

Académie d'Orléans –Tours
Université François-Rabelais

FACULTE DE MEDECINE DE TOURS

Année 2015

N°

Thèse

pour le

DOCTORAT EN MEDECINE

Diplôme d'Etat

Par

RAZERMERA Fallys Harimanantena
Née le 5 septembre 1984 au Mans (72)

Présentée et soutenue publiquement le 15 septembre 2015

**Etude dosimétrique de l'exposition diagnostique et thérapeutique
aux radiations lors d'un séjour en Réanimation**

Radiation Exposure Associated with Imaging in ICU: REA Imaging

Jury

Président de Jury : Monsieur le Professeur Marc Laffon
Membres du jury : Monsieur le Professeur Laurent Brunereau, CHRU Tours
Monsieur le Professeur Francis Remerand, CHRU Tours
Madame le Docteur Martine Ferrandière, CHRU Tours
Monsieur le Docteur Serge Maïa, CHRU Tours
Monsieur le Docteur Brice Fermier, CHRU Tours.

Académie d'Orléans –Tours
Université François-Rabelais

FACULTE DE MEDECINE DE TOURS

Année 2015

N°

Thèse

pour le

DOCTORAT EN MEDECINE

Diplôme d'Etat

Par

RAZERMERA Fallys Harimanantena
Née le 5 septembre 1984 au Mans (72)

Présentée et soutenue publiquement le 15 septembre 2015

**Etude dosimétrique de l'exposition diagnostique et thérapeutique
aux radiations lors d'un séjour en Réanimation**

Radiation Exposure Associated with Imaging in ICU: REA Imaging

Jury

Président de Jury : Monsieur le Professeur Marc Laffon
Membres du jury : Monsieur le Professeur Laurent Brunereau, CHRU Tours
Monsieur le Professeur Francis Remerand, CHRU Tours
Madame le Docteur Martine Ferrandière, CHRU Tours
Monsieur le Docteur Serge Maïa, CHRU Tours
Monsieur le Docteur Brice Fermier, CHRU Tours.

Dosis facit venenum (la dose fait le poison)

Paracelsus (1493-1541)

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier les membres de mon jury de thèse,

Monsieur le Professeur Marc LAFFON pour m'avoir fait l'honneur de présider ce jury de thèse et pour la richesse de votre enseignement ;

Monsieur le Professeur Francis REMERAND pour vos conseils donnés tout au long de ce travail et pour la qualité de votre formation ;

Monsieur le Professeur Laurent BRUNEREAU pour votre expertise sur le vaste domaine de la Radiologie, pour avoir permis la collaboration étroite entre nos deux services et pour avoir accepté de juger ce travail ;

Monsieur le Docteur Serge MAIA pour votre grande implication dans la réalisation et l'interprétation de ce travail. Je vous suis reconnaissante de toutes ces recherches effectuées, d'avoir été présent lors de mes moments de doute ;

Monsieur le Docteur Brice FERMIER pour tout ce que j'ai appris à tes côtés, pour ta gentillesse et ta bonne humeur au quotidien. Tu as été mon premier co-interne et un modèle tout du long de mon internat ;

Madame le Docteur Martine FERRANDIERE pour ta patience, ta disponibilité et ton aide précieuse. Nous avons franchi toutes les difficultés ensemble. Merci de m'avoir fait confiance et de m'avoir épaulée tout au long de ce travail.

Mais aussi,

Monsieur GODART, Monsieur GOGUET et tout le personnel du laboratoire Dosilab ®, pour votre soutien logistique notamment la fourniture du matériel indispensable au bon déroulement de cette étude ainsi que pour tout le travail fourni dans l'interprétation des différents résultats.

Madame Catherine PERAULT, pour vos avis éclairés

Les médecins et manipulateurs d'électroradiologie médicale du CHRU Trousseau, pour leur participation active à la réalisation de ce travail ;

Monsieur Nicolas POINTEAU, pour tous vos bons conseils et votre intérêt pour ce travail ;

Tous les médecins qui m'ont accompagné et tant appris tout au long de mes études. Tout particulièrement, Dominique, Octavian et Abdallah à Blois ; Khalid à Orléans ; Anne – Cha, Mathilde, Stéphanie, Lionel, Djilali, Fabien à Tours ;

Tout le personnel paramédical et administratif des différents services dans lesquels j'ai pu exercer. J'ai une pensée particulière pour **l'unité de Réanimation Chirurgicale** et pour vous tous qui ont activement contribué à la réalisation de ce travail (Merci Virginie !) ;

Mes co-internes, anciens et actuels : Mai-Anh (mon externe !), Amélie, Jessica, Edouard, Joseph, Benco Adrien, Thomas, Pascaline, Sarah, Juliette, Stéphanie, Sofian ainsi que tous ceux rencontrés au décours de mon parcours ;

Sabine, mon binôme, mon amie, pour ton soutien.

Caroline et Charlotte, notre rencontre fut l'un des moments importants de mon internat. Merci pour cette belle amitié.

Amali, pour ton amitié et ta présence rassurante le 11 juillet 2014.

Mes co-externes d'Angers notamment Harmony, Elodie, Julie, Jessica, Fifi, Lucie et Flora pour ces belles années d'études et ces bons moments passés ensemble.

Mathilde, fidèle Amie depuis tant d'années. Merci de ton amitié et d'avoir toujours été là. Nous deux, c'est pour la vie.

Adé, Roxane, Rozenn, Solène mes copines de toujours pour tous les bons moments passés et à venir.

Tous mes amis du Mans, d'Angers, Nantes et Paris pour votre présence à mes côtés.

Mes parents, pour toutes les valeurs que vous m'avez transmises, votre soutien de tous les jours et les étapes importantes de nos vies. Si j'en suis là, c'est grâce à vous. MERCI ;

Mon frère Harrys et ma sœur Gladys, pour votre présence auprès de moi depuis toujours ;

Tous mes proches : Mamie, Tatie Nirina, Tatie Sahondra, mes cousins, cousine, Jean et vous tous pour m'avoir toujours encouragée.

Florian, tu m'accompagnes depuis le début de cette aventure que l'on appelle « médecine ». Tu as été d'un soutien sans faille. Ta présence rassurante à mes côtés me permet d'avancer. Je te remercie pour le bonheur que nous vivons, tous les jours.

Je tiens à dédier ce travail de thèse à **Gabrielle**, ma fille, ma joie, ma vie.

RESUME : ETUDE DOSIMETRIQUE DE L'EXPOSITION DIAGNOSTIQUE ET THERAPEUTIQUE AUX RADIATIONS LORS D'UN SEJOUR EN REANIMATION

Introduction : Lors d'un séjour en réanimation, des examens irradiants sont utilisés. L'irradiation médicale peut conduire à des effets secondaires. Actuellement, il n'existe aucun dispositif permettant de mesurer, en routine, l'irradiation reçue par un patient. L'objectif principal de cette étude était de mesurer, par dosimétrie passive, la dose effective (DE) cumulée reçue. Les objectifs secondaires étaient de comparer les doses mesurées aux doses estimées et de rechercher l'existence de sous-groupe à risque majoré d'irradiation.

Matériel et méthodes : Après information et recueil du consentement, tous les patients inclus ont été dotés de 4 dosimètres (DosiBadge, Dosilab, Villeurbanne, France), mesurant les doses reçues lors de radiographies, de tomodensitométrie (TDM) cérébrale, thoracique et abdomino-pelvienne pendant tout leur séjour en réanimation. Tous les examens irradiants étaient listés et la DE administrée colligée. Les comparaisons irradiation mesurée vs estimée ont été réalisées selon le type de TDM reçue. Les résultats sont exprimés en médiane (25^{ème}, 75^{ème} quantiles). Comparaison doses mesurées vs estimées : test de corrélation et des tests de concordance de Bland et Altman. Recherche de sous-groupe à risque majoré d'irradiation : test de Mann-Whitney.

Résultats : Cent dix-sept patients inclus, 100 analysés. La mesure par dosimétrie passive de l'irradiation lors des TDM cérébrales n'était ni concordante ni corrélée. Elle a été expurgée des résultats de DE cumulée (concernait 15 patients). La DE cumulée médiane mesurée était de 0,30 mSv (0,15 ; 14,84). Il existait une corrélation significative ($r = 0,801$, $p < 0,0001$) entre la DE cumulée mesurée et celle estimée (0,17 mSv (0,10 ; 17,95)). La DE cumulée moyenne médiane était de 35,26 mSv (18,96 ; 62,36) chez les patients ayant reçu au moins une TDM. Le sous-groupe de patient admis en post opératoire de chirurgie ($p = 0,019$) était à risque majoré d'irradiation

Conclusion : La dose effective cumulée médiane mesurée lors d'un séjour en réanimation chirurgicale était de 0,30 mSv par patient et de 35,26 mSv chez les patients ayant reçu au moins une TDM. Le sous-groupe de patient admis en post opératoire de chirurgie était à risque majoré d'irradiation.

Mots clés : exposition aux irradiations, réanimation chirurgicale, mesure de l'irradiation

ABSTRACT RADIATION EXPOSURE ASSOCIATED WITH IMAGING IN ICU : REA IMAGING

Introduction: During a stay in intensive care unit, radiation imaging are used. Medical radiation can lead to side effects. Currently, there is no device that enables to routinely measure the radiation dose received by a patient. The main objective of this study was to measure, by passive dosimetry, the cumulative effective dose (ED) received. The secondary objectives were to compare the measured doses with estimated doses and to look for the existence of subgroups with increased risks of irradiation.

Material and methods: After information and consent, all patient enrolled were equipped with 4 dosimeters (DosiBadge, Dosilab, Villeurbanne, France) that measure doses received during radiographies, cerebral, chest and abdominopelvic computed tomography (CT) during their stay in intensive care unit. All the radiations imaging were listed and the administered ED was colligated. The comparisons of measured radiations dose with estimated ones were carried out according to the type of CT received. The results are expressed as median (25th, 75th quantiles). Comparisons measured doses with estimated ones: correlation tests and Bland-Altman agreement tests. To search for subgroups with increased risks of radiation: Mann-Whitney tests.

Results: One hundred and seventeen patients enrolled, 100 analyzed. Passive dosimetry measurement of radiation dose during the cerebral CT was neither concordant nor correlated. It was expurgated from the results of the cumulative ED (15 patients involved). The median cumulative ED measured was 0,30 mSv (0,15 ; 14,84). A significant correlation ($r = 0,801$, $p < 0,0001$) existed between the cumulative ED measured and the estimated one (0,17 mSv (0,10 ; 17,95)). The average median cumulative ED was 35,26 mSv (18,96 ; 62,36) for patients who received at least a CT. The subgroup of patients admitted to postoperative of surgery ($p = 0,019$) was at increased risks of irradiation.

Conclusion: The median cumulative ED measured during a stay in surgical intensive care unit was 0,30 mSv per patient and 35,26 mSv for patients who received at least one CT. The subgroups of patients admitted to postoperative of surgery was at increased risks of irradiation.

Key Words: Radiation exposure, Surgical intensive care, measures of radiation dose

UNIVERSITÉ FRANÇOIS RABELAIS
FACULTÉ DE MÉDECINE DE TOURS

DOYEN

Professeur Patrice DIOT

VICE-DOYEN

Professeur Henri MARRET

ASSESSEURS

Professeur Denis ANGOULVANT, *Pédagogie*
Professeur Mathias BUCHLER, *Relations Internationales*
Professeur Hubert LARDY, *Moyens – relations avec l'Université*
Professeur Anne-Marie LEHR-DRYLEWICZ, *Médecine générale*
Professeur François MAILLOT, *Formation Médicale Continue*
Professeur Philippe ROINGEARD, *Recherche*

SECRETAIRE GENERALE

Madame Fanny BOBLETER

DOYENS HONORAIRES

Professeur Emile ARON (+) – 1962-1966
Directeur de l'École de Médecine - 1947-1962
Professeur Georges DESBUQUOIS (+) - 1966-1972
Professeur André GOUAZÉ - 1972-1994
Professeur Jean-Claude ROLLAND – 1994-2004
Professeur Dominique PERROTIN – 2004-2014

PROFESSEURS EMERITES

Professeur Alain AUTRET
Professeur Catherine BARTHELEMY
Professeur Jean-Claude BESNARD
Professeur Patrick CHOUTET
Professeur Etienne DANQUECHIN-DORVAL
Professeur Guy GINIES
Professeur Olivier LE FLOCH
Professeur Etienne LEMARIE
Professeur Chantal MAURAGE
Professeur Léandre POURCELOT
Professeur Michel ROBERT
Professeur Jean-Claude ROLLAND

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. Ph. ANTHONIOZ - A. AUDURIER – Ph. BAGROS - G. BALLON – P. BARDOS - J. BARSOTTI
A. BENATRE - Ch. BERGER – J. BRIZON - Mme M. BROCHIER - Ph. BURDIN - L. CASTELLANI
J.P. FAUCHIER - B. GRENIER – A. GOUAZE – M. JAN – J.-P. LAMAGNERE - F. LAMISSE – J. LANSAC – J.
LAUGIER - G. LELORD - G. LEROY - Y. LHUINTE - M. MAILLET - Mlle C. MERCIER – J. MOLINE - Cl.
MORAINE - J.P. MUH - J. MURAT - Ph. RAYNAUD – J.C. ROLLAND – Ch. ROSSAZZA - Ph. ROULEAU - A.
SAINDELLE - J.J. SANTINI - D. SAUVAGE – J. THOUVENOT - B. TOUMIEUX - J. WEILL.

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

| | | |
|-----|-------------------------------------|--|
| MM. | ALISON Daniel..... | Radiologie et Imagerie médicale |
| | ANDRES Christian..... | Biochimie et Biologie moléculaire |
| | ANGOUVANT Denis..... | Cardiologie |
| | ARBEILLE Philippe..... | Biophysique et Médecine nucléaire |
| | AUPART Michel..... | Chirurgie thoracique et cardiovasculaire |
| | BABUTY Dominique..... | Cardiologie |
| | BALLON Nicolas..... | Psychiatrie ; Addictologie |
| Mme | BARILLOT Isabelle..... | Cancérologie ; Radiothérapie |
| MM. | BERNARD Louis..... | Maladies Infectieuses ; maladies tropicales |
| | BEUTTER Patrice..... | Oto-Rhino-Laryngologie |
| | BINET Christian..... | Hématologie ; Transfusion |
| | BODY Gilles..... | Gynécologie et Obstétrique |
| | BONNARD Christian..... | Chirurgie Infantile |
| | BONNET Pierre..... | Physiologie |
| Mme | BONNET-BRILHAULT Frédérique..... | Physiologie |
| MM. | BOUGNOUX Philippe..... | Cancérologie ; Radiothérapie |
| | BRILHAULT Jean..... | Chirurgie orthopédique et traumatologique |
| | BRUNEREAU Laurent..... | Radiologie et Imagerie médicale |
| | BRUYERE Franck..... | Urologie |
| | BUCHLER Matthias..... | Néphrologie |
| | CALAIS Gilles..... | Cancérologie ; Radiothérapie |
| | CAMUS Vincent..... | Psychiatrie d'adultes |
| | CHANDENIER Jacques..... | Parasitologie et Mycologie |
| | CHANTEPIE Alain..... | Pédiatrie |
| | COLOMBAT Philippe..... | Hématologie ; Transfusion |
| | CONSTANS Thierry..... | Médecine Interne ; Gériatrie et Biologie du vieillissement |
| | CORCIA Philippe..... | Neurologie |
| | COGNAY Pierre..... | Cardiologie |
| | COTTIER Jean-Philippe..... | Radiologie et Imagerie médicale |
| | COUET Charles..... | Nutrition |
| | DANQUECHIN DORVAL Etiene..... | Gastroentérologie ; Hépatologie |
| | DE LA LANDE DE CALAN Lolo..... | Chirurgie digestive |
| | DE TOFFOL Bertrand..... | Neurologie |
| | DEQUIN Pierre-François..... | Thérapeutique ; médecine d'urgence |
| | DESTRIEUX Christophe..... | Anatomie |
| | DIOT Patrice..... | Pneumologie |
| | DU BOUEXIC de PINIEUX Gonzague..... | Anatomie & Cytologie pathologiques |
| | DUMONT Pascal..... | Chirurgie thoracique et cardiovasculaire |
| | EL HAGE Wissam..... | Psychiatrie adultes |
| | FAUCHIER Laurent..... | Cardiologie |
| | FAVARD Luc..... | Chirurgie orthopédique et traumatologique |
| | FOUQUET Bernard..... | Médecine physique et de Réadaptation |
| | FRANCOIS Patrick..... | Neurochirurgie |
| | FROMONT-HANKARD Gaëlle..... | Anatomie & Cytologie pathologiques |
| | FUSCIARDI Jacques..... | Anesthésiologie et Réanimation chirurgicale ; médecine d'urgence |
| | GAILLARD Philippe..... | Psychiatrie d'Adultes |
| | GYAN Emmanuel..... | Hématologie ; thérapie cellulaire |
| | GOGA Dominique..... | Chirurgie maxillo-faciale et Stomatologie |
| | GOUDEAU Alain..... | Bactériologie -Virologie ; Hygiène hospitalière |
| | GOUPILLE Philippe..... | Rhumatologie |
| | GRUEL Yves..... | Hématologie ; Transfusion |
| | GUERIF Fabrice..... | Biologie et Médecine du développement et de la reproduction |
| | GUILMOT Jean-Louis..... | Chirurgie vasculaire ; Médecine vasculaire |
| | GUYETANT Serge..... | Anatomie et Cytologie pathologiques |
| | HAILLOT Olivier..... | Urologie |
| | HALIMI Jean-Michel..... | Thérapeutique ; médecine d'urgence (Néphrologie et Immunologie clinique) |
| | HANKARD Régis..... | Pédiatrie |
| | HERAULT Olivier..... | Hématologie ; transfusion |
| | HERBRETEAU Denis..... | Radiologie et Imagerie médicale |
| Mme | HOMMET Caroline..... | Médecine Interne, Gériatrie et Biologie du vieillissement |
| MM. | HUTEN Noël..... | Chirurgie générale |
| | LABARTHE François..... | Pédiatrie |
| | LAFFON Marc..... | Anesthésiologie et Réanimation chirurgicale ; médecine d'urgence |
| | LARDY Hubert..... | Chirurgie Infantile |
| | LASFARGUES Gérard..... | Médecine et Santé au Travail |
| | LAURE Boris..... | Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie |
| | LEBRANCHU Yvon..... | Immunologie |
| | LECOMTE Thierry..... | Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie |

| | | |
|-----|------------------------------|---|
| | LESCANNE Emmanuel..... | Oto-Rhino-Laryngologie |
| | LINASSIER Claude..... | Cancérologie ; Radiothérapie |
| | LORETTE Gérard..... | Dermato-Vénérologie |
| | MACHET Laurent..... | Dermato-Vénérologie |
| | MAILLOT François..... | Médecine Interne |
| | MARCHAND-ADAM Sylvain..... | Pneumologie |
| | MARRET Henri..... | Gynécologie et Obstétrique |
| | MARUANI Annabel..... | Dermatologie |
| | MEREGHETTI Laurent..... | Bactériologie-Virologie ; Hygiène hospitalière |
| | MORINIERE Sylvain..... | O.R.L. |
| | MULLEMAN Denis..... | Rhumatologie |
| | PAGES Jean-Christophe..... | Biochimie et biologie moléculaire |
| | PAINTAUD Gilles..... | Pharmacologie fondamentale, Pharmacologie clinique |
| | PATAT Frédéric..... | Biophysique et Médecine nucléaire |
| | PERROTIN Dominique..... | Réanimation médicale ; médecine d'urgence |
| | PERROTIN Franck..... | Gynécologie et Obstétrique |
| | PISELLA Pierre-Jean..... | Ophthalmologie |
| | QUENTIN Roland..... | Bactériologie-Virologie ; Hygiène hospitalière |
| | REMERAND Francis..... | Anesthésiologie et Réanimation chirurgicale |
| | ROBIER Alain..... | Oto-Rhino-Laryngologie |
| | ROINGEARD Philippe..... | Biologie cellulaire |
| | ROSSET Philippe..... | Chirurgie orthopédique et traumatologique |
| | ROYERE Dominique..... | Biologie et Médecine du développement et de la Reproduction |
| | RUSCH Emmanuel..... | Epidémiologie, Economie de la Santé et Prévention |
| | SALAME Ephrem..... | Chirurgie digestive |
| | SALIBA Eile..... | Biologie et Médecine du développement et de la Reproduction |
| Mme | SANTIAGO-RIBEIRO Maria..... | Biophysique et Médecine Nucléaire |
| MM. | SIRINELLI Dominique..... | Radiologie et Imagerie médicale |
| | THOMAS-CASTELNAU Pierre..... | Pédiatrie |
| Mme | TOUTAIN Annick..... | Génétique |
| MM. | VAILLANT Loïc..... | Dermato-Vénérologie |
| | VELUT Stéphane..... | Anatomie |
| | WATIER Hervé..... | Immunologie. |

PROFESSEUR DES UNIVERSITÉS DE MEDECINE GENERALE

| | | |
|-----|--------------------------------|-------------------|
| M. | LEBEAU Jean-Pierre..... | Médecine Générale |
| Mme | LEHR-DRYLEWICZ Anne-Marie..... | Médecine Générale |

PROFESSEURS ASSOCIES

| | | |
|-----|----------------------|-------------------|
| MM. | MALLET Donatien..... | Soins palliatifs |
| | POTIER Alain..... | Médecine Générale |
| | ROBERT Jean..... | Médecine Générale |

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

| | | |
|------|----------------------------------|--|
| Mme | ANGOULVANT Théodora..... | Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique : addictologie |
| M. | BAKHOS David..... | Physiologie |
| Mme | BERNARD-BRUNET Anne..... | Biostatistiques, Informatique médical et Technologies de Communication |
| M. | BERTRAND Philippe..... | Biostatistiques, Informatique médical et Technologies de Communication |
| Mme | BLANCHARD Emmanuelle..... | Biologie cellulaire |
| | BLASCO Hélène..... | Biochimie et biologie moléculaire |
| M. | BOISSINOT Eric..... | Physiologie |
| Mme | CAILLE Agnès..... | Biostatistiques, Informatique médical et Technologies de Communication |
| M. | DESOUBÉAUX Guillaume..... | Parasitologie et mycologie |
| Mme | DUFOUR Diane..... | Biophysique et Médecine nucléaire |
| M. | EHRMANN Stephan..... | Réanimation médicale |
| Mme | FOUQUET-BERGEMER Anne-Marie..... | Anatomie et Cytologie pathologiques |
| M. | GATAULT Philippe..... | Néphrologie |
| Mmes | GAUDY-GRAFFIN Catherine..... | Bactériologie - Virologie ; Hygiène hospitalière |
| | GOUILLEUX Valérie..... | Immunologie |
| | GUILLON-GRAMMATICO Leslie..... | Biostatistiques, Informatique médical et Technologies de Communication |
| MM. | HOARAU Cyrille..... | Immunologie |
| | HOURIOUX Christophe..... | Biologie cellulaire |
| Mmes | LARTIGUE Marie-Frédérique..... | Bactériologie - Virologie ; Hygiène hospitalière |
| | LE GUELLEC Chantal..... | Pharmacologie fondamentale ; Pharmacologie clinique |
| | MACHET Marie-Christine..... | Anatomie et Cytologie pathologiques |

| | | |
|-----|------------------------------------|--|
| MM. | PIVER Eric..... | Biochimie et biologie moléculaire |
| | ROUMY Jérôme..... | Biophysique et médecine nucléaire In vitro |
| Mme | SAINT-MARTIN Pauline..... | Médecine légale et Droit de la santé |
| MM. | SAMIMI Mahtab..... | Dermatologie |
| | TERNANT David..... | Pharmacologie – toxicologie |
| Mme | VALENTIN-DOMELIER Anne-Sophie..... | Bactériologie – virologie ; Hygiène hospitalière |
| M. | VOURCH Patrick..... | Biochimie et Biologie moléculaire |

MAITRES DE CONFERENCES

| | | |
|-----|----------------------|-----------------------------------|
| Mme | ESNARD Annick..... | Biologie cellulaire |
| M. | LEMOINE Mael..... | Philosophie |
| Mme | MONJAUZE Cécile..... | Sciences du langage - Orthophonie |
| M. | PATIENT Romuald..... | Biologie cellulaire |

MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE

| | | |
|------|----------------------------|-------------------|
| Mmes | HUAS Caroline..... | Médecine Générale |
| | RENOUX-JACQUET Cécile..... | Médecine Générale |

CHERCHEURS INSERM - CNRS - INRA

| | | |
|------|------------------------------|---|
| M. | BOUAKAZ Ayache..... | Directeur de Recherche INSERM – UMR INSERM 930 |
| Mmes | BRUNEAU Nicole..... | Chargée de Recherche INSERM – UMR INSERM 930 |
| | CHALON Sylvie..... | Directeur de Recherche INSERM – UMR INSERM 930 |
| MM. | CHARBONNEAU Michel..... | Directeur de Recherche CNRS – UMR CNRS 7292 |
| | COURTY Yves..... | Chargé de Recherche CNRS – UMR INSERM 1100 |
| | GAUDRAY Patrick..... | Directeur de Recherche CNRS – UMR CNRS 7292 |
| | GILOT Philippe..... | Chargé de Recherche INRA – UMR INRA 1262 |
| | GOUILLEUX Fabrice..... | Directeur de Recherche CNRS – UMR CNRS 7292 |
| Mmes | GOMOT Marie..... | Chargée de Recherche INSERM – UMR INSERM 930 |
| | GRANDIN Nathalie..... | Chargée de Recherche CNRS – UMR CNRS 7292 |
| | HEUZE-VOURCH Nathalie..... | Chargée de Recherche INSERM – UMR INSERM 930 |
| MM. | KORKMAZ Brice..... | Chargé de Recherche INSERM – UMR INSERM 1100 |
| | LAUMONNIER Frédéric..... | Chargé de Recherche INSERM - UMR INSERM 930 |
| | LE PAPE Alain..... | Directeur de Recherche CNRS – UMR INSERM 1100 |
| Mme | MARTINEAU Joëlle..... | Chargée de Recherche INSERM – UMR INSERM 930 |
| MM. | MAZURIER Frédéric..... | Directeur de Recherche INSERM – UMR CNRS 7292 |
| | MEUNIER Jean-Christophe..... | Chargé de Recherche INSERM – UMR INSERM 966 |
| | RAOUL William..... | Chargé de Recherche INSERM – UMR CNRS 7292 |
| Mme | RIO Pascale..... | Chargée de Recherche INSERM – UMR INSERM 1069 |
| M. | SI TAHAR Mustapha..... | Directeur de Recherche INSERM – UMR INSERM 1100 |

CHARGES D'ENSEIGNEMENT

Pour la Faculté de Médecine

| | | |
|------|-------------------------|--|
| Mme | BIRMELE Béatrice..... | Praticien Hospitalier (éthique médicale) |
| M. | BOULAIN Thierry..... | Praticien Hospitalier (CSCT) |
| Mme | CRINIERE Lise..... | Praticien Hospitalier (endocrinologie) |
| M. | GAROT Denis..... | Praticien Hospitalier (sémiologie) |
| Mmes | MAGNAN Julie..... | Praticien Hospitalier (sémiologie) |
| | MERCIER Emmanuelle..... | Praticien Hospitalier (CSCT) |

Pour l'Ecole d'Orthophonie

| | | |
|-----|-----------------------|-----------------------|
| Mme | DELORE Claire..... | Orthophoniste |
| MM. | GOUIN Jean-Marie..... | Praticien Hospitalier |
| | MONDON Karl..... | Praticien Hospitalier |
| Mme | PERRIER Danièle..... | Orthophoniste |

Pour l'Ecole d'Orthopédie

| | | |
|-----|----------------------|-----------------------|
| Mme | LALA Emmanuelle..... | Praticien Hospitalier |
| M. | MAJZOUB Samuel..... | Praticien Hospitalier |

SERMENT D'HIPPOCRATE

En présence des Maîtres de cette Faculté,
de mes chers condisciples
et selon la tradition d'Hippocrate,
je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur
et de la probité dans l'exercice de la Médecine.

Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent,
et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux
ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira
les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas
à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

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

Que les hommes m'accordent leur estime
si je suis fidèle à mes promesses.
Que je sois couvert d'opprobre
et méprisé de mes confrères
si j'y manque.

Table des matières

| | |
|--|----|
| REMERCIEMENTS..... | 5 |
| RESUME | 8 |
| ABSTRACT | 9 |
| 1. INTRODUCTION | 17 |
| 2. MATERIELS ET METHODES | 18 |
| 2.1. TYPE D'ETUDE | 18 |
| 2.2. SCHEMA DE L'ETUDE | 18 |
| 2.3. OBJECTIFS ET CRITERES DE JUGEMENT..... | 18 |
| 2.3.1. objectif et critere d'evaluation principal | 18 |
| 2.3.2. objectifs et criteres d'evaluation secondaires | 19 |
| 2.4. CRITERES D'INCLUSION ET D'EXCLUSION | 19 |
| 2.5. DONNEES COLLIGEEES..... | 20 |
| 2.6. TECHNIQUES D'ETUDE ET D'ANALYSE | 20 |
| 2.6.1. Description détaillée des paramètres d'évaluation | 20 |
| 2.6.2. Contrôle qualité | 25 |
| 2.7. STATISTIQUE..... | 26 |
| 2.7.1. Description des méthodes statistiques prévues..... | 26 |
| 2.7.2. Analyse du critère principal | 26 |
| 2.7.3. Analyse des critères secondaires | 26 |
| 3. RESULTATS..... | 28 |
| 3.1. COMPARAISON DES DE MESUREES ET DES DE ESTIMEES LORS DES RADIOGRAPHIES ET RADIOSCOPIES..... | 30 |
| 3.2. COMPARAISON DES DE MESUREES ET DES DE ESTIMEES LORS DES TOMODENSITOMETRIES..... | 30 |
| 3.2.1. Comparaison des DE du groupe « TDM T ou AP »..... | 30 |
| 3.2.2. Comparaison des DE du groupe « TDM Mixte »..... | 32 |
| 3.3. COMPARAISON DES DE CUMULEES MESUREES ET DES DE CUMULEES ESTIMEES..... | 34 |
| 3.4. CORRELATION ENTRE DE CUMULEE MESUREE ET FACTEUR D'EXPOSITION | 34 |
| 3.5. ANALYSE EN SOUS GROUPE SELON LE MOTIF D'HOSPITALISATION. .. | 35 |
| 3.5.1. Description du sous-groupe « médical »..... | 35 |

| | | |
|--------|---|----|
| 3.5.2. | Description du sous-groupe « post opératoire » | 35 |
| 3.5.3. | Description du sous-groupe « transplantation hépatique » | 36 |
| 3.5.4. | Description du sous-groupe « polytraumatisme » | 36 |
| 3.6. | ANALYSE DES PATIENTS AYANT RECU PLUS DE 20 mSV. | 37 |
| 4. | DISCUSSION..... | 38 |
| 5. | REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES | 50 |
| 6. | ANNEXE 1 : Facteur de pondération tissulaire | 56 |
| 7. | ANNEXE 2 : détail des facteurs globaux de pondération tissulaire lors des radiographies. | 56 |
| 8. | ANNEXE 3 : détail des facteurs globaux de pondération tissulaire lors des tomodensitométries..... | 57 |
| 9. | ANNEXE 4 : Facteurs de conversion globaux..... | 59 |
| 10. | ANNEXE 5 : Effets déterministes et effets stochastiques | 60 |

1. INTRODUCTION

Les patients hospitalisés en réanimation sont exposés, à plusieurs reprises durant leur hospitalisation, à des rayonnements ionisants médicaux. Ces procédures peuvent avoir lieu lors d'examens complémentaires à but diagnostique telles les radiographies thoraciques et les tomodensitométries ou bien lors d'interventions thérapeutiques comme par exemple, les embolisations ou la création de shunt porto systémique.

Plusieurs études mettent en avant le risque des doses cumulées chez ces patients ; les plus jeunes étant les plus à risque de voir se développer des effets secondaires radio-induits : déterministes et stochastiques (1). Les effets déterministes sont les réactions tissulaires nocives (apparaissant à partir d'une dose seuil : 0,5 Gy pour une exposition globale) alors que les effets stochastiques sont les cancers et les effets héréditaires.

Il existe, en France, une majoration constante de l'irradiation médicale des patients avec une dose effective cumulée moyenne de 1,6 mSv par an par habitant en 2012 alors qu'elle était de 0,83 mSv par an par habitant en 2002 (2).

Les études de dosimétries réalisées avec des patients adultes de réanimation sont anciennes pour la plupart et ne sont plus représentatives des conduites diagnostiques et thérapeutiques actuelles.

L'objectif principal de cette étude était de mesurer la dose effective (DE) cumulée réellement reçue par les patients au cours d'un séjour en réanimation.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. TYPE D'ETUDE

Etude monocentrique, prospective, observationnelle sur 10 mois, non contrôlée, en ouvert, de la dose d'irradiation reçue lors d'examens diagnostiques et/ou thérapeutiques par 117 patients admis en réanimation chirurgicale au CHRU de Tours.

Etude transversale au sein du CHRU, impliquant pour son montage et sa réalisation, les personnels de la Réanimation Chirurgicale et de la Radiologie de l'Hôpital Trousseau ainsi que le responsable du Service de Radioprotection.

L'étude a reçu l'avis favorable (n° 2014-S12) du Comité de Protection des Personnes Centre Ouest (CPP) et est enregistrée auprès de l'Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé sous la référence 2014-A00278-39.

2.2. SCHEMA DE L'ETUDE

Tous les patients présentant les critères d'inclusion étaient inclus après recueil de leur consentement de participation (recueil auprès de la famille si besoin) et suivis pendant toute la durée de leur hospitalisation en réanimation.

2.3. OBJECTIFS ET CRITERES DE JUGEMENT

2.3.1. OBJECTIF ET CRITERE D'EVALUATION PRINCIPAL

L'objectif principal était de déterminer la DE cumulée.

Le critère d'évaluation principal était, lors d'un séjour en réanimation, la dose effective cumulée déterminée à partir de la mesure de la dose absorbée, mesurée à la peau par dosimétrie passive directe.

2.3.2. OBJECTIFS ET CRITERES D'EVALUATION SECONDAIRES

Les objectifs secondaires étaient :

- la DE cumulée estimée déterminée à partir de :
 - la DE estimée à partir du Produit Dose Surface (PDS) lors des radiographies ;
 - et de la DE estimée à partir du Produit Dose Longueur (PDL) lors des tomodensitométries.
- la comparaison des DE cumulées mesurées aux DE cumulées estimées ;
- la détermination de facteurs corrélés à la DE ;
- la détermination de sous-groupe de population à risque d'exposition accrue selon le motif d'hospitalisation.

2.4. CRITERES D'INCLUSION ET D'EXCLUSION

Les critères d'inclusion étaient :

- admission en réanimation chirurgicale ;
- consentement du patient ou d'un proche.

Les critères d'exclusion étaient :

- état moribond ;
- durée de séjour estimée inférieure à 24 heures ;
- motif d'hospitalisation ne relevant pas d'une prise en charge de réanimation ;
- mauvais emplacement du dosimètre lors des mesures.

2.5. DONNEES COLLIGÉES

Les données explicatives recueillies étaient :

- âge, sexe, poids, taille, motif d'hospitalisation, score IGS II et durée du séjour en réanimation ;
- pour les radiographies :
 - la localisation (thoracique, abdomen, membres...)
 - la dosimétrie (PDS en mGy x cm²)
- pour les tomodensitométries :
 - la localisation (crâne, cervical, thorax, abdomen – pelvis)
 - la dosimétrie (PDL en mGy x cm)

2.6. TECHNIQUES D'ETUDE ET D'ANALYSE

2.6.1. DESCRIPTION DÉTAILLÉE DES PARAMÈTRES D'ÉVALUATION

Le paramètre d'évaluation principal était la DE cumulée mesurée, déterminée à partir de la mesure de la dose absorbée à la peau. La mesure était faite par des dosimètres passifs (dosiBADGE ®, Dosilab, Villeurbanne, France). Quatre dosimètres étaient alloués par patient : un pour les radiographies et radioscopies, un pour la mesure des doses reçues lors des tomodensitométries cérébrales, un pour la mesure des doses reçues lors des tomodensitométries thoraciques et un pour la mesure des doses reçues lors des tomodensitométries abdomino-pelviennes. Pour la mesure des doses délivrées par les radiographies et radioscopies, le dosimètre était situé dans le champ d'irradiation et hors du champ d'interprétation de l'imagerie (dosimètre non radio opaque) : il était donc positionné au niveau du creux axillaire pour les radiographies et radioscopies thoraciques ; au niveau du flanc pour les radiographies et radioscopies abdominales ; près des parties molles correspondantes pour les radiographies de membre. Lors de tomodensitométries

cérébrales, le dosimètre était fixé au niveau de l'apophyse mastoïde (figure n°1). Lors de tomodensitométries thorax et abdomino-pelviennes, les coupes étant coronales et le dosimètre produisant peu d'artéfact, ils ont pu être positionnés à la face antérieure du corps : pour une tomodensitométrie thoracique, fixation à la partie antérieure du thorax (figure n°2) ; pour une tomodensitométrie abdomino-pelvienne, fixation au niveau d'une crête iliaque (figure n°3). Lors d'une tomodensitométrie corps entier, un dosimètre était installé pour une séquence (exemple : le crâne) puis retiré pour les séquences thoracique et abdomino-pelvienne suivantes. Les dosimètres thoraciques et abdomino-pelviens étant installés à discrétion pour les séquences concernées.

A la demande du CPP, les dosimètres étaient installés uniquement lors des examens de radiologie irradiants et non maintenus sur la peau du patient pendant toute la durée de l'hospitalisation.

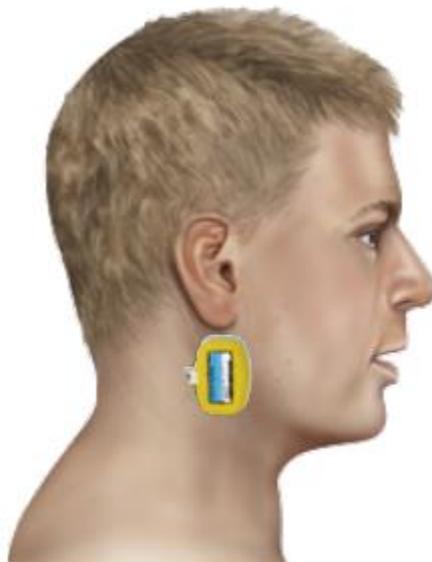


Figure n°1 : positionnement du dosimètre lors de tomodensitométrie cérébrale

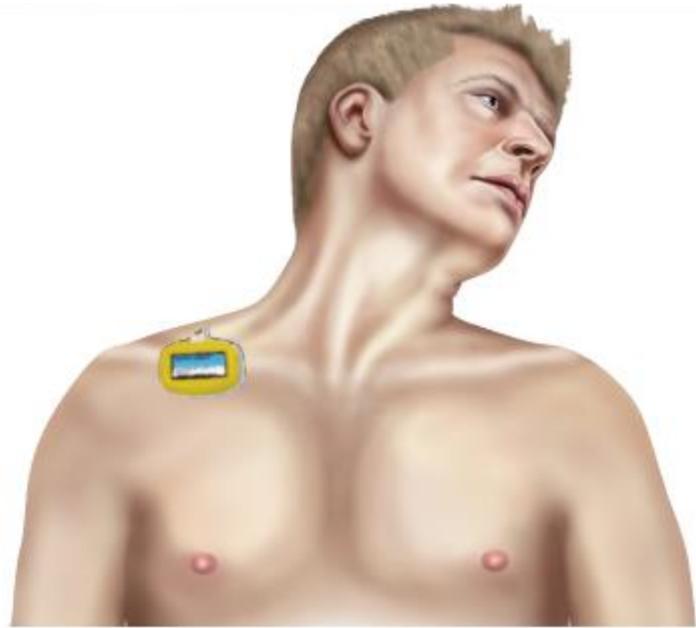


Figure n°2 : positionnement du dosimètre lors de tomodensitométrie thoracique et lors de radiographie thoracique.



Figure n°3 : positionnement du dosimètre lors de tomodensitométrie abdomino pelvienne et lors de radiographie d'abdomen sans préparation.

A la sortie de réanimation, tous les dosimètres étaient récupérés et envoyés à un laboratoire extérieur (Dosilab®, Villeurbanne, France) pour lecture.

Les doses absorbées (en milligray, mGy) ne rendant pas compte du risque biologique, il était nécessaire d'évaluer la dose équivalente (en millisievert, mSv) puis la DE (en mSv), qui permet de quantifier les effets d'une irradiation. Les doses absorbées mesurées étaient converties en doses équivalentes par le facteur de pondération radiologique caractéristique du rayonnement (ici, $W_r = 1$ pour les photons). Ce dernier est représentatif de la valeur de l'efficacité biologique relative pour les effets stochastiques à faible dose du rayonnement relatif.

Puis la DE (correspondant à la dose équivalente virtuelle qui, appliquée uniformément à l'ensemble de l'organisme donnerait le même risque d'effets stochastiques) a été calculée suivant la publication 103 de la Commission Internationale de Protection Radiologique (Annexe 1) : somme de chaque dose équivalente reçue par un organe ou tissu exposé, multipliée par le facteur de pondération tissulaire relatif. De cette façon, la DE prend en compte qu'à dose équivalente, le risque de développer un cancer à long terme diffère d'un organe ou d'un tissu à un autre, selon sa radiosensibilité propre.

Ainsi, pour une radiographie thoracique (Annexe 2), le facteur global de conversion tissulaire était de 0,47 ; pour un cliché d'abdomen sans préparation, de 0,47.

Pour le calcul des DE à partir des doses absorbées mesurées lors des tomodensitométries, nous avons considéré que tous les organes étaient irradiés de manière homogène dans le volume d'acquisition donné. Ensuite nous avons également appliqué les facteurs de pondération tissulaire suivant les mêmes recommandations (Annexe 3). Pour les tomodensitométries cérébrales, le facteur global de conversion tissulaire était de 0,08 ; pour les tomodensitométries thoraciques, de 0,6 ; pour les tomodensitométries abdomino-pelviennes, de 0,52.

La somme des DE des dosimètres de chaque patient devant correspondre à la DE cumulée mesurée.

Pour le critère d'évaluation secondaire qui correspond à la comparaison des doses

reçues (par lecture des dosimètres) avec les doses estimées (par lecture des comptes-rendus), nous avons, dans un premier temps, récupéré les doses absorbées estimées :

- Pour les radiographies : l'estimation des doses absorbées, à partir du PDS, qui correspond à la surface sur laquelle la dose est délivrée. Ce produit est indépendant de la distance source – surface. Il était lu sur l'écran de l'appareil de radiographie et colligé, par les manipulateurs radios, lors de la réalisation de chaque radiographie.

- Pour les tomodensitométries : l'estimation des doses absorbées se fait à partir du PDL. Celui-ci était estimé à partir de mesures faites sur fantôme (cf « discussion » p.39). Il était recueilli prospectivement sur le compte-rendu de tomodensitométrie (obligation médico légale).

- Pour les artériographies, la dose estimée administrée figurant dans le compte rendu de l'examen, elle était directement récupérée dans ce document.

La DE était évaluée et obtenue en multipliant la dose absorbée estimée (PDS ou PDL) par des facteurs de conversion dépendant des tissus exposés décrits dans la publication 103 de la Commission Internationale de Protection Radiologique. (Annexe 4).

Pour le critère d'évaluation secondaire correspondant à la recherche de facteurs corrélés à la DE, nous avons pris en compte les 4 facteurs suivants : âge, IGS II, durée moyenne de séjour et nombre d'examens irradiants.

Pour le critère d'évaluation secondaire correspondant à la recherche d'une population plus à risque d'irradiation, nous avons classé en quatre catégories les patients, selon le motif de leur hospitalisation en réanimation: pathologie médicale, prise en charge périopératoire d'une transplantation hépatique, prise en charge postopératoire d'une chirurgie abdominale, thoracique, cardiaque, vasculaire ou orthopédique et polytraumatisé.

2.6.2. CONTROLE QUALITE

Nous avons contrôlé les différents points suivants.

Pendant l'hospitalisation, les dosimètres attribués étaient conservés accrochés à la porte des chambres. Pour s'assurer qu'il n'existait aucune contamination des dosimètres par de l'irradiation non appliquée directement au patient (exemple la radiographie pulmonaire du patient de la chambre voisine), nous avons réalisé une étude de zonage mesurant l'irradiation perçue à cet endroit lors de la réalisation d'un cliché de radiographie thoracique : elle était négligeable (0,015 μSv) et n'interférait donc pas dans les mesures. La zone de stockage a été validée. Après la sortie du patient de réanimation et avant leur envoi au laboratoire de lecture, les dosimètres étaient stockés dans une zone hors de toute irradiation médicale. L'absence d'irradiation des dosimètres, lors des stockages et transports, et a été vérifiée par la négativité de dosimètres témoins stockés et transportés en même temps.

Les feuilles de recueil de doses absorbées estimées par le PDS pour les radiographies ont été vérifiées : en l'absence de report de dose par le manipulateur radio, le PDS correspondant était récupéré dans le logiciel de traçabilité du service de Radiologie.

La bonne position des dosimètres lors de chaque tomodensitométrie a été confirmée, à posteriori, par relecture de chaque imagerie. S'il s'avérait que le dosimètre était manquant, le patient était exclu de l'analyse.

La corrélation et la concordance entre la dosimétrie mesurée et celle estimée a été testée pour chaque type d'imagerie (radiographies standards, tomodensitométrie cérébrale, abdomino-pelvienne, thoracique). S'il n'existait ni corrélation ni concordance acceptable, la mesure par dosimétrie passive était jugée non fiable pour ce type d'imagerie, type alors exclu du calcul de la dose cumulée totale.

2.7. STATISTIQUE

2.7.1. DESCRIPTION DES METHODES STATISTIQUES PREVUES

L'absence de données dans la littérature et le design purement descriptif de l'étude ne permettaient pas d'évaluer à priori le nombre de patients à inclure.

Il était prévu d'inclure 118 patients, ce qui correspondait au stock de dosimètres alloués pour l'ensemble de l'étude.

2.7.2. ANALYSE DU CRITERE PRINCIPAL

Les statistiques ont été réalisées par Prism® version 5 (GraphPad Software Inc., San Diego, California, États-Unis). Après vérification de la normalité de distribution, les résultats ont été exprimés en médiane (25^e et 75^e percentile).

2.7.3. ANALYSE DES CRITERES SECONDAIRES

Afin de comparer les doses effectives cumulées mesurées aux doses effectives cumulées estimées, il a été procédé à une répartition des patients en quatre groupes :

- Les dosimètres dédiés aux radiographies et radiosopies ont été analysés au sein d'un même groupe ;
- Les dosimétries cérébrales des patients ayant reçu une tomодensitométrie cérébrale ont été analysées au sein d'un même groupe (« TDM C ») ;
- Les dosimétries des patients ayant reçu une tomодensitométrie thoracique OU abdominale ont été analysées au sein d'un même groupe (« TDM T ou AP » ; exemple d'un patient ayant eu 1 tomодensitométrie thoracique et 2 tomодensitométries abdomino-pelviennes) ;
- Les dosimétries des patients ayant reçu une tomодensitométrie thoracique ET abdominale en une seule ou plusieurs procédures ont été analysées au sein d'un même groupe (« TDM mixte » ; exemple d'un patient ayant eu 1

tomodensitométrie thoracique et 2 tomodensitométries thoraco-abdomino-pelviennes).

Ce classement selon le type de tomodensitométrie provient du fait que :

- lors d'une tomodensitométrie thoraco-abdomino-pelvienne, les doses estimées reçues étaient indiquées pour l'ensemble de la procédure (et non pour l'imagerie thoracique indépendamment de l'imagerie abdomino-pelvienne).
- lors d'une tomodensitométrie corps entier, les séquences cérébrales étaient réalisées indépendamment avec ablation du dosimètre après l'imagerie cérébrale.
- les doses estimées reçues des différentes séquences étaient toujours décrites à part dans le compte-rendu.

Il était donc devenu possible de comparer les doses cumulées mesurées à celles estimées et ce pour chaque séquence.

Nous avons choisi de ne pas prendre en compte les valeurs extrêmes (supérieures à 10% de la distribution).

Les tests de corrélation étaient fonction de la distribution, normale ou non de la population : Pearson ou Spearman respectivement. Afin de déterminer une éventuelle concordance, les deux méthodes d'évaluation des doses ont été comparées via le test de Bland et Altman. Celui-ci a été effectué en pourcentage de la différence vs la moyenne selon la formule suivante :

$$\frac{(\text{dose mesurée} - \text{dose estimée})}{\text{Moyenne (dose mesurée dose estimée)}} \times 100 \quad \text{VS} \quad \text{moyenne (dose mesurée dose estimée)}$$

La comparaison des sous-groupes étaient effectués via le test de Mann et Whitney.

Un $p < 0,05$ était considéré comme significatif.

3. RESULTATS

Cent dix-sept patients ont été inclus sur une période de 10 mois. Dix-sept patients ont été exclus : 1 pour données manquantes, 1 pour séjour inférieur à 24 heures, 15 pour erreur de positionnement de dosimètre. Au final, 100 patients ont été analysés.

Quinze patients ont eu au moins une tomodensitométrie cérébrale. Il n'existait ni corrélation ni concordance entre les doses mesurées et estimées.

Conformément au protocole, nous avons exclus des doses cumulées mesurées et estimées, les doses imputables aux tomodensitométries cérébrales.

Tableau n°1 : Description des irradiations reçues lors des différentes imageries

| .../patient | DE cumulée mesurée (mSv) | DE cumulée estimée (mSv) |
|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| DE Rx + TDM (N=100) | 0,3 (0,15 ; 14,84) | 0,17 (0,10 ; 17,95) |
| DE Rx (N=100) | 0,26 (0,15 ; 0,45) | 0,15 (0,10 ; 0,36) |
| DE TDM (N= 36) | 36,27 (21,91 ; 62,22) | 45,58 (29,45 ; 69,56) |

Variables quantitatives exprimées en médiane par patient (25^e, 75^e quantile)

DE Rx + TDM : DE dues à tous les examens irradiants ; DE Rx : DE dues aux radiographies et radioscopies ; DE TDM : DE secondaire à l'irradiation par tomodensitométrie.

Les caractéristiques sociodémographiques des patients sont données dans le tableau n°2.

Tableau n°2 Caractéristiques cliniques sociodémographiques des patients.

| | Population totale N = 100 | Patients ayant reçu au moins une TDM N = 36 | Patients n'ayant pas reçu de TDM N = 64 |
|-------------------|------------------------------|---|---|
| Age | 63 (58 ; 68) | 65 (56 ; 74) | 63 (58 ; 67) |
| Sexe Ratio M/F | 76/24 | 25/11 | 51/13 |
| IGS II | 43 (35 ; 55) | 50 (42 ; 55) | 40 (32 ; 54) |
| DMS | 7,5 (5 ; 13)* § | 15 (9 ; 24) * | 6 (4 ; 9) § |

Variables quantitatives exprimées en valeurs absolues, en médiane (25^e ; 75^e quantiles).

* p = 0,001

§ p = 0,025

La description des examens irradiants est donnée dans le tableau n°3.

Tableau n°3 : Description des examens irradiants.

| .../ patient | N = 100 |
|--------------|--------------|
| Nb d'examens | 7 (4,8 ; 15) |
| Nb de RP | 6 (4 ; 13) |
| Nb d'ASP * | 0,2 ± 0,6 |
| Nb de TDM * | 1,1 ± 1,8 |

Variables quantitatives exprimées en médiane par patient (25^e, 75^e quantile) ou en moyenne ± déviation standard (*)

3.1. COMPARAISON DES DE MESUREES ET DES DE ESTIMEES LORS DES RADIOGRAPHIES ET RADIOSCOPIES.

Cent patients ont reçu au moins une radiographie ; coefficient de corrélation de Spearman = 0,739 (p<0,0001) ; différence moyenne de 24 % au test de Bland et Altman.

3.2. COMPARAISON DES DE MESUREES ET DES DE ESTIMEES LORS DES TOMODENSITOMETRIES

3.2.1. COMPARAISON DES DE DU GROUPE « TDM T OU AP »

Huit patients ont eu au moins une tomodensitométrie abdomino-pelvienne isolée et aucun patient n'a eu de tomodensitométrie thoracique isolée. Aucune exclusion pour

valeur mesurée extrême ; distribution normale ; coefficient de Pearson = 0,77 (p=0,023) ; différence moyenne de 42 % au Bland et Altman.

La figure numéro 4 représente, pour chaque patient, la valeur de DE estimée et la valeur de DE mesurée par le dosimètre abdomino-pelvien.

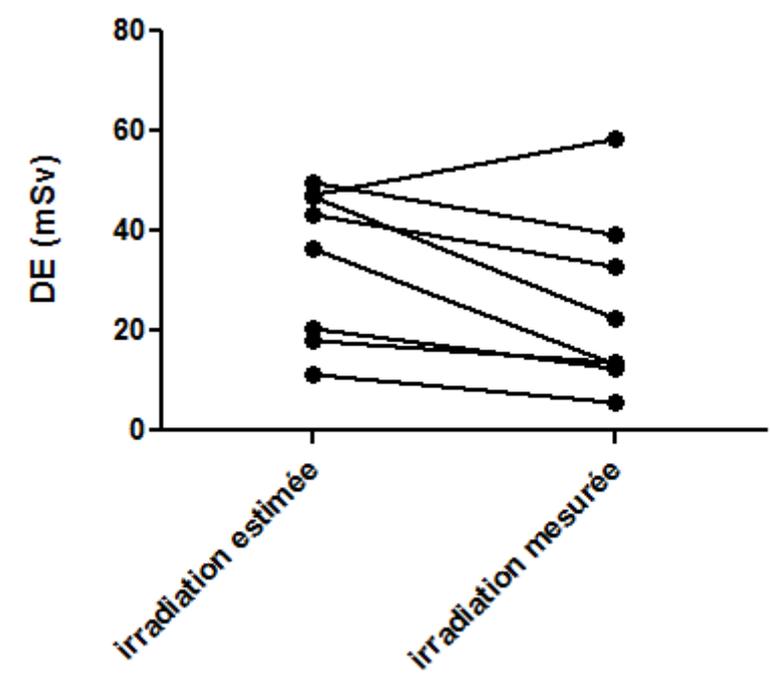


Figure n °4 : Irradiation comparée lors des tomodensitométries abdomino-pelviennes : Irradiation estimée versus irradiation mesurée par dosimétrie passive.

La figure numéro 5 représente, pour chaque patient, la valeur de DE estimée et la valeur de DE mesurée par le dosimètre abdomino-pelvien avec une plage d'approximation à plus ou moins 30% (qui correspond à l'incertitude connue de la dosimétrie passive).

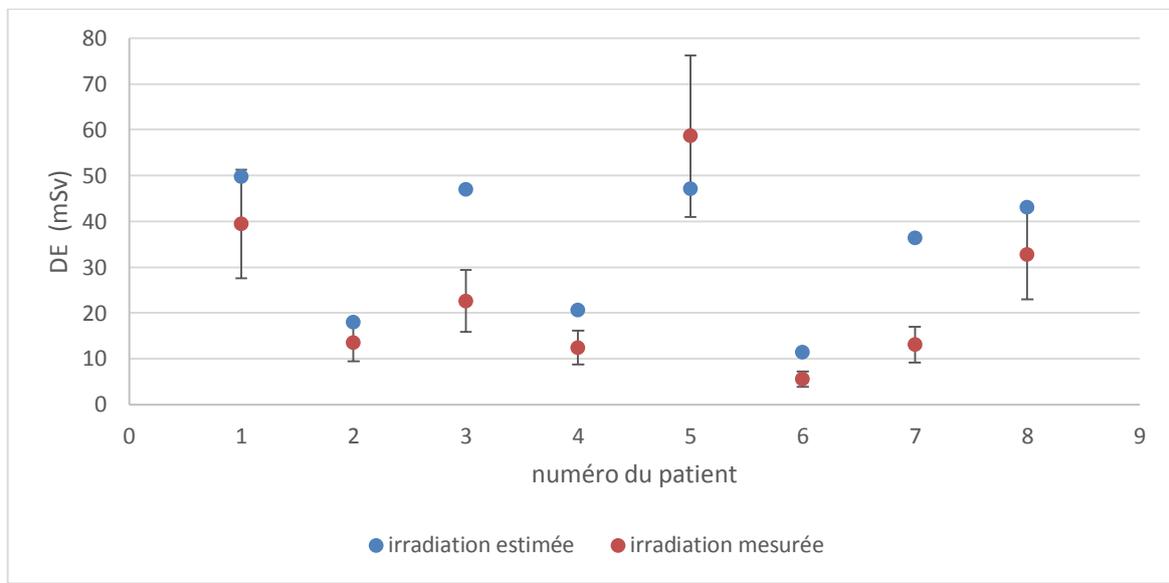


Figure n°5 : Irradiation comparée lors des tomodensitométries abdomino-pelviennes : valeurs mesurées par dosimétrie passive et valeurs estimées. Valeurs exprimées en médiane avec plage d'approximation à $\pm 30\%$.

3.2.2. COMPARAISON DES DE DU GROUPE « TDM MIXTE »

Vingt-sept patients ont eu au moins une tomodensitométrie thoracique et abdomino-pelvienne en une ou plusieurs procédures. Deux patients ont été exclus pour valeur mesurée extrême ; distribution normale ; coefficient de Spearman = 0,750 ($p < 0,0001$) ; différence moyenne de 8 % au test de Bland et Altman.

La figure numéro 6 représente, pour chaque patient ayant reçu au moins une tomodensitométrie thoracique et abdomino-pelvienne, la valeur de DE estimée et la valeur de DE mesurée lors de la totalité de ces examens (somme des dosimètres thoracique et abdomino-pelvien).

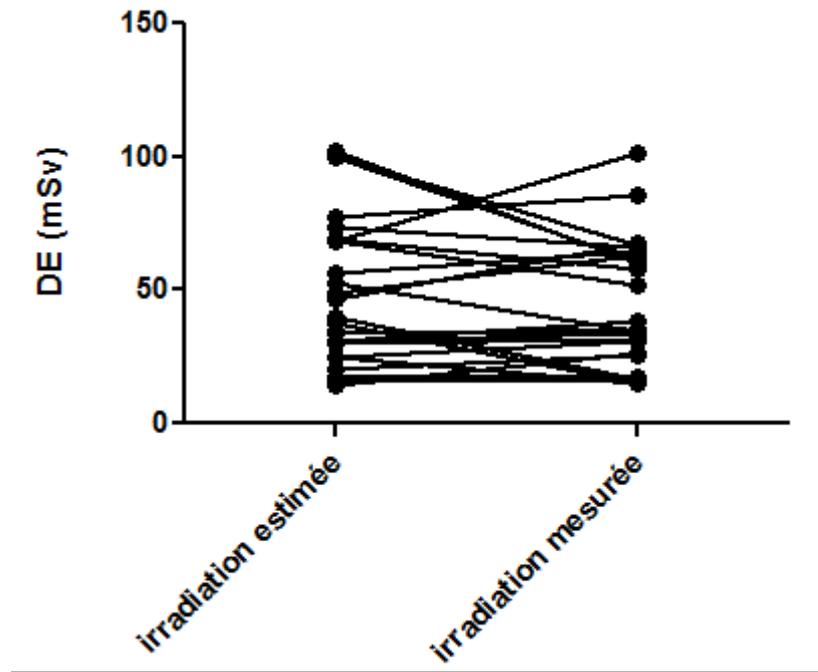


Figure n°6 : Irradiation comparée lors des tomodensitométries thoraciques et abdomino-pelviennes : Irradiation estimée versus irradiation mesurée par dosimétrie passive.

La figure n°9 représente, pour chaque patient, la valeur de DE estimée et la valeur de DE mesurée par le couple de dosimètres thoracique et abdomino-pelvien avec une plage de l'approximation à plus ou moins 30%.

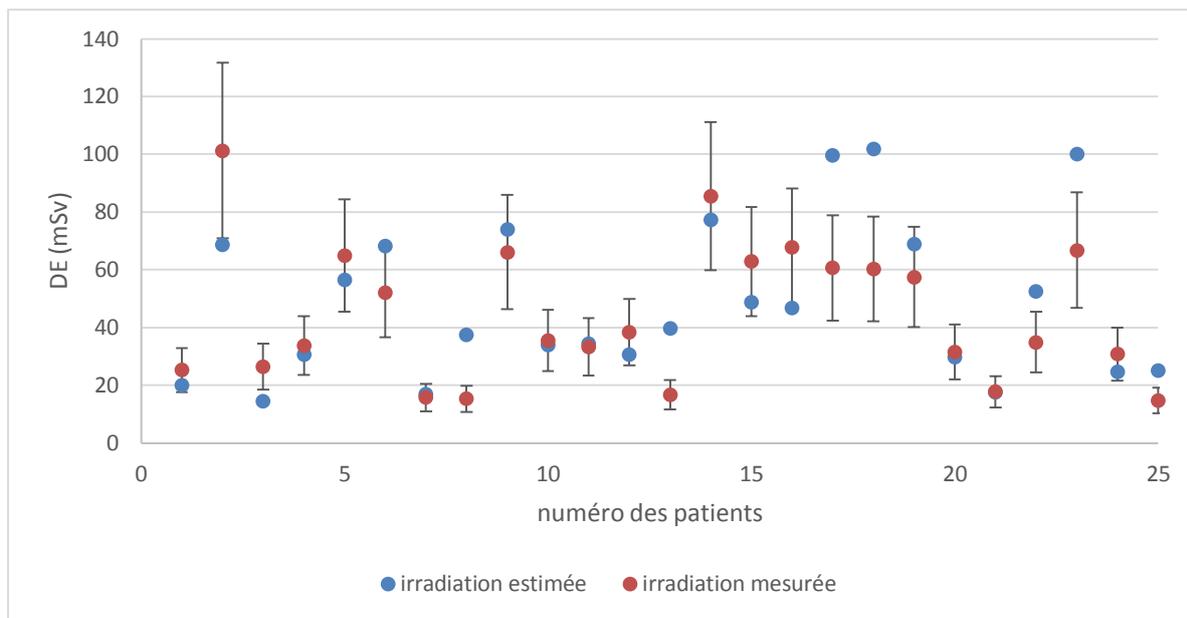


Figure n°7 : Irradiation comparée lors des tomodensitométries thoraco-abdomino-pelviennes : valeurs mesurées par dosimétrie passive et valeurs estimées. Valeurs exprimées en médiane avec plage d'approximation à $\pm 30\%$.

3.3. COMPARAISON DES DE CUMULEES MESUREES ET DES DE CUMULEES ESTIMEES

Corrélation et concordance positives entre les DE cumulées mesurées et les DE cumulées estimées (après exclusion des estimations et mesures liées aux tomodensitométries cérébrales; coefficient de corrélation de Pearson = 0,801 ($p < 0,0001$); différence moyenne de 16 % au test de Bland et Altman).

3.4. CORRELATION ENTRE DE CUMULEE MESUREE ET FACTEUR D'EXPOSITION

Cent patients ont été analysés. Il n'existait pas de corrélation entre l'âge, l'IGS II, la durée moyenne de séjour et la DE cumulée mesurée.

Il existait une corrélation entre nombre total d'examen irradiants et DE cumulée mesurée (coefficient de corrélation de Pearson = 0,708 ($p < 0,0001$)).

3.5. ANALYSE EN SOUS GROUPE SELON LE MOTIF D'HOSPITALISATION.

3.5.1. DESCRIPTION DU SOUS-GROUPE « MEDICAL »

Trente-deux patients ont été hospitalisés pour motif médical.

Il n'existait pas de différence significative de dose effective cumulée entre ces patients et ceux ayant un autre motif d'hospitalisation.

3.5.2. DESCRIPTION DU SOUS-GROUPE « POST OPERATOIRE »

Tableau n°4: caractéristiques cliniques des patients hospitalisés pour prise en charge post opératoire et des patients ayant un autre motif d'hospitalisation.

| .../patient | Post-opératoire N = 26 | Non post-opératoire N = 74 | p |
|-----------------------------|---------------------------|-------------------------------|--------------|
| Age | 67 (62 ; 75) | 63 (56 ; 66) | 0,022 |
| IGS II | 43 (36 ; 51) | 44 (34 ; 60) | 0,419 |
| DMS (jours) | 9 (7 ; 19) | 7(4 ; 12) | 0,033 |
| Nb total d'examen | 11 (7 ; 21) | 5 (4 ; 12) | 0,012 |
| DE cumulée mesurée (mSv) | 22,56 (0,26 ; 36,30) | 0,25 (0,14 ; 13,76) | 0,019 |

Variables exprimées en médiane (25° ; 75° quantile)

3.5.3. DESCRIPTION DU SOUS-GROUPE « TRANSPLANTATION HEPATIQUE »

Tableau n°5 : caractéristiques cliniques des patients hospitalisés pour prise en charge péri-opératoire d'une transplantation hépatique et des patients ayant un autre motif d'hospitalisation.

| | TH N = 33 | Non TH N = 67 | p |
|--------------------|--------------------|---------------------|--------------|
| Age | 61 (58 ; 64) | 65 (57 ; 73) | 0,010 |
| IGS II | 41 (35 ; 48) | 45 (35 ; 61) | 0,243 |
| DMS (jour) | 7 (5 ; 9) | 9 (5 ; 16) | 0,346 |
| Nb total d'examen | 5 (5 ; 10) | 8 (4 ; 17) | 0,583 |
| DE cumulée mesurée | 0,21 (0,14 ; 0,42) | 0,38 (0,19 ; 33,53) | 0,039 |

Variables exprimées en médiane (25^e ; 75^e quantile)

3.5.4. DESCRIPTION DU SOUS-GROUPE « POLYTRAUMATISME »

Neuf patients ont été hospitalisés pour polytraumatisme.

Il n'existait pas de différence significative de DE cumulée entre ces patients et ceux ayant un autre motif d'hospitalisation.

3.6. ANALYSE DES PATIENTS AYANT RECU PLUS DE 20 mSV.

Vingt-sept patients ont reçu plus de 20 mSv de DE cumulée mesurée. Tous avaient nécessité au moins une tomodensitométrie. Sur une population totale de 36 patients ayant nécessité au moins une tomodensitométrie, il apparaît que le risque d'irradiation « excessive » était essentiellement lié à la réalisation de tomodensitométries.

En analysant les différences entre les 9 patients ayant moins de 20 mSv et les 27 patients ayant plus de 20 mSv de DE cumulée mesurée, il apparaît que : ces derniers qui avaient reçu une DE cumulée mesurée de 52,84 (34,11 ; 66,85) mSv (versus 15,16 (13,87 ; 16 ; 43) mSv ; $p < 0,0001$), étaient d'âge et d'IGS II non différents, mais avaient une durée moyenne de séjour plus importante (19 (11 ; 28) jours versus 9 (4 ; 13) jours ; $p=0,0006$) ainsi qu'un nombre de tomodensitométrie supérieur (3 (2 ; 4) versus 1 (1 ; 2) ; $p=0,004$).

4. DISCUSSION

Les patients hospitalisés en réanimation nécessitent, à plusieurs reprises durant leur séjour, des examens diagnostiques complémentaires irradiants, les plus fréquents étant les radiographies thoraciques et les tomodensitométries (3).

Il apparaît que les prescripteurs sont peu sensibilisés aux principes de radioprotection. Ainsi une étude anglaise retrouve que la quasi-totalité des médecins sous estiment les doses délivrées lors des examens irradiants (4). Beaucoup n'ont reçu aucune formation sur le sujet (5). Ces observations sont constantes dans d'autres séries (6, 7, 8, 9).

Le tableau numéro 6 montre les ordres de grandeur des doses reçues lors des irradiations médicale ou non, en France.

Tableau n°6 : ordre de grandeur des doses d'irradiation reçues selon le type d'exposition

| Doses (mSv) | Types d'exposition |
|-------------|---|
| 0,05 | Radiographie du thorax (un cliché postéro-antérieur) |
| 1 à 1,6 | Irradiation diagnostique médicale annuelle en France |
| 2,4 | Irradiation naturelle moyenne annuelle en France |
| 12 | Scanner abdomino-pelvien |
| 50 | Dose reçue en moyenne, en 1986, par un habitant vivant à 30 kms de Tchernobyl |
| 100 | Dose reçue en quelques mois par un « liquidateur » de Tchernobyl |

Tableau issu de la plaquette d'information de l'IRSN « les doses et leurs effets sur la santé »

La première étude sur les effets radio induits fut menée dans les années 1800 (10).

Plusieurs études mettent en avant le risque des doses cumulées ; les plus jeunes étant les plus à risque de voir se développer des effets secondaires radio-induits : déterministes et stochastiques (11)

Les effets déterministes (réactions tissulaires nocives), nommés ainsi car déterminés causalement par des événements antérieurs, sont principalement dus à l'élimination par dysfonctionnement de cellules à la suite de fortes doses.

Les effets stochastiques sont le cancer et les effets héréditaires impliquant soit le développement d'un cancer chez les individus exposés, du fait de la mutation de cellules somatiques, soit une maladie héréditaire chez leur descendance, du fait de la mutation des cellules reproductives.

Il existe une inflation, avec dix fois plus d'imageries médicales irradiantes effectuées, entre 1950 et 2006 aux Etats-Unis (12) et une hausse de 8 à 15% par an du nombre de tomodensitométrie sur les dix dernières années (13). Parallèlement, la DE moyenne par tomodensitométrie a augmenté de 1.3 à 8.8 mSv (14). En France, le rapport de l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire de 2012 sur l'exposition de la population française aux rayonnements ionisants liée aux 82 millions d'actes de diagnostic médical, estime la DE individuelle moyenne à 1,6 mSv (2). Par ailleurs, les évolutions technologiques récentes ont profondément modifié la pratique de l'imagerie en réanimation. Nous avons assisté sur la dernière décennie à un recours plus fréquent à la tomodensitométrie et à la multiplication de ces examens au cours d'un même séjour (15). Cette modification de pratique est favorisée par les progrès réalisés dans l'acquisition des séquences (16). Ainsi, hors la prise en charge des patients instables, une attitude chirurgicale n'est actuellement retenue qu'après la réalisation d'une tomodensitométrie (17). Parallèlement, on a observé une diminution de la pratique de la radiographie pulmonaire systématique, peut-être favorisée par le développement de l'échographie pulmonaire (18).

En ce qui concerne les actes thérapeutiques irradiants pratiqués lors d'un séjour de réanimation, là encore les progrès survenus ces dix dernières années en matière de radiologie interventionnelle ont transformé la prise en charge de certaines

pathologies : moins de chirurgie en traitement de l'hémorragie sous-arachnoïdienne anévrysmale au profit de l'embolisation ; embolisation de plus en plus systématique des traumatismes sévères du bassin ou de la rate, mise en place de stent cardiaque dans les syndromes coronariens aigus ; possibilité de ponction scanno-guidée de collection profonde... Enfin les progrès réalisés dans le domaine de la radiologie nous font disposer aujourd'hui d'appareils de plus en plus performants avec des protocoles moins irradiants (19, 20).

Les progrès techniques et les modifications des pratiques ont rendu la littérature sur l'irradiation médicale en réanimation obsolète. Beaucoup des études de dosimétries réalisées avec des patients de réanimations (21, 22, 23, 24, 25), sont anciennes et ne sont plus représentatives des conduites diagnostiques et thérapeutiques actuelles. Il existe beaucoup d'études rétrospectives (11, 15, 25), quelques études prospectives (26, 22, 23, 24) mais essentiellement des travaux estimant les doses reçues sans les mesurer réellement (22, 23, 24). Ainsi, l'étude de Rohner (26) s'intéresse aux doses reçues par 74 patients de réanimation chirurgicale, en utilisant la méthode de Huda (27), méthode d'estimation différente de la nôtre permettant également d'obtenir des DE à partir du PDL et des PDS. Notre étude présente un objectif similaire avec une méthode de mesure de la dose reçue par le patient.

Les DE estimées le sont à partir du PDL (lors des tomodensitométries). En effet, pour les tomodensitométries, les mesures de doses réalisées sur des fantômes standardisés (un fantôme adulte masculin, un fantôme adulte féminin et des fantômes représentant un enfant à l'âge de 0, 1, 5, 10 et 15 ans) permettent d'obtenir des abaques selon les protocoles réalisés. Ainsi, la dose absorbée estimée marquée sur le compte rendu de l'examen n'est en fait qu'une approximation, les mensurations du patient n'étant pas les mêmes que ceux du fantôme. C'est ainsi que l'étude de Li (28), portant sur 2 patients (un nouveau-né de sexe féminin de 5 semaines et un enfant de sexe masculin de 12 ans), compare les DE estimées par une méthode de simulation complexe de type Monte Carlo et les DE estimées par le PDL: cette dernière sous-estime les DE de 4 à 22%.

Il nous est donc paru essentiel de proposer une méthode de mesure des doses reçues par nos patients.

Même si la dose absorbée est la grandeur appropriée pour effectuer les évaluations bénéfices-risques, la dose effective est la grandeur la plus fréquemment utilisée dans la littérature concernant l'estimation des doses reçues par les patients. Afin de pouvoir comparer nos résultats à ceux de la littérature, nous avons décidé d'exprimer nos résultats en DE. D'après les recommandations, son utilisation reste valable pour comparer les doses associées à différentes procédures diagnostiques et pour comparer l'utilisation de technologies et procédures similaires dans différents hôpitaux et pays, de même que l'utilisation de différentes technologies pour le même examen médical (29).

Nous avons retenu la dosimétrie passive comme seule technique simple, peu onéreuse et permettant le suivi d'un grand nombre de patients mais il nous a fallu la valider dans ce contexte. En effet, ces dosimètres qui utilisent la technique de Dosimétrie par Thermo-Luminescence (TLD), ont été calibrés pour mesurer l'irradiation reçue lors d'une exposition planaire. Le laboratoire fournisseur (Dosilab, Villeurbanne, France) a réalisé une étude annexe afin de connaître le comportement de ses capteurs dans un champ d'irradiation multidirectionnel à forte énergie (reproduisant l'irradiation lors de spirale tomodensitométrie). Il s'est avéré qu'une partie du rayonnement atteignait les capteurs directement sans être filtré normalement par les composants du boîtier. Cela a donc été pris en compte dans les résultats de dosimétrie fournie par le laboratoire. Par ailleurs, le laboratoire fournisseur nous a rapporté une incertitude de 30%. Dans un second temps, nous avons estimé les DE cumulées afin de déterminer si, au lit du patient, notre technique de mesure restait valide.

Afin de comparer la DE mesurée par dosimétrie passive à la DE estimée, nous avons classé les patients selon le type de tomodensitométries reçues.

Les dosimètres positionnés pour l'étude de l'irradiation lors de tomodensitométries cérébrales ont mesuré des doses qui, comparées aux doses estimées, n'étaient ni corrélées ni concordante (différence systématique moyenne entre les 2 méthodes de 55% au test de Bland et Altman). Lors de l'évaluation de la faisabilité de l'étude, nous avons observé qu'il était nécessaire de placer le dosimètre sur sa tranche afin

que le rayonnement puisse interférer avec la globalité des cellules de détection. Par ailleurs, une précaution supplémentaire devait être prise quant à l'éloignement du cache plombé qui créait des artefacts sur les zones d'intérêt. Malgré le respect de ces différentes consignes, il apparaît que la dosimétrie passive avec ce type de dosimètre n'est pas une méthode fiable de mesure de l'irradiation liée aux tomodensitométries cérébrales. Au vu de ces résultats, nous avons décidé de ne pas prendre en compte dans le calcul de la DE cumulée, la dosimétrie relative aux tomodensitométries cérébrales. Cela représentait 18 examens chez 15 patients. Nous avons choisi de garder ces 15 patients pour le reste de l'étude, la séquence cérébrale étant toujours réalisée indépendamment des autres.

Les dosimètres positionnés pour l'étude de l'irradiation lors de tomodensitométries thoraciques et abdomino-pelviennes ont mesuré des doses qui ont été comparées aux doses estimées par le PDL. La difficulté a consisté à bien différencier les patients selon les séquences reçues. En cas de tomodensitométrie thoraco-abdomino-pelvienne, un seul résultat de PDL était indiqué sur le compte-rendu de radiologie et il était impossible de connaître la part respective due à l'irradiation du thorax et de l'abdomen-pelvis. La répartition en groupe « TDM T ou AP » et groupe « TDM Mixte » a permis de rechercher et de confirmer l'existence d'une corrélation et d'une concordance au regard de l'incertitude de mesure à 30% de la dosimétrie passive.

Notre population, essentiellement médico-chirurgicale, de durée de séjour médiane de 7,5 (5 ; 13) jours, d'IGS médian de 43 (35 ; 55) a reçu une DE cumulée mesurée de 0,3 (0,15 ; 14,84) mSv par patient.

Les études antérieures s'intéressant aux doses reçues par les patients de réanimation, tout examen confondu, retrouvent une hétérogénéité des résultats : les doses moyennes effectives cumulées vont de 16,8 mSv (26) à 106 mSv (15).

Sur nos 100 patients, 27 ont reçu une dose effective cumulée supérieure à 20 mSv, nouveau seuil supérieur autorisé dans le cadre d'une exposition professionnelle (30). L'ancien seuil était fixé à 50 mSv. Des auteurs ont retrouvé 6,8% de leurs patients de réanimation exposés à cet ancien seuil (26). Treize % de nos patients répondent à ce critère.

Les radiographies étaient le plus souvent thoraciques. Le ratio important du nombre de radiographies par jour d'hospitalisation (7 radiographies par jour, DMS 7,5 jours) doit nous faire repenser nos habitudes de prescription et développer d'autres techniques d'évaluation comme l'échographie pleuro-pulmonaire et gastrique. La DE cumulée mesurée due aux radiographies était de 0,26 (0,17 ; 0,59) mSv par patient, ce qui est comparable à la littérature s'intéressant à l'irradiation par radiographies des patients adultes de réanimation (0,5 à 1,8 mSv) (11, 23, 26).

Dans notre étude, la très grande majorité de l'exposition était donc due aux tomodensitométries (97 %) alors que relativement leur nombre était faible (9 %). Trente-six patients ont bénéficié d'au moins 1 tomodensitométrie avec une moyenne de 1,1 par patient. La DE cumulée mesurée chez les patient ayant reçu au moins une tomodensitométrie était de 36,27 (21,91 ; 63,22) mSv. La DE cumulée estimée chez les patients ayant reçu au moins une tomodensitométrie était de 45,58 (29,45 ; 69,56) mSv. Afin de préparer ce travail, nous avons réalisé en 2013, une étude rétrospective de DE estimée sur 206 patients de notre unité (31). Ces patients présentaient une durée moyenne de séjour de 6 (4 ; 13) jours, pour un IGS II de 39 (30 ; 50). La DE estimée par la même technique que décrite pour ce travail était de 0,37 (0,09 ; 41,33) mSv. Dans ce travail les 91 patients ayant reçu au moins une tomodensitométrie avaient une DE cumulée estimée de 44,11 (20,14 ; 80,02) mSv (durée moyenne de séjour 12 (7 ; 22) jours ; IGS II 41 (27 ; 50)).

En comparaison avec une littérature ne donnant que des DE cumulées estimées nous observons une DE mesurée bien supérieure, pour un nombre de TDM/patient inférieur. Ces différences pourraient être expliquées par le calcul de la DE à partir de la dose absorbée mais également par des séquences plus complexes nécessitant plus d'irradiation (lors des reconstructions par exemple). Ces formules de calcul sont différentes d'une étude à l'autre et souvent peu détaillées.

Trois études restent assez proches de la nôtre dans leur design. Rohner et coll (26) étudient, en 2013, 72 patients de réanimation chirurgicale, de durée moyenne de séjour 7,4 jours, sur la DE cumulée estimée liée à l'irradiation diagnostique par TDM. Ils observent une DE cumulée estimée de $13,3 \pm 16,6$ mSv en moyenne. Les formules de calcul des DE estimées sont données mais les facteurs de conversion

ne sont pas détaillés.

Salottolo et coll. (25) étudient en 2007, 57 patients polytraumatisés, de durée moyenne de séjour de 5,3 jours sur l'irradiation liée aux TDM ; Ils retrouvent une DE estimée cumulée de 11,13 mSV pour un nombre d'examens irradiants inconnus. Ici encore, si la formule de calcul est citée mais les facteurs de conversion utilisés restent non détaillés. Ces deux études ne décrivent que la DE estimée.

Deux études s'intéressent aux DE mesurées. Ott et coll. (24) étudient, en 2006, la DE cumulée chez 224 patients polytraumatisés et retrouvent une DE mesurée médiane de 0,68 (0,31 ; 1,81) mSv. Ce résultat ne peut être comparé au nôtre car il n'est précisé aucune méthode dans l'obtention des DE notamment d'éventuels facteur de pondération. De plus, la mesure par dosimètre au poignet (pouvant être hors champ d'irradiation) est décrite comme leur principale limite.

Tien et coll. (32) étudient, en 2006, 172 patient polytraumatisés, de durée moyenne de séjour de 3,7 (2.2–5.3) jours, ayant reçu une moyenne de 4.9 (4.5–5.4) tomodensitométries et de 13.7 (11.4 –15.9) radiographies. Ils observent une DE moyenne de 22.7 (17.1 - 28.3) mSv. Ici encore, la méthode précise de calcul des DE n'est pas indiquée car effectuée via un logiciel de dosimétrie.

Notre population étudiée du service de Réanimation Chirurgicale était composée en majorité de patients en périopératoire de transplantation hépatique (33 %) et de patients médicaux (32%).

L'étude a cherché à détecter des facteurs de risque et/ou des sous-groupes à risque d'irradiation importante.

Il n'existait pas de corrélation entre la DE cumulée mesurée et l'âge, le score IGS II et la durée moyenne de séjour des patients.

Le patient polytraumatisé, du fait des critères de Vittel, est plus à même de recevoir des irradiations par tomodensitométrie, d'autant plus que l'impact thérapeutique de celle-ci est majeur et améliore la mortalité (33). Notre étude comportait 9 patients polytraumatisés, 4 ayant reçu une tomodensitométrie lors de leur séjour en réanimation. La DE cumulée était de 0,41 (0,15 ; 59,50) mSv. Il n'existait pas de

différence significative par rapport à la population non traumatisée de réanimation. Néanmoins, les quatre patients ayant reçu au moins une tomodensitométrie présentaient une DE cumulée de 73,89 (60,58 ; 89,56) mSv, très supérieure au seuil de 20 mSv, seuil maximal autorisé pour une exposition professionnelle. Ici encore l'impact des tomodensitométries dans la DE cumulée est majeur. Certains de ces patients pouvant être jeunes, avec un potentiel d'irradiation future et suffisamment d'espérance de vie pour développer des cancers radio-induits, il nous paraît nécessaire de monitorer les doses d'irradiation reçues dans cette population particulière.

L'unité de Réanimation Chirurgicale ayant développé une activité importante de transplantation hépatique, nous nous sommes intéressés à ces patients en les différenciant des patients pris en charge pour un autre motif post opératoire. Trente-trois transplantés ont été inclus. La DE cumulée était de 0,21 (0,14 ; 0,42) mSv. Il existait une différence significative ($p = 0,039$) par rapport aux patients hospitalisés pour un autre motif (0,38 (0,19 ; 33,53)). Seuls 7 (21 %) ont été irradiés par tomodensitométrie, cela représentant une proportion plus faible que notre population initiale pouvant expliquer la dose d'irradiation plus faible. En effet, la plupart des patients ont une évolution post opératoire satisfaisante ne nécessitant pas d'examens irradiants, le suivi étant réalisé par échographie Doppler hépatique.

Hormis les patients transplantés hépatiques, nous nous sommes également intéressés aux patients pris en charge en post opératoire immédiat de chirurgie programmée ou non. Cela intéressait 26 patients avec une DE cumulée de 22,56 (0,26 ; 36,30) mSv. Celle-ci était significativement différente du reste des patients de Réanimation 0,25 (0,14 ; 13,76 ; $p=0,019$). Cette surexposition peut être expliquée par le fait que 58 % de ces patients ont eu une tomodensitométrie. Il est régulièrement nécessaire d'effectuer ces imageries à visée de contrôle des montages chirurgicaux. De plus, ces tomodensitométries ont concerné majoritairement le thorax, l'abdomen et le pelvis qui sont les régions les plus radiosensibles du fait des tissus compartimentaux à renouvellement rapide qui y sont présents (organes hématopoïétiques) et des fortes longueurs corporelles explorées nécessitant un plus grand nombre d'hélice d'acquisition. Enfin, il est souvent

nécessaire d'effectuer un grand nombre d'acquisitions différentes augmentant les doses délivrées (séquences sans injection, avec injection ou ingestion de produit de contraste iodé, au temps portal et autres temps).

Il existe une littérature abondante concernant les doses d'irradiation crânienne lors des actes d'imageries diagnostiques et/ou interventionnelles chez les patients cérébro-lésés (34, 35, 36, 37). Ceux-ci sont susceptibles de recevoir des doses très élevées, compatibles avec des lésions déterministes (25 % des patients recevant plus de 15 Gy (36). Malgré ces fortes doses délivrées, le parenchyme cérébral adulte est un tissu peu radiosensible du fait du faible renouvellement neuronal. Néanmoins, il convient d'être prudent, les artériographies cérébrales restant des actes très irradiants (36). De plus, il existe un risque de lésions radio-induites des organes alentours comme le cristallin et ce malgré l'utilisation de protection oculaire (34). Malheureusement, la mesure des doses reçues lors des tomodensitométries cérébrales n'a pu être validée dans notre étude.

Enfin, notre étude comporte 32 patients ayant un motif médical d'hospitalisation. La DE cumulée était de 0,31 (0,15 ; 13,51) 50,8 mSv. Seulement 10 patients ont eu une tomodensitométrie mais le patient ayant eu la dose effective cumulée la plus importante est dans ce sous-groupe : 137,54 mSv chez ce patient de 73 ans hospitalisé pendant 71 jours et ayant reçu 59 radiographies thoraciques, 3 clichés d'abdomen sans préparation, 3 tomodensitométrie thoracico-abdomino-pelviennes et 2 tomodensitométries abdomino-pelviennes.

Parmi tous nos patients, il existe un cas d'irradiation lors d'une embolisation pelvienne. La majeure partie des doses effectives provient donc des examens à but diagnostiques

Les limites de ce travail sont multiples et découlent pour la plupart de notre technique de mesure.

La mesure de la dose absorbée a été faite par la technique de dosimétrie passive

grâce aux dosimètres dosiBADGE ® (Dosilab ®, Villeurbanne, France). Si cette technique est validée pour l'évaluation de l'exposition professionnelle son utilisation chez les patients dans la forme de notre étude peut être discutée. Utilisée dans son domaine d'élection, la dosimétrie passive à une incertitude de 30%. Utilisée comme pour cette étude il est probable que l'incertitude soit supérieure. Leur emploi lors de l'évaluation de l'irradiation par radiographie est moins sujet à caution car il s'agit d'une irradiation planaire. Cependant porté par le professionnel, le dosimètre ne reçoit le plus souvent que des rayonnements indirects et/ou réfléchis. L'incertitude concernant les TDM où l'irradiation est hélicoïdale et multidirectionnelle est supérieure. Le laboratoire fournisseur a cependant réalisé des travaux permettant une correction de dose.

Nous avons pris un maximum de précautions afin d'affiner les facteurs de pondération tissulaire : formules de calcul complexes, adaptée à chaque organe présent dans le champ d'irradiation, utilisation des facteurs de pondération tissulaire issue de la dernière publication de la Commission Internationale de Protection Radiologique, et validation par le Service de Radioprotection.

Le choix du positionnement du dosimètre (fait en concertation avec les ingénieurs de Dosilab ®) peut être soumis à remarque. Autant pour les radiographies, le positionnement dans le champ d'irradiation hors éléments d'intérêts à visualiser est incontestable ; autant lors des tomodensitométries, cela a été plus problématique et a nécessité plusieurs test afin de s'assurer que d'une part, les différents types de rayonnements (directs et réfléchis) étaient bien pris en compte dans les bonnes proportions et que d'autre part, les artéfacts produits par la partie plombée du dosimètre ne soient pas trop dérangeants pour l'interprétation par le radiologue. Le compromis trouvé peut possiblement être amélioré surtout pour les tomodensitométries cérébrales.

Enfin, bien qu'une attention particulière ait été prise pour que les dosimètres soient mis en place lors de chaque examen irradiant et que cela ait été vérifié rétrospectivement pour chaque tomodensitométrie par lecture des clichés, nous ne pouvons en avoir une certitude absolue lors des radiographies par recadrage post tir, à la console par les manipulateurs radios. Le possible manque d'une mesure d'un examen contribuerait à majorer la dose mesurée cumulée.

D'autres limites existent : la qualité prospective de ce travail a pu induire un biais

comportemental par les médecins du service, afin de diminuer les prescriptions d'examens irradiants.

Ce travail n'évalue pas l'impact thérapeutique et pronostic de la réalisation de ces examens. Ainsi, une étude ultérieure sur la réduction des doses mesurées lors d'une prescription raisonnées des actes médicaux irradiants, avec par exemple l'apport des techniques échoguidées, serait intéressante.

Les résultats de notre étude nous confortent dans l'idée qu'il est nécessaire de trouver une méthode de mesure directe et simple de l'irradiation médicale diagnostique et thérapeutique des patients de réanimation les plus à risque (jeune âge, post-opératoire ou polytraumatisés). Ils posent également la question de l'excès de risque induit par nos prescriptions d'examens irradiants : utilité des radiographies de thorax certes peu irradiantes à l'unité mais répétées et pouvant être remplacées par le développement de l'échographie ; multiplicité des TDM très irradiantes sur un rythme relativement élevé limitant les capacités de régénération tissulaire. L'emploi de la dosimétrie passive pourrait être proposé à condition d'utiliser des dosimètres peut être plus adaptées (nanoDot™ Dosimeter, Landauer, Glenwood, Etats-Unis). Une traçabilité est désormais légale avec la mention sur le compte rendu de toutes les informations utiles à l'estimation de la dose reçue par le patient (38) mais le seul monitoring par le calcul de la dose estimée est probablement insuffisant aujourd'hui au regard du principe de précaution. Dans les années 1990, de nouvelles informations épidémiologiques se sont accumulées sur le risque de cancer spécifique à un organe à la suite de l'exposition aux rayonnements. Il nous semble opportun de proposer un suivi au cours de la vie des toutes les irradiations et ce au vu de l'existence de variations de radiosensibilité.

La diminution de l'exposition des patients aux rayonnements d'origine médicale est de la responsabilité de tous, radiologues et prescripteurs. Selon le principe d'optimisation de l'exposition, pour un patient donné, les radiologues doivent participer au choix d'équipement radiologique et adapter leurs protocoles. Les prescripteurs doivent justifier la nécessité de l'examen radiologique. La diminution

des doses administrées est un problème de santé publique ainsi que l'objectif du plan CANCER 2014 avec l'action 12.7 : « Diminuer l'exposition de la population aux rayonnements ionisants à visée diagnostique » (39).

En conclusion, il s'agit, à notre connaissance du premier travail cherchant à mesurer les doses réellement reçues par les patients tout au long de leur séjour en réanimation chirurgicale. La dose effective cumulée médiane reçue par un patient de réanimation était de de 0,3 (0,15 ; 14,84) mSv pour tous les actes irradiant et de 36,27 (21,91 ; 62,22) mSv si on ne prend en compte que l'irradiation par tomodensitométrie. Les patients hospitalisés en post opératoire de chirurgie sont plus à risque d'irradiation. La dosimétrie passive par TLD nous a permis d'approcher la DE réellement reçue, avec des difficultés techniques notamment lors des tomodensitométries cérébrales.

5. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1 Pearce MS, Salotti JA, Little MP, McHugh K, Lee C, Kim KP, Howe NL, Ronckers CM, Rajaraman P, Craft AW, Parker L, Berrington de Gonzálezc A. Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study. *Lancet* 2012; **380**:499–505.

2 Institut de Radioprotection Nucléaire. *Exposition de la population française aux rayonnements ionisants liée aux actes de diagnostic médical en 2012*. Rapport PRP-HOM N°2014-6 [en ligne]. Disponible sur <
http://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports_expertise/Documents/radioprotection/IRSN-PRP-HOM-2014-6_Exposition-France-rayonnements-diagnostic-medical-2012.pdf >
(consulté le 20/04/2015)

3 Lakhal K, Serveaux-Delous M, Lefrant JY, Capdevila X, Jaber S; AzuRéa network for the RadioDay study group. Chest radiographs in 104 French ICUs: current prescription strategies and clinical value (the RadioDay study). *Intensive Care Med* 2012; **38**:1787-993 Naidu LS, Singhal S, Preece DE, Vohrah A, Loft DE. Radiation exposure to personnel performing endoscopic retrograde cholangiopancreatography. *Postgrad Med J*. 2005; **81**:660-2.

4 Shiralkar S, Rennie A, Snow M, Galland RB, Lewis MH, Gower-Thomas K. Doctors' knowledge of radiation exposure: questionnaire study. *BMJ* 2003; **327**:371-2.

5 Keijzers GB, Britton CJ. Doctors' knowledge of patient radiation exposure from diagnostic imaging requested in the emergency department. *Med J Aust* 2010; **193**:450-3.

6 Krille L, Hammer GP, Merzenich H, Zeeb H. Systematic review on physician's knowledge about radiation doses and radiation risks of computed tomography. *Eur J Radiol* 2010; **76**:36-41.

7 Lee CI, Haims AH, Monico EP, Brink JA, Forman HP. Diagnostic CT scans: assessment of patient, physician, and radiologist awareness of radiation dose and

possible risks. *Radiology* 2004; **231**:393-8.

8 Zhou GZ, Wong DD, Nguyen LK, Mendelson RM. Student and intern awareness of ionising radiation exposure from common diagnostic imaging procedures. *J Med Imaging Radiat Oncol* 2010; **54**:17-23

9 Quinn AD, Taylor CG, Sabharwal T, Sikdar T. Radiation protection awareness in non-radiologists. *Br J Radiol* 1997; **70**:102-6.

10 Naidu LS, Singhal S, Preece DE, Vohrah A, Loft DE. Radiation exposure to personnel performing endoscopic retrograde cholangiopancreatography. *Postgrad Med J.* 2005; **81**:660-2.

11 Pandit-Bhalla M, Diethelm L, Espenan G. Portable chest radiographs in the intensive care units: referral patterns and estimated cumulative radiation exposures. *J Thorac Imaging.* 2002; **17**:211-3.

12 Mettler FA Jr, Bhargavan M, Faulkner K, Gilley DB, Gray JE, Ibbott GS, Lipoti JA, Mahesh M, McCrohan JL, Stabin MG, Thomadsen BR, Yoshizumi TT. Radiologic and nuclear medicine studies in the United States and worldwide: frequency, radiation dose, and comparison with other radiation sources--1950-2007. *Radiology* 2009; **253**:520-31.

13 Krille L, Zeeb H, Jahnen A, Mildenerger P, Seidenbusch M, Schneider K, Weisser G, Hammer G, Scholz P, Blettner M. Computed tomographies and cancer risk in children: a literature overview of CT practices, risk estimations and an epidemiologic cohort study proposal. *Radiat Environ Biophys* 2012; **51**:103-11.

14 United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. *Sources and effects of ionizing radiation – Annex A: Dose assessment methodologies.* UNSCEAR Report vol II, 2000, 63 p.

- 15 Kim PK, Gracias VH, Maidment AD, O'Shea M, Reilly PM, Schwab CW. Cumulative radiation dose caused by radiologic studies in critically ill trauma patients. *J Trauma* 2004; **57**:510-4.
- 16 McCollough CH, Bruesewitz MR, Kofler JM Jr. CT dose reduction and dose management tools: overview of available options. *Radiographics* 2006; **26**:503-12.
- 17 Babaud J, Ridereau-Zins C, Bouhours G, Lebigot J, Le Gall R, Bertrais S, Roy PM, Aubé C. Benefit of the Vittel criteria to determine the need for whole body scanning in a severe trauma patient. *Diagn Interv Imaging* 2012; **93**:371-9.
- 18 Peris A, Tutino L, Zagli G, Batacchi S, Cianchi G, Spina R, Bonizzoli M, Migliaccio L, Perretta L, Bartolini M, Ban K, Balik M. The use of point-of-care bedside lung ultrasound significantly reduces the number of radiographs and computed tomography scans in critically ill patients. *Anesth Analg* 2010; **111**:687-92.
- 19 Semelka RC, Armao DM, Elias J Jr, Huda W. Imaging strategies to reduce the risk of radiation in CT studies, including selective substitution with MRI. *J Magn Reson Imaging* 2007; **25**:900-9.
- 20 Mitchell EL, Furey P. Prevention of radiation injury from medical imaging. *J Vasc Surg* 2011; **53**:22S-27S.
- 21 Hui CM, MacGregor JH, Tien HC, Kortbeek JB. Radiation dose from initial trauma assessment and resuscitation: review of the literature. *Can J Surg* 2009; **52**:147-52.
- 22 Boles JM, Boussert F, Manens JP, Le Cam B, Bellet M, Garre M. Measurement of irradiation doses secondary to bedside radiographs in a medical intensive care unit. *Intensive Care Med* 1987;**13**:60-3.
- 23 Lynch L, Bowen M, Malone L. Patient exposure to ionising radiation in the intensive care unit due to portable chest radiography. *Ir J Med Sci* 1994; **163**:136-7.

24 Ott M, McAlister J, VanderKolk WE, Goldsmith A, Mattice C, Davis AT. Radiation exposure in trauma patients. *J Trauma* 2006; **61**:607-9.

25 Salottolo K, Bar-Or R, Fleishman M, Maruyama G, Slone DS, Mains CW, Bar-Or D. Current utilization and radiation dose from computed tomography in patients with trauma. *Crit Care Med* 2009; **37**:1336-40.

26 Rohner DJ, Bennett S, Samaratunga C, Jewell ES, Smith JP, Gaskill-Shiple M, Lisco SJ. Cumulative total effective whole-body radiation dose in critically ill patients. *Chest* 2013; **144**:1481-6.

27 Huda W1, Gkanatsios NA. Effective dose and energy imparted in diagnostic radiology. *Med Phys* 1997; **24**:1311-6.

28 Li X, Samei E, Segars WP, Sturgeon GM, Colsher JG, Toncheva G, Yoshizumi TT, Frush DP. Patient-specific radiation dose and cancer risk estimation in CT: part II. Application to patients. *Med Phys* 2011; **38**:408-19.

29. Nénot JC. *Recommandations 2007 de la Commission internationale de protection radiologique*. IRSN. Publication103, 2007, 416p.

30 Ministère du travail, des relations sociales, de la famille et de la solidarité. *Décret n° 2003-296, relatif à la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants et codifié aux articles R. 231-73 à R.231-116 du code du travail*. Non paru au Journal Officiel. 2009, 9 p.

31 Razermera F. *Estimation de l'exposition diagnostique et thérapeutique aux radiations en Réanimation*. Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Spécialisées en Anesthésie-Réanimation. Tours. 2015.

32 Tien HC, Tremblay LN, Rizoli SB, Gelberg J, Spencer F, Caldwell C, Brennehan FD. Radiation exposure from diagnostic imaging in severely injured trauma patients. *J Trauma* 2007; **62**:151-6.

33 Huber-Wagner S, Lefering R, Qvick LM, Körner M, Kay MV, Pfeifer KJ, Reiser M, Mutschler W, Kanz KG; Working Group on Polytrauma of the German Trauma Society. Effect of whole-body CT during trauma resuscitation on survival: a retrospective, multicentre study. *Lancet* 2009; **373**:1455-61.

34 Mamourian AC, Young H, Stiefel MF. Cumulative radiation dose in patients admitted with subarachnoid hemorrhage: a prospective study using a self-developing film badge. *AJNR Am J Neuroradiol* 2010; **31**:1787-90.

35 Diekmann S1, Siebert E, Juran R, Roll M, Deeg W, Bauknecht HC, Diekmann F, Klingebiel R, Bohner G. Dose exposure of patients undergoing comprehensive stroke imaging by multidetector-row CT: comparison of 320-detector row and 64-detector row CT scanners. *AJNR Am J Neuroradiol* 2010; **31**:1003-9.

36 Moskowitz SI, Davros WJ, Kelly ME, Fiorella D, Rasmussen PA, Masaryk TJ. Cumulative radiation dose during hospitalization for aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *AJNR Am J Neuroradiol* 2010; **31**:1377-82.

37 Suzuki S, Furui S, Matsumaru Y, Nobuyuki S, Ebara M, Abe T, Itoh D. Patient skin dose during neuroembolization by multiple-point measurement using a radiosensitive indicator. *AJNR Am J Neuroradiol* 2008; **29**:1076-81.

38 Ministère de la santé et des solidarités. *Article R. 1333-66 du code de la santé publique relatif à l'arrêté du 22 septembre 2006 relatif aux informations dosimétriques devant figurer dans un compte rendu d'acte utilisant les rayonnements ionisants*. Journal Officiel du 29 septembre 2006, p 14449 .

39 Ministère des Affaires sociales et de la Santé. *Plan cancer 2014-2019*. [en ligne] disponible sur < http://www.social-sante.gouv.fr/IMG/pdf/2014-02-03_Plan_cancer.pdf > (consulté le 06/01/2015)

40 Abelson PH. Risk assessments of low-level exposures. *Science* 1994; **265**:1507.

41 National Council on Radiation Protection and Measurements. *Evaluation of the Linear-Nonthreshold Dose-Response Model for Ionizing Radiation/* Report No 136. 2001.

42 United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. *Sources and effects of ionizing radiation - Annexe G: Biological Effects at Low Radiation Doses.* UNSCEAR : report Vol. II, 2000, 103 p.

43 Tubiana M, Aurengol A. *La relation dose-effet et l'estimation des effets cancérogènes des faibles doses de rayonnements ionisants*, Rapport commun de l'Académie des sciences et de l'Académie nationale de Médecine **[en ligne]** : Paris, 2005, 59 p. Disponible sur < <http://www.academie-sciences.fr/activite/rapport/rapport070405.pdf> > (consulté le 13/04/2015)

6. ANNEXE 1 : FACTEUR DE PONDERATION TISSULAIRE

Facteurs de pondération pour les tissus dans la publication n° 103 des recommandations 2007 de la Commission Internationale de Protection radiologique (CIPR).

| Organe / Tissus | Facteur de pondération tissulaire |
|---|-----------------------------------|
| Poumon, estomac, côlon, moelle osseuse, sein, reste * | 0,12 |
| Gonades | 0,08 |
| Thyroïde, œsophage, vessie, foie | 0,04 |
| Surface de l'os, peau, cerveau, glandes salivaires | 0,01 |

- Reste = surrénales, région extrathoracique, vésicule biliaire, cœur, reins, ganglions lymphatiques, muscle, muqueuse buccale, pancréas, prostate, intestin grêle, rate, thymus, utérus/col de l'utérus.

7. ANNEXE 2 : DETAIL DES FACTEURS GLOBAUX DE PONDERATION TISSULAIRE LORS DES RADIOGRAPHIES.

Détail du facteur global de pondération tissulaire utilisé lors des radiographies thoraciques :

- irradiation complète poumons : 0.12 ;
- irradiation complète seins : 0.12 ;
- irradiation complète œsophage : 0.04 ;
- irradiation complète thymus : 0.01 ;
- irradiation complète cœur : 0.01 ;
- irradiation partielle thyroïde : 0.02 ;
- irradiation partielle estomac : 0.06 ;
- irradiation partielle moelle osseuse : 0.06 ;
- irradiation partielle foie : 0.02 ;
- irradiation partielle os et peau : 0.01 au total

Détail du facteur global de pondération tissulaire utilisé lors des radiographies d'abdomen sans préparation :

- irradiation complète estomac : 0.12 ;
- irradiation complète colon : 0.12 ;
- irradiation complète vessie : 0.04 ;
- irradiation complète foie : 0.04 ;
- irradiation complète reins : 0.01 ;
- irradiation complète surrénales : 0.01 ;
- irradiation complète vésicule biliaire : 0.01) ;
- irradiation complète pancréas : 0.01 ;
- irradiation complète intestin grêle : 0.01 ;
- irradiation complète rate : 0.01 ;
- irradiation complète prostate ou utérus : 0.01 ;
- irradiation partielle moelle osseuse : 0.06 ;
- irradiation partielle gonades : 0,01 ;
- irradiation partielle os et peau : 0.01 au total.

8. ANNEXE 3 : DETAIL DES FACTEURS GLOBAUX DE PONDERATION TISSULAIRE LORS DES TOMODENSITOMETRIES.

Détail du facteur global de pondération tissulaire utilisé lors des tomodensitométries cérébrales :

- irradiation complète cerveau : 0.01 ;
- irradiation complète glandes salivaires : 0.01 ;
- irradiation complète muqueuse buccale : 0.01 ;
- irradiation complète thyroïde : 0.04
- irradiation partielle os et peau : 0.01 au total.

Détail du facteur global de pondération tissulaire utilisé lors des tomodensitométries

thoraciques :

- irradiation complète poumons : 0.12 ;
- irradiation complète seins : 0.12 ;
- irradiation complète œsophage : 0.04 ;
- irradiation complète thyroïde : 0.04 ;
- irradiation partielle moelle osseuse : 0.06 ;
- irradiation partielle cœur : 0,01 ;
- irradiation partielle thymus : 0.01 ;
- irradiation partielle foie : 0,02 ;
- irradiation partielle estomac : 0,06 ;
- irradiation partielle pancréas : 0,06 ;
- irradiation partielle surrénales : 0,06 ;
- irradiation partielle os et peau : 0.01 au total.

Détail du facteur global de pondération tissulaire utilisé lors des tomodensitométries abdomino-pelviennes :

- irradiation complète foie : 0.04 ;
- irradiation complète estomac : 0.12 ;
- irradiation complète côlon : 0.12 ;
- irradiation complète vessie : 0.04 ;
- irradiation complète gonades : 0.08
- irradiation partielle surrénales : 0.01
- irradiation partielle pancréas : 0.01 ;
- irradiation partielle reins : 0.01
- irradiation partielle intestin grêle : 0.01 ;
- irradiation partielle utérus ou prostate : 0.01 ;
- irradiation partielle moelle osseuse : 0.06 ;
- irradiation partielle os et peau : 0,01 au total.

9. ANNEXE 4 : FACTEURS DE CONVERSION GLOBAUX

Facteurs de conversion globaux de la zone anatomique exposée, établis à partir des valeurs des facteurs de pondération tissulaire définis dans la publication 103 de la CIPR lors des radiographies.

| Type d'examen | Facteur de conversion global (mSv/mGy x cm ²) |
|--------------------------|--|
| Radiographie de thorax | 0,00018 |
| Abdomen sans préparation | 0,00026 |
| Radiographie du bassin | 0,00029 |
| Coronarographie | 0,0002 |

Facteurs de conversion globaux en fonction de la zone anatomique exposée, établis à partir des valeurs des facteurs de pondération tissulaire définis dans la publication 103 de la CIPR, lors des tomodensitométries.

| Type d'examen réalisé ± injection de produit de contraste | Facteur de conversion global (mSv.mGy/cm) |
|--|--|
| TDM crâne et son contenu | 0,0028 |
| TDM thorax | 0,015 |
| TDM Abdomen et pelvis | 0,014 |
| TDM Thorax, abdomen et pelvis | 0,014 |

10. ANNEXE 5 : EFFETS DETERMINISTES ET EFFETS STOCHASTIQUES

Les effets déterministes sont dus à l'élimination par dysfonctionnement de cellules à la suite de fortes doses. Les dommages causés aux cellules dans un tissu donné doivent être prolongés avant que la lésion ne puisse se manifester sous une forme cliniquement significative : il existe donc une dose seuil. Si celle-ci est dépassée, la gravité de la lésion augmente avec la dose. Ainsi dans la plage des doses absorbées allant jusqu'à environ 100 mGy, aucun tissu n'est considéré comme présentant une altération fonctionnelle cliniquement significative, que les doses soient uniques (délivrées en aigu) ou dues aux situations où ces faibles doses sont reçues à la suite d'expositions prolongées et répétées (29).

Les effets stochastiques sont le cancer et les effets héréditaires. Les risques cancérigènes d'une exposition aux rayonnements ionisants ont été initialement estimés par de nombreuses études épidémiologiques entre 0,2 et 5 Sv (40). Concernant les faibles doses, les méthodes d'évaluation directe étant insuffisantes, nous sommes contraints, pour estimer les risques éventuels, d'extrapoler à partir des effets cancérigènes observés entre 0,2 et 5 Sv. Deux théories s'affrontent quant à l'existence ou non d'un seuil. Le modèle « LNT » (Linéaire sans seuil – Linear no treshold) est fondé sur l'hypothèse que pour des faibles doses, un incrément de dose donné produira un incrément directement proportionnel de la probabilité d'induction d'effets cancérigènes ou héréditaires attribuables aux rayonnements. Cette attitude est défendue par la grande majorité des comités d'experts en épidémiologie et en radioprotection : le « National Council on Radiation Protection and Measurements » (NCRP ; Etats –unis) (41), l'« United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation »(UNSCEAR ; Etats-unis) (42) , ainsi que par l' « Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire » (IRSN ; France) (29).

Cependant, cette théorie est remise en cause par d'autres organismes dont « l'Académie des Sciences » et « l'Académie de Médecine Française ». L'hypothèse de l'existence d'un seuil pourrait être liée soit à l'absence de mise en œuvre des mécanismes de signalisation et de réparation pour les très faibles doses, soit à l'association apoptose - réparation non fautive – immunosurveillance (43).

Vu, le Directeur de Thèse

**Vu, le Doyen
de la Faculté de médecine de TOURS**

Académie d'Orléans – Tours

Université François-Rabelais

Faculté de Médecine de TOURS

RAZERMERA Fallys Harimanantena

46 pages – 6 tableaux – 7 figures

Résumé :

Introduction : Lors d'un séjour en réanimation, des examens irradiants sont utilisés. L'irradiation médicale peut conduire à des effets secondaires. Actuellement, il n'existe aucun dispositif permettant de mesurer en routine l'irradiation reçue par un patient. L'objectif principal de cette étude était de mesurer, par dosimétrie passive, la dose effective (DE) cumulée reçue. Les objectifs secondaires étaient de comparer les doses mesurées aux doses estimées et de rechercher l'existence de sous-groupe à risque majoré d'irradiation.

Matériel et méthodes : Après information et recueil du consentement, tous les patients inclus ont été dotés de quatre dosimètres (DosiBadge, Dosilab, Villeurbanne, France), mesurant les doses reçues lors de radiographies, de tomodensitométrie (TDM) cérébrale, thoracique et abdomino-pelvienne pendant tout leur séjour en réanimation. Tous les examens irradiants étaient listés et la DE administrée colligée. Les comparaisons irradiation mesurée versus estimée ont été réalisées selon le type de TDM reçue. Les résultats sont exprimés en médiane (25^{ème}, 75^{ème} quantiles). Comparaison doses mesurées vs estimées : test de corrélation et des tests de concordance de Bland et Altman. Recherche de sous-groupe à risque majoré d'irradiation : test de Mann-Whitney.

Résultats : 117 patients inclus, 100 analysés. La mesure par dosimétrie passive de l'irradiation lors des TDM cérébrales n'était ni concordante ni corrélée. Elle a été expurgée des résultats de DE cumulée (concernait 15 patients). La DE cumulée médiane mesurée était de 0,30 mSv (0,15 ; 14,84). Il existait une corrélation significative ($r = 0,801$, $p < 0,0001$) entre la DE cumulée mesurée et celle estimée (0,17 mSv (0,10 ; 17,95)). La DE cumulée moyenne médiane était de 35,26 mSv (18,96 ; 62,36) chez les patients ayant reçu au moins une TDM. Le sous-groupe de patient admis en post opératoire de chirurgie ($p = 0,019$) était à risque majoré d'irradiation

Conclusion : La dose effective cumulée médiane mesurée lors d'un séjour en réanimation chirurgicale était de 0,30 mSv par patient et de 35,26 mSv chez les patients ayant reçu au moins une TDM. Le sous-groupe de patient admis en post opératoire de chirurgie était à risque majoré d'irradiation.

Mots clés :

- Exposition aux radiations
- Réanimation chirurgicale
- Mesure de l'irradiation

Jury :

Président de Jury : Monsieur le Professeur Marc Laffon
Membres du jury : Monsieur le Professeur Laurent Brunereau, CHRU Tours
Monsieur le Professeur Francis Remerand, CHRU Tours
Madame le Docteur Martine Ferrandière, CHRU Tours
Monsieur le Docteur Serge Maïa, CHRU Tours
Monsieur le Docteur Brice Fermier, CHRU Tours.