en anglais) par la longueur de patient explorée, il s'exprime en mGy.cm.

Les GDo sont utilisées non seulement pour le calcul de la dose efficace mais également pour la détermination des « niveaux de référence diagnostiques »⁸⁸ et pour l'optimisation des paramètres techniques des examens en radiologie (Annexe 6).

Le concept de dose efficace comme indicateur de risque est également souvent remis en cause en radiologie en raison de la différence du risque d'exposition liée à l'âge. L'évaluation du risque ne peut pas être appliquée de manière linéaire. Si la population exposée n'est pas homogène en âge, l'application d'un seul facteur de risque par unité de dose efficace peut amener à des estimations sous ou surévaluées.

L'utilisation de la dose efficace conduit donc à analyser les expositions médicales de la même manière quel que soit l'âge du patient alors que la plus forte radiosensibilité des enfants devrait conduire à une analyse distincte. L'exposition corporelle étant très variable en radiologie, le concept global de la dose efficace ne permet pas d'identifier l'organe le plus vulnérable au risque radioactif. La « dose organe » constituerait un meilleur indicateur de risque.

La dose efficace n'est donc pas le meilleur critère d'évaluation du risque individuel. Il existe encore aujourd'hui des sources majeures d'erreur dans l'estimation de la dose concernant :

- les mesures de dose de base ;
- les coefficients utilisés pour convertir les grandeurs dosimétriques en doses efficaces.

Afin de décrire au mieux l'exposition médicale d'une population liée aux procédures diagnostiques, il conviendrait de compléter la connaissance de la dose efficace par celle des doses délivrées à certains organes d'intérêt situés dans ou à proximité de la zone explorée, tels que ceux définis dans la publication n°103 de la CIPR comme étant les organes les plus radiosensibles.

Malgré les nuances mentionnées ci-dessus, la dose efficace a cependant démontré son intérêt dans l'évaluation des différentes expositions aux rayonnements ionisants dans le cadre des activités humaines. Elle a aussi permis de situer en radiologie les expositions dominantes.

A la différence des GDo utilisées dans les NRD, qui ne sont ni comparable, ni cumulable du fait de leurs différentes unités, la dose efficace s'additionne et rend possible : le calcul de la dose cumulée, la comparaison des examens utilisant des types de rayonnements différents ainsi que la comparaison aux différents types d'expositions (naturelle, industriel et médical). On pourra ainsi faire la somme d'expositions hétérogènes dans le temps et dans l'espace.

Cette grandeur est également comparable aux limites imposées pour les travailleurs et le public.

Le but de cet outil pragmatique est d'avoir une extrapolation de la dose efficace reçue. Nous n'avons à notre connaissance que des valeurs de doses efficaces moyennes pour des examens radiologiques réalisés sur des adultes. Notre outil ne prend pas en compte l'âge du patient. L'estimation de la dose est identique quelque soit l'âge. Il faudrait réaliser une étude de dose moyenne efficace moyenne par classe d'âge chez les enfants pour les examens les plus courant en pédiatrie. On propose certes un outil imprécis. Il est volontairement simplifié, à l'usage des patients et des médecins généralistes pour un langage commun et compréhensible par tous. L'objectif principal étant de sensibiliser et de responsabiliser le patient et le médecin généraliste à l'irradiation patient et ce depuis le plus jeune âge.

4.2.2 Le choix du support

4.2.3.a Intégré au logiciel informatique du médecin généraliste

Seul le médecin généraliste y a accès. Celui ci devra alors lui même récupérer les valeurs dosimétriques pour chaque examens réalisés. Les doses reçues lors d'examens qui seront réalisés aux urgences ou dans d'autres villes que celle de résidence du patient, seront plus difficilement collectables. Cette tâche supplémentaire de recueil vient

s'ajouter aux nombreux travaux qu'on lui impose déjà. De nombreux actes de radiologies risquent de ne pas y figurer, par oubli du patient ou par perte du compte rendu radiologique faisant perdre toute traçabilité.

4.2.3. b Support manuel

Le radiologue aurait la mission de le compléter, déchargeant ainsi le médecin généraliste. Le rôle du médecin traitant serait alors de suivre l'évolution de la dose totale individuelle et de s'appuyer dessus avant chaque prescription radiologique. Là encore, la perte du livret ou l'oubli de celui-ci lors d'examens réalisés en urgence, feront perdre de nombreuses informations. Et la charge de travail que représente le relevé manuel, par le radiologue, des paramètres du fait de l'absence de transfert automatique est une difficulté non négligeable. C'est pourquoi les deux outils sont pour le moment indissociables et complémentaires.

4.3 L'outil manuel

L'outil proposé se présente sous forme de livret à plusieurs feuillets. La première page est à visée explicative pour les patients afin de mieux cibler l'intérêt de l'outil et d'en comprendre son utilisation. Nous avons souhaité qu'il soit facilement auto rempli par les patients quand cela le nécessitait. C'est pourquoi un tableau référençant les doses efficaces moyennes des examens diagnostiques les plus courants est placé en annexe. Les pages suivantes sont destinées au recueil des examens d'imagerie. On a reparti en 3 classes la dose efficace moyenne, pour laquelle correspond une couleur.

Le code couleur rouge représenterait les examens à forte irradiation soit de +10 mSv. Le code orange serait représenterait les examens à irradiation moyenne soit de 1 à 10 mSv. Le code vert serait représentatif des examens à basse irradiation soit de 0 à 1 mSv.

Chaque examen diagnostique est à classer en fonction de la dose efficace estimée par référence au tableau annexe figurant dans le carnet ⁸⁸. Les actes à visés thérapeutiques dont on sait que le bénéfice dépasse le risque, ont leur place à titre informatif dans les dernières pages de recueil. On noterait la durée du traitement et la dose délivrée par séances.

En scanographie, les doses efficaces moyennes sont comprises, pour les actes complets étudiés, entre 2 mSv (scanner cérébral ou osseux) et 20 mSv (scanner thoraco-abdomino-pelvien).

En radiologie conventionnelle, ces doses sont beaucoup plus faibles, comprises entre 0,05 mSv (radiographie thoracique) et 2 mSv (radiographie du segment lombaire de la colonne vertébrale selon 1 à 3 incidences).

Ce carnet propose un suivi d'extrapolation de la dose efficace pour sensibiliser les patients aux doses qu'ils ont reçues et habituer au plus tôt les médecins prescripteurs à prendre conscience de ces informations avant de prescrire un acte radiologique. La précision de la dose efficace individuelle par acte ne nous apporterait pas plus en terme de suivi et de limitation, du fait de l'absence de seuil défini pour le risque de cancers radio induits chez les patients. Par la suite, avec la mise en place de logiciels calculant automatiquement les données dosimétriques plus précises, on peut imaginer dans un futur proche, la centralisation des données dosimétriques aux dossiers patients informatisés via la carte vitale.

5. Conclusion

On dénombre en France près de 80 millions d'actes médicaux par an et 3,6 milliards d'actes d'imagerie irradiants par an dans le monde soit une multiplication par deux en 20 ans. Il est probable que l'irradiation médicale des patients augmente étant donné l'accessibilité, le développement des techniques et l'augmentation de la demande d'imagerie médicale, parfois par les patients eux même.

Dorénavant, la transcription d'information nécessaire au calcul de la dose reçue sur tout compte-rendu d'examen radiologique est obligatoire depuis le décret du 24 mars 2003, transcription en droit Français de l'Euratom 97/43. Actuellement, aucun suivi personnalisé de la somme des différentes doses reçues par les patients n'existe alors qu'il est désormais possible d'apprécier la dose efficace* qui tient compte de l'effet biologique attendu. Tandis que la sécurité des professionnels de santé exposés aux dangers des rayonnements ionisants a depuis longtemps été réglée, le suivi dosimétrique des patients est encore à ses balbutiements.

Au terme de ce travail, notre objectif était de rappeler la réglementation actuelle de la radioprotection et nos connaissances sur les effets biologiques de l'exposition médicale. Après l'exposition de l'état des connaissances actuelles, nous avons conçu un carnet à l'usage du patient pour y transcrire les données dosimétriques de chaque exposition pour une évaluation cumulative de l'irradiation.

La maîtrise de la dose des rayonnements ionisants dans les applications médicales via cet outil de suivi dosimétrique manuel et informatique pour le médecin traitant aurait pour but une gestion globale des risques liés aux rayonnements ionisants. Le suivi dosimétrique apporterait en ce sens un nouvel argument dans la justification des prescriptions et la modération des examens non indispensables. Il renforcerait la prise de conscience des médecins généralistes et des patients eux mêmes, devenant ainsi des acteurs de la radioprotection. Cet outil de communication permettrait une meilleure collaboration entre médecins généralistes et radiologues et une meilleure information entre médecins généralistes et patients. Mais encore faut-il que ces deux principaux protagonistes veuillent bien s'investir dans cette nouvelle tâche qui leur demande nécessairement un travail supplémentaire. Cet outil reste cependant imprécis. Il ne permet qu'une estimation globale de la dose efficace totale reçue* et ce indépendamment de l'âge du patient. De plus, aucune dose seuil n'existe en imagerie médicale pour les patients. C'est pourquoi l'outil ne permet pas au médecin traitant de s'imposer en terme de limitation mais permet plutôt de sensibiliser le patient aux risques de l'exposition médicale. Il serait intéressant d'évaluer dans l'avenir l'utilisation de ce carnet chez les patients.

Sans nul doute, le problème du suivi de l'irradiation médicale sera réglée lors de l'utilisation du dossier médical informatisé où la dose sera enregistrée automatiquement et ainsi disponible pour tout les professionnels de santé.

** dose efficace : dose absorbée corrigée d'un facteur sans dimension prenant en compte la dangerosité relative du rayonnement considéré (type de rayonnement) et la sensibilité du tissu irradié. Elle est utilisée en radioprotection pour prédire les risques stochastiques liés à une irradiation chronique. Il n'est pas approprié pour prévoir les effets d'une irradiation aiguë.*

Toulouse le 25/05/16

Vu permis d'imprimer
Le Doyen de la Faculté
de Médecine Purpan
D. CARRIÈ



Vu le Président de Jury
Pi Phi Arlet
23/5/2016



Professeur Philippe ARLET
Service de Médecine Interne
Hôpital Purpan - TSA 40031
31059 TOULOUSE Cedex 9
Secrétariat : 05 61 77 22 78
Mail : arlet.p@chu-toulouse.fr
N° RPPS 1000 284 9061

Bibliographie

1. Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (10-18 July 2008) UNSCEAR
2. Rayonnements ionisants liée aux actes de diagnostic médical en 2012 - IRSN-PRP-HOM-2014-6_
3. Ardaillou, R. Radiobiologie: Maurice Tubiana. *médecine/sciences* **24**, 1105–1106 (2008).
4. Drooger, J. C. *et al.* Diagnostic and therapeutic ionizing radiation and the risk of a first and second primary breast cancer, with special attention for BRCA1 and BRCA2 mutation carriers: a critical review of the literature. *Cancer Treat. Rev.* **41**, 187–196 (2015).
5. Foray, N., Colin, C. & Bourguignon, M. [Radiosensitivity: evidence of an individual factor]. *Médecine Sci. MS* **29**, 397–403 (2013).
6. Marples, B., Collis, S. J. Low-dose hyper-radiosensitivity: past, present, and future. - *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2008 Apr 1;70(5):1310-8
7. Kuefner, M. A., Brand, M., Engert, C., Schwab, S. A. & Uder, M. Radiation Induced DNA Double-Strand Breaks in Radiology. *RöFo Fortschritte Auf Dem Geb. Röntgenstrahlen Nukl.* **187**, 872–878 (2015).
8. Gervaise, A. *et al.* Évaluation des connaissances des prescripteurs de scanner en matière de radioprotection des patients. *J. Radiol.* **92**, 681–687 (2011).
9. Merzenich, H. *et al.* Paediatric CT scan usage and referrals of children to computed tomography in Germany--a cross-sectional survey of medical practice and awareness of radiation related health risks among physicians. *BMC Health Serv. Res.* **12**, 47 (2012).
10. Les rayonnements ionisants et le radon .Observatoire régional de la santé Rhône-Alpes, 2007.
11. John W. Gofman, M.D., Ph. D. RADIATION-INDUCED CANCER FROM LOW-DOSE EXPOSURE' Book, 1990.
12. DIRECTIVE 97/43/EURATOM DU CONSEIL du 30 juin 1997 relative à la protection sanitaire des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants lors d'expositions à des fins médicales, remplaçant la directive 84/466/Euratom -
13. Décret n°2003-270 du 24 mars 2003 relatif à la protection des personnes exposées à des rayonnements ionisants à des fins médicales et medio-légales et modifiant le code de la santé publique. JORF n°72 du 26 mars 2003 page 5361 texte n° 43
14. Suivi de la Dosimétrie patient et évaluation des pratiques. [www;sfrnet.org.SFR4i](http://www.sfrnet.org/SFR4i).(Octobre 2009)
15. 1995 : centenaire de la découverte des rayons X «Sur un nouveau type de rayons» - article-bup.php.
16. M. de BROGLIE : «Les progrès de nos connaissances concernant les rayons de Röntgen» in Les progrès de la physique.
17. Paoletti H., RADIOPROTECTION-HISTORIQUE-SURVEILLANCE DOSIMETRIQUE DU PERSONNEL D.A.T.R.DU CENTRE L.BERARD DE 1960 A 1988. Thèse de Medecine. Le 6 septembre 1990 . Université Claude Bernard Lyon I
18. Prudence : Histoire de la radioprotection - Film You tube. 6 juin 2013 - Ajouté par Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire - IRSN
19. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection”, *British Journal of Radiology* - Google Scholar.
20. [1965], Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. - Google Scholar.
21. RADIATION-INDUCED CANCER FROM LOW-DOSE EXPOSURE' Book, by John W.

Gofman, M.D., Ph. D., 1990.

22. Valentin.J ,The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Publication 103. Annals of the ICRP. Published for The International Commission on Radiological Protection.
23. DIRECTIVE 97/43/EURATOM DU CONSEIL du 30 juin 1997 relative à la protection sanitaire des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants lors d'expositions à des fins médicales, remplaçant la directive 84/466/Euratom - directive-euratom-97-43-30-06-1997.pdf.
24. Nénot JC, et al. Recommandations 2007 de la Commission internationale de protection radiologique. Publication 103 de la CIPR
25. Radioactivité : Doses : limites légales. <http://www.laradioactivite.com>
26. Exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France : Bilan 2013 - IRSN-PRP-HOM-2014-007_Bilan-annuel-travailleurs-2013.pdf.
27. IRSN-Ranou A, Aubert B, Scanff P.IRSN. Rapport DRPH/SER 2006-02 Exposition de la population française aux rayonnements ionisants.2006.
28. Cordiolani Y-S, Savoir faire et radioprotection. pour le groupe de travail Radioprotection de la SFR.
29. beh_11_2002.pdf.
30. Guide du bon usage des examens d'imagerie médicale.pdf. 2005. ANAES et DGSNR
31. Guide des Procédures Radiologiques : Critère de Qualité et Optimisation des Doses. IRSN et SFR.
32. Schauer, D. A. & Linton, O. W. NCRP REPORT NO. 160, IONIZING RADIATION EXPOSURE OF THE POPULATION OF THE UNITED STATES, MEDICAL EXPOSURE—ARE WE DOING LESS WITH MORE, AND IS THERE A ROLE FOR HEALTH PHYSICISTS?: *Health Phys.* **97**, 1–5 (2009).
33. Scanff, P., Donadieu, J., Pirard, P. & Aubert, B. Population exposure to ionizing radiation from medical examinations in France. *Br. J. Radiol.* **81**, 204–213 (2008).
34. Etard.C, Sinno-Tellier.S et al. Rapport_expri. Exposition de la population française aux rayonnements ionisants liés aux actes de diagnostic médical en 2007
35. Radiation Protection N°154.European Guidance on estimating population doses from medical -Ray Procedures.April.2008
36. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *Ann. ICRP* **21**, 1–201 (1991).
37. Friedenber, R. M. The end of life. *Radiology* **228**, 309–312 (2003).
38. Kodama, K., Ozasa, K., Katayama, H., Shore, R. E. & Okubo, T. Radiation effects on cancer risks in the Life Span Study cohort. *Radiat. Prot. Dosimetry* **151**, 674–676 (2012).
39. Little, M. P. Cancer and non-cancer effects in Japanese atomic bomb survivors. *J. Radiol. Prot. Off. J. Soc. Radiol. Prot.* **29**, A43-59 (2009).
40. Ozasa, K. Epidemiological research on radiation-induced cancer in atomic bomb survivors. *J. Radiat. Res. (Tokyo)* (2016). doi:10.1093/jrr/rrw005
41. Mabuchi, K. *et al.* Cancer incidence in atomic bomb survivors. Part I: Use of the tumor registries in Hiroshima and Nagasaki for incidence studies. *Radiat. Res.* **137**, S1-16 (1994).
42. Preston, D. L. *et al.* Cancer incidence in atomic bomb survivors. Part III. Leukemia, lymphoma and multiple myeloma, 1950-1987. *Radiat. Res.* **137**, S68-97 (1994).
43. Preston, D. L. *et al.* Effect of recent changes in atomic bomb survivor dosimetry on cancer mortality risk estimates. *Radiat. Res.* **162**, 377–389 (2004).
44. Ozasa, K. *et al.* Studies of the mortality of atomic bomb survivors, Report 14, 1950-2003: an overview of cancer and noncancer diseases. *Radiat. Res.* **177**, 229–243 (2012).
45. Preston, D. L., Pierce, D. A., Shimizu, Y., Ron, E. & Mabuchi, K. Dose response and temporal patterns of radiation-associated solid cancer risks. *Health Phys.* **85**, 43–46 (2003).

46. Schonfeld, S. J., Lee, C. & Berrington de González, A. Medical exposure to radiation and thyroid cancer. *Clin. Oncol. R. Coll. Radiol. G. B.* **23**, 244–250 (2011).
47. Effects of Ionizing Radiation: UNSCEAR 2006, Volume I, Report to the General Assembly - 07-82087_Report_2006_Web.pdf.
48. 93Lecomte2SFRP - OS1a_-JFLecomte.pdf.
http://www.sfrp.asso.fr/medias/sfrp/documents/OS1a_-JFLecomte.pdf.
49. David J. Brenner, PHD, DSc Carl D., MA. Estimated radiation risks potentially associated with full-body CT screening. *Radiology* 2004; 232:735–738
50. Taibi, N. *et al.* Radiobiological effect of ^{99m}Tc-MIBI in human peripheral blood lymphocytes: ex vivo study using micronucleus/FISH assay. *Cancer Lett.* **233**, 68–78 (2006).
51. La relation dose-effet et l'estimation des effets cancérogènes des faibles doses de rayonnements ionisants - Mars 2005 - Texte intégral - rapport070405.pdf.
52. Boice, J. D., Preston, D., Davis, F. G. & Monson, R. R. Frequent chest X-ray fluoroscopy and breast cancer incidence among tuberculosis patients in Massachusetts. *Radiat. Res.* **125**, 214–222 (1991).
53. Doody, M. M. *et al.* Breast cancer mortality after diagnostic radiography: findings from the U.S. Scoliosis Cohort Study. *Spine* **25**, 2052–2063 (2000).
54. Preston, D. L. *et al.* Radiation effects on breast cancer risk: a pooled analysis of eight cohorts. *Radiat. Res.* **158**, 220–235 (2002).
55. Berrington de González, A. & Reeves, G. Mammographic screening before age 50 years in the UK: comparison of the radiation risks with the mortality benefits. *Br. J. Cancer* **93**, 590–596 (2005).
56. Law, J., Faulkner, K. & Young, K. C. Risk factors for induction of breast cancer by X-rays and their implications for breast screening. *Br. J. Radiol.* **80**, 261–266 (2007).
57. Law J, Faulkner K. Cancers detected and induced, and associated risk and benefit, in a breast screening programme. - PubMed - *Br J Radiol.*(2001) Dec;**74**(888):1121-7
58. Brenner, D. J. *et al.* Routine screening mammography: how important is the radiation-risk side of the benefit-risk equation? *Int. J. Radiat. Biol.* **78**, 1065–1067 (2002).
59. Oh, J. S. & Koea, J. B. Radiation risks associated with serial imaging in colorectal cancer patients: should we worry? *World J. Gastroenterol.* **20**, 100–109 (2014).
60. Pearce, M. S. *et al.* Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study. *Lancet Lond. Engl.* **380**, 499–505 (2012).
61. Mathews, J. D. *et al.* Cancer risk in 680,000 people exposed to computed tomography scans in childhood or adolescence: data linkage study of 11 million Australians. *BMJ* **346**, f2360 (2013).
62. Huang, W.-Y. *et al.* Paediatric head CT scan and subsequent risk of malignancy and benign brain tumour: a nation-wide population-based cohort study. *Br. J. Cancer* **110**, 2354–2360 (2014).
63. Journy, N. *et al.* Are the studies on cancer risk from CT scans biased by indication? Elements of answer from a large-scale cohort study in France. *Br. J. Cancer* **112**, 185–193 (2015).
64. Baysson, H., Etard, C., Brisse, H. J. & Bernier, M.-O. [Diagnostic radiation exposure in children and cancer risk: current knowledge and perspectives]. *Arch. Pédiatrie Organe Off. Société Fr. Pédiatrie* **19**, 64–73 (2012).
65. Baysson, H. *et al.* [Exposure to CT scans in childhood and long-term cancer risk: A review of epidemiological studies]. *Bull. Cancer (Paris)* **103**, 190–198 (2016).
66. Kleinerman, R. A. Cancer risks following diagnostic and therapeutic radiation exposure in children. *Pediatr. Radiol.* **36 Suppl 2**, 121–125 (2006).
67. Krille, L. *et al.* Computed tomographies and cancer risk in children: a literature overview of CT practices, risk estimations and an epidemiologic cohort study proposal.

Radiat. Environ. Biophys. **51**, 103–111 (2012).

68. H Brisse et al. - Scanner, dosimétrie et optimisation chez l'enfant. Institut Curie, Paris, CHU Clocheville, Tours, OPRI. *Sfip-radiopédiatrie*. (Janvier 2002).

69. Ulsh, B. A. Are Risks From Medical Imaging Still too Small to Be Observed or Nonexistent? *Dose-Response Publ. Int. Hormesis Soc.* **13**, (2015).

70. Brenner, D. J. et al. Cancer risks attributable to low doses of ionizing radiation: assessing what we really know. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* **100**, 13761–13766 (2003).

71. Hendee, W. R. et al. Addressing overutilization in medical imaging. *Radiology* **257**, 240–245 (2010).

72. Medical Imaging Technologies in Canada, 2006 — Supply, Utilization and Sources of Operating Funds - mit_analysis_in_brief_e.pdf.

73. Mendelson R, Wong D, Bairstow P. Diagnostic imaging pathways: Towards the appropriate use of diagnostic imaging [abstrac.

74. Managing high value capital equipment in the NHS in England. Fifty third report of session 2010-12. *The House of Commons*. (12 october 2011)

75. Hall, E. J. & Brenner, D. J. Cancer risks from diagnostic radiology. *Br. J. Radiol.* **81**, 362–378 (2008).

76. National Lung Screening Trial Research Team et al. Results of initial low-dose computed tomographic screening for lung cancer. *N. Engl. J. Med.* **368**, 1980–1991 (2013).

77. Gregroy A, Kawamoto R, Lopez J, Palmer D, Petkun A, Socal M, et al. Implications for the utilization of advanced medical.

78. You, J. J., Levinson, W. & Laupacis, A. Attitudes of Family Physicians, Specialists and Radiologists about the Use of Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging in Ontario. *Healthc. Policy Polit. Santé* **5**, 54–65 (2009).

79. Lysdahl, K. B. & Hofmann, B. M. What causes increasing and unnecessary use of radiological investigations? a survey of radiologists' perceptions. *BMC Health Serv. Res.* **9**, 155 (2009).

80. Street, M., Brady, Z., Van Every, B. & Thomson, K. R. Radiation exposure and the justification of computed tomography scanning in an Australian hospital emergency department. *Intern. Med. J.* **39**, 713–719 (2009).

81. Conclusions du séminaire du 16 septembre 2010 organisé par l'ASN

82. 28 juin 2010 - ipaqss_rapport-cdei_2010.pdf.

83. Cohen, M. D., Curtin, S. & Lee, R. Evaluation of the quality of radiology requisitions for intensive care unit patients. *Acad. Radiol.* **13**, 236–240 (2006).

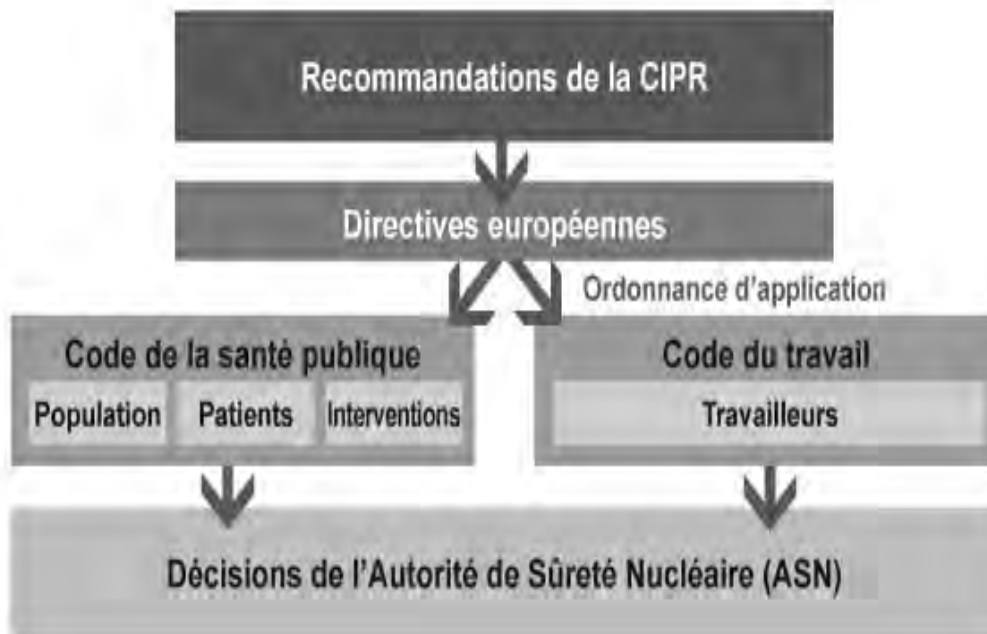
84. P Roussel, N Lelievre. Améliorer la qualité des prescriptions d'examen d'imagerie médicale. *Journal de radiologie*, Vol 83, N°5, pp.621-625. (2002)

85. J Chabriaris, B Aubert. Suivi informatisé de la dosimétrie patient- sfr 4i - jfr 2008 dosimetrie.pdf.

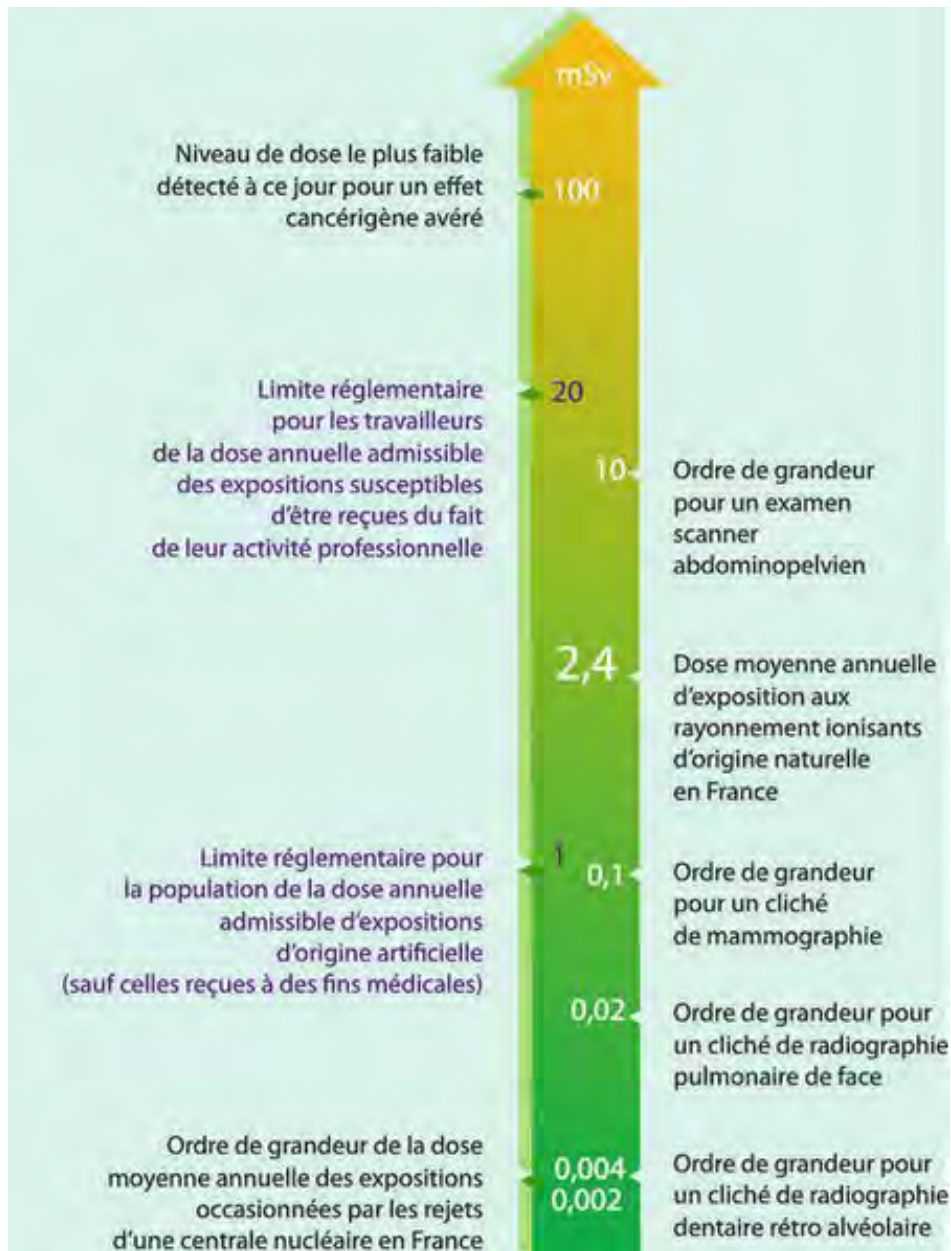
86. Appropriate use of Medical Imaging in Canada - (May 17,2012)

87. IRSN - Doses délivrées aux patients en scanographie et en radiologie conventionnelle - Résultats d'une enquête multicentrique en serveur public - IRSN-Rapport-dosimetrie-patient-2010-12.pdf.

Annexe1 : Organigramme de la réglementation en Radioprotection



Annexe 2 : NIVEAU D'EXPOSITION LORS D'EXAMENS DIAGNOSTIQUES EN COMPARAISON A L'IRRADIATION NATURELLE (mSv)



Annexe 3 : DOSE EFFICACE ET EQUIVALENT EN IRRADIATION NATURELLE

Type d'examen	Dose efficace (mSv)	Equivalent en nombre de radios pulmonaires	Equivalent en irradiation naturelle
Radiographie			
Extrémités (genoux)	0,01	0,5	1,5 jours
Thorax	0,02	1	3 jours
Crâne	0,1	5	2 semaines
Rachis cervical	0,1	5	2 semaines
Rachis dorsal	1,0	50	6 mois
Rachis lombaire	2,4	120	14 mois
Hanches	0,3	15	2 mois
Pelvis	1,0	50	6 mois
Abdomen	1,5	75	9 mois
UTV	4,6	230	2,5 ans
Scanner			
Cerveau	2,0	100	1 an
Rachis cervical	3,0	150	18 mois
Rachis dorsal	6,0	300	3 ans
Thorax	8,0	400	4 ans
Abdomen	8,0	400	4 ans
Rachis lombaire	3,5	175	1,8 ans
Pelvis	7,0	350	3,5 ans

D'après A.C. Perkins, Nuclear Medicine : Science and safety, John Libbey (1996)

Annexe 4 : RELATION LINEAIRE SANS SEUIL

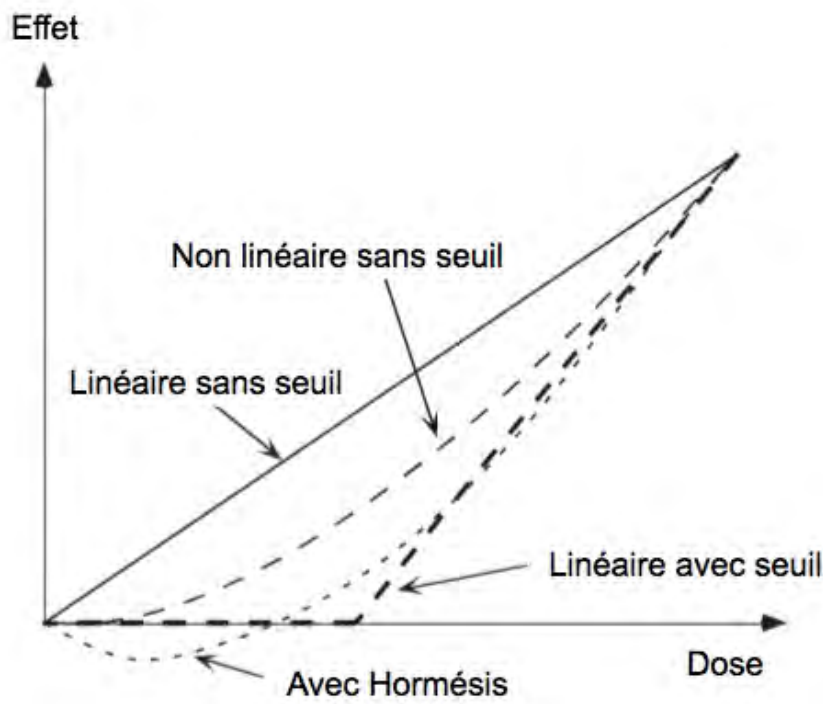
Relation linéaire sans seuil



Données de Hiroshima Nagasaki extrapolé dans le domaine des faibles doses

Source: IRSN

Annexe 5 : EFFET HORMESIS



Source: IRSN

**Grandeurs dosimétriques et valeurs numériques
définissant les niveaux de référence diagnostiques (NRD).
Données IRSN**

■ **Radiologie classique**

La grandeur dosimétrique retenue comme référence est la dose à la surface d'entrée du patient (DE).

TABLEAU 1

ADULTE			
Examen	DE (mGy)	Examen	DE (mGy)
Thorax de face (PA)	0,3	Abdomen sans préparation	10
Thorax de profil	1,5	Bassin de face (AP)	10
Rachis lombaire de face	10	Crâne face	5
Rachis lombaire de profil	30	Crâne profil	3
Mammographie	10		

Pour la mammographie, on tend à se référer à la dose glandulaire moyenne.

■ **Scanographie**

Deux grandeurs dosimétriques sont retenues ;

1. l'Indice de Dose de Scanographie Pondéré (IDSP) [équivalent du CTDI(w) (weighted Computed Tomography Dose Index) ; et
2. le Produit Dose.Longueur (PDL).

TABLEAU 2

NRD pour les examens en scanographie adulte (pour une seule acquisition sans injection)

Examen	IDSP ou CTDI w (mGy)	PDL (mGy-cm)
Encéphale	58	1 050
Thorax	20	500
Abdomen	25	650
Pelvis	25	450

Remarques :

Les régions anatomiques du tableau 2 ne correspondent pas toujours à la pratique. Par ex., l'abdomen et le pelvis font souvent l'objet d'une acquisition commune. Les valeurs de référence sont alors à adapter. Pour une acquisition abdomino-pelvienne, l'IDSP de référence reste 25 mGy et le PDL de référence devient 1100 mGy.cm (somme des PDL des 2 examens).

Sur les appareils récents (balayage hélicoïdal) c'est l'Indice de Dose de Scanographie du Volume (IDSV) ou $CTDI_{vol}$ qui est affiché à la console. La relation entre les 2 grandeurs est donnée par la formule : $CTDI_{vol} = CTDI_w/pitch$.

Source IRSN

Abstract

Personalized monitoring of irradiation: Actual situation and proposal of a dosimetric book used by the patient and his doctor.

In France there are nearly 80 million medical procedures annually and 3.6 billion irradiating imaging procedures per year worldwide, or a doubling in 20 years time. In France, since the September 2006 decree, radiologists must give the dosimetric information in the minutes of a ionizing act. The main objective of this work was to create a dosimetric book for the use of the physician, after an inventory of medical irradiation in 2016 and knowledge about the risk of radiation-induced cancers. The irradiation represents nearly a third of the average annual exposure of the individual and was of 1.6 mSv in 2010 with an increase of 20% since 2007. While representing only 10.4% of the number of acts, scanners represent 71.3% of the dose collective effective dose. Epidemiological studies have not demonstrated threshold cancer risk induced by x-rays but they agree on an excess risk in children and in the early age at exposure. In practice, for the radiation protection of patients, the precautionary principle applies: all exposure, even minimal ones, is associated with a risk; we accept this risk if the exposure is accepted. To manage the growth of inappropriate actions and educate general practitioners and patients to medical exposure, the dosimetric book would be able to communicate more transparently on the doses delivered, firstly between radiologist and general practitioner and secondly with patients. Dosimetric survey aims to cumulative assessment of medical irradiation of patients requiring iterative imaging.

**Le suivi personnalisé de l'irradiation médicale :
Etats des lieux et proposition d'un carnet dosimétrique
utilisable par le patient et son médecin traitant.**

RESUME EN FRANÇAIS :

On dénombre en France près de 80 millions d'actes médicaux par an et 3,6 milliards d'actes d'imagerie irradiants par an dans le monde soit une multiplication par deux en 20 ans. En France, depuis l'arrêté de septembre 2006, le médecin radiologue doit faire figurer les informations dosimétriques dans le compte rendu d'acte ionisant. L'objectif principal de ce travail est la création d'un carnet dosimétrique à l'usage du médecin traitant, après avoir fait un état des lieux de l'irradiation médicale en 2016 et des connaissances sur le risque de cancers radio induits. L'irradiation médicale représente près du tiers de l'exposition annuelle moyenne de l'individu soit 1,6 mSv en 2010 soit une augmentation de 20 % depuis 2007. Bien que ne représentant que 10,4% du nombre d'actes, les examens scanners représentent 71,3% de la dose la dose efficace collective. Les études épidémiologiques n'ont pas mis en évidence de seuil du risque de cancer radios induits mais elles s'accordent sur un excès de risque chez les enfants et selon l'âge de début à l'exposition. En pratique pour la radioprotection des patients, le principe de précaution s'applique : toute exposition même minime est associée à un risque, on accepte ce risque si l'on accepte l'exposition. Afin de gérer la croissance des actes inappropriés et de sensibiliser le médecin généraliste et les patients à l'exposition médicale, le carnet dosimétrique permettrait de pouvoir communiquer de façon plus transparente sur les doses délivrées, d'une part entre radiologue et médecin généraliste et d'autre part avec les patients. Le relevé dosimétrique a pour but une évaluation cumulative de l'irradiation médicale des patients nécessitant un suivi itératif par imagerie.

TITRE EN ANGLAIS : .Personalized monitoring of irradiation: Actual situation and proposal of a dosimetric book used by the patient and his doctor.

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : Médecine générale

MOTS-CLÉS exposition médicale, irradiation médicale, radioprotection, dose efficace, risque de cancers radios induits, dosimétrie patient

INTITULÉ ET ADRESSE DE L'UFR OU DU LABORATOIRE :
Université Toulouse III-Paul Sabatier
Faculté de médecine Toulouse-Rangueil
118 route de Narbonne – 31062 Toulouse Cedex 04 - France

Directeur de thèse : Marion JAFFRO