

COMMUNIQUER SUR LES RISQUES LIÉS AUX RAYONNEMENTS IONISANTS EN IMAGERIE PÉDIATRIQUE

Informations pour faciliter le dialogue sur les bénéfices
et les risques entre professionnels et patients





INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Traduction française effectuée par : Aurélie Isambert, Marie-Odile Bernier et Alain Rannou

Publié par l'Organisation mondiale de la Santé en 2016

sous le titre *Communicating radiation risks in paediatric imaging: information to support health care discussions about benefit and risk.*

© Organisation mondiale de la Santé, 2016

L'Organisation mondiale de la Santé a cédé les droits de traduction et de publication d'une version française à l'IRSN, qui est le seul responsable de la qualité et de l'exactitude de la traduction française.

En cas de différences entre les versions anglaise et française, la version originale anglaise constituera la version authentique et exécutoire.

Communiquer sur les risques liés aux rayonnements ionisants en imagerie pédiatrique

© Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, 2022

Communiquer sur les risques liés aux rayonnements en imagerie pédiatrique

Informations pour faciliter le dialogue
sur les bénéfices et les risques entre
professionnels et patients



INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE



Table des matières

AVANT-PROPOS	3
PRÉFACE	4
REMERCIEMENTS	6
CONTRIBUTEURS	7
RÉSUMÉ	9
CHAPITRE 1 : CONTEXTE SCIENTIFIQUE	11
1.1 Introduction aux rayonnements ionisants et aperçu des tendances en imagerie médicale	12
1.1.1 Types de rayonnements et unités de dose de rayonnements ionisants	12
1.1.2 Sources de l'exposition aux rayonnements	14
1.1.3 Expositions aux rayonnements dues à l'imagerie médicale aujourd'hui	16
1.2 Doses d'irradiation et risques des procédures pédiatriques	20
1.2.1 Doses d'irradiation des procédures pédiatriques	20
1.2.2 Risques liés aux rayonnements en imagerie médicale : les effets sur la santé de l'exposition aux rayonnements	22
1.2.3 Sensibilité des enfants aux rayonnements ionisants : des considérations qui leurs sont propres	26
CHAPITRE 2 : CONCEPTS ET PRINCIPES DE RADIOPROTECTION	29
2.1 Utilisation appropriée des rayonnements en imagerie pédiatrique	30
2.1.1 Bases de la radioprotection dans le cadre des soins de santé	30
2.1.2 Justification et pertinence des procédures	33
2.1.3 Optimisation : examen adapté à la taille et à l'état de l'enfant	37
2.2 Promotion d'une culture de la sécurité radiologique pour améliorer les pratiques	44
2.2.1 Qu'est-ce que la culture de la sécurité radiologique dans les structures de santé ?	44
2.2.2 Sécurité radiologique et gouvernance clinique	46
2.2.3 Mise en place d'une culture de la sécurité radiologique	47
CHAPITRE 3 : DIALOGUE BÉNÉFICES-RISQUES	49
3.1 Conseils pratiques pour la discussion bénéfices-risques	50
3.1.1 Objectifs et défis en termes de communication	50
3.1.2 Communiquer sur les bénéfices et les risques des rayonnements	52
3.1.3 Communication avec un patient pédiatrique	53
3.1.4 Comment établir un dialogue dans un cadre clinique	54
3.1.5 Exemples pratiques de communication avec des patients pédiatriques	56
3.1.6 Questions et réponses pour la communication destinée au patient	58
3.1.7 Exemples de messages clés	65
3.2 Considérations éthiques	66
3.3 Établir un dialogue au sein de la communauté médicale	67
3.3.1 Participants	67
3.3.2 Dialogue entre les médecins demandeurs et praticiens radiologues	68
3.3.3 Dialogue entre le personnel d'imagerie médicale et l'administration du centre médical	69
3.3.4 Dialogue entre les autres professionnels de santé impliqués dans les soins de santé pédiatriques	70
3.3.5 Le rôle de la santé publique dans le dialogue bénéfices-risques	71
RÉFÉRENCES	72
ANNEXES	79
ANNEXE A. ABRÉVIATIONS	80
ANNEXE B. GLOSSAIRE	81
ANNEXE C. RESSOURCES COMPLÉMENTAIRES	86



Avant-propos

Les technologies avancées d'imagerie ont ouvert de nouvelles perspectives pour le diagnostic clinique et ont considérablement amélioré les soins des patients. L'utilisation de l'imagerie médicale a par conséquent rapidement progressé dans le monde entier au cours des dernières décennies, élargissant le champ de ses applications dans le domaine des soins pédiatriques. La tomographie à densité électronique pédiatrique (TDM) ou scanographie pédiatrique permet d'obtenir rapidement des informations précises pour faciliter le diagnostic. Elle sauve des vies et évite, dans bien des cas, de recourir à des procédures plus invasives. Cependant, une utilisation inappropriée peut entraîner des risques inutiles et évitables liés aux rayonnements ionisants, notamment chez les enfants. Il convient d'adopter une approche mesurée qui reconnaît les multiples bénéfices qui peuvent être obtenus en termes de santé tout en garantissant la minimisation des risques.

Les patients et leurs familles doivent prendre part aux discussions sur les bénéfices et les risques dans le domaine de l'imagerie pédiatrique afin de mieux comprendre les informations et pouvoir ainsi faire des choix éclairés. S'ils ne sont pas correctement informés sur les risques et les bénéfices que comportent une procédure d'imagerie, ils peuvent faire des choix qui ne présenteront pas de bénéfice ou qui pourraient même être néfastes (comme refuser un scanner nécessaire ou demander un scanner non justifié). Il est également nécessaire d'établir cette communication sur les risques liés aux rayonnements ionisants et ce dialogue concernant les bénéfices et les risques entre les différents professionnels de santé qui demandent ou réalisent des procédures radiologiques médicales chez des enfants. Une communication efficace entre les médecins demandeurs d'un examen d'imagerie et l'équipe d'imagerie pourrait éviter des recommandations inappropriées. En favorisant un processus de décision éclairé, la communication efficace sur les risques liés aux rayonnements ionisants contribue

à garantir l'optimisation des bénéfices de l'imagerie pédiatrique en limitant les risques au maximum. Pour répondre à ce besoin, l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) a mis en place une collaboration au niveau mondial pour lancer un projet visant à développer la communication sur les risques liés aux rayonnements ionisants afin de faciliter le dialogue concernant les bénéfices et les risques en imagerie pédiatrique. Ce document a été élaboré par un groupe d'experts reconnus et grâce à des consultations approfondies auprès des parties prenantes concernées, y compris des professionnels de santé, représentants des patients, autorités de santé, organismes de réglementation en matière de protection radiologique, chercheurs et experts en communication. Les révisions ultérieures du document s'appuient sur les retours collectés durant de nombreux ateliers organisés dans différentes régions du monde.

Ce document est destiné à servir d'outil de communication sur les risques connus ou potentiels liés aux rayonnements ionisants associés aux procédures d'imagerie pédiatriques afin de faciliter le dialogue concernant les bénéfices et les risques lorsque des soins de santé sont dispensés à des enfants. Il apporte les informations et ressources nécessaires pour aider les stratégies de communication et inclut des exemples de messages clés à utiliser dans différents scénarios. Cet outil est destiné principalement aux professionnels de santé qui demandent des examens d'imagerie pour des enfants, impliquant une exposition à des rayonnements ionisants. Au-delà de ce public, ce document peut être également un outil utile pour d'autres parties prenantes concernées.

L'OMS espère poursuivre et élargir sa collaboration avec des parties prenantes aux niveaux mondial, régional et national afin d'améliorer la sûreté et la qualité radiologiques dans le cadre des soins de santé pédiatriques.

Dr Maria Neira

Directrice

Département de santé publique,
environnement et déterminants

sociaux dans le domaine de la santé

Dr Edward Kelley

Directeur

Département Prestation de service
et sécurité

Préface

La communication sur les risques liés aux rayonnements est une composante essentielle du programme de radioprotection dans le domaine des soins de santé. Il est possible que le niveau de connaissance de certains professionnels de santé concernant les doses d'irradiation et les risques associés à l'imagerie médicale soit insuffisant. Les médecins demandeurs d'examen d'imagerie doivent disposer d'un bagage, d'une formation et des ressources suffisants pour assurer une communication claire et efficace sur les bénéfices et les risques des procédures d'imagerie pédiatrique. Pour répondre à ce besoin, l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) a lancé un projet de communication sur les risques liés aux rayonnements ionisants en imagerie pédiatrique.

L'OMS a organisé un atelier international sur le sujet en septembre 2010. Cette réunion s'est tenue au siège de l'OMS à Genève, en Suisse, et a rassemblé 35 participants issus de 23 sociétés professionnelles, organisations régionales et internationales et agences des Nations Unies (ONU).¹ Parmi ceux-ci, figuraient des représentants des parties prenantes majeures dans le domaine de l'imagerie pédiatrique, tels que des radiologues, manipulateurs/techniciens en radiologie, spécialistes en physique médicale, médecins, infirmiers, patients/parents, régulateurs, chercheurs et experts en communication. Le groupe a recensé les outils et guides existants de communication sur les risques liés aux rayonnements en imagerie diagnostique, identifié les manques et convenu des besoins afin de faciliter le dialogue concernant les bénéfices et les risques en imagerie pédiatrique. Il a été proposé de développer un outil éducatif pour les professionnels de santé avec des conseils sur la façon de communiquer efficacement auprès de différents publics sur les risques liés aux rayonnements associés aux procédures médicales radiologiques chez les enfants². Il a également été proposé de fournir des informations plus concises à destination des patients et de leur famille.

Un groupe d'experts a été constitué dans ce but et un premier projet a vu le jour. Il a été présenté lors d'un atelier traitant de la communication sur les risques liés aux rayonnements en imagerie pédiatrique, organisé conjointement par l'OMS et l'Organisation mondiale des collèges nationaux, académies et associations académiques des généralistes et des médecins de famille (WONCA) pendant la 17^e conférence WONCA sur la médecine de famille à Varsovie, en Pologne, en septembre 2011. L'OMS a organisé un deuxième atelier international sur le sujet en décembre 2012 à Bonn, en Allemagne.

¹ Les organisations suivantes étaient représentées lors de cet atelier : African Society of Radiology (ASR), Alliance for Rayonnement Safety in Pediatric Imaging/Campagne Image Gently, Association canadienne des radiologistes (CAR), Commission européenne (CE), Société européenne de radiologie (ESR), Agence fédérale de contrôle nucléaire, Administration américaine chargée des aliments et des médicaments (FDA), Office fédéral allemand de radioprotection (BfS), Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA), Commission internationale de protection radiologique (CIPR), Conseil international des infirmières (CII), Organisation internationale de physique médicale (IOMP), Réseau international de la qualité en radiologie (IRQN), Société internationale des manipulateurs et techniciens en radiologie (ISRRT), Société internationale de radiologie (ISR), Sociedad Latino Americana de Radiología Pediátrica [Société latino-américaine de radiologie pédiatrique] (SLARP), Conseil national de protection et de mesures radiologiques (NCRP), Institut national japonais des sciences radiologiques (NIRS), Patients pour la sécurité des patients (PFPS), Collège Royal des Radiologues (RCR), Agence américaine pour la protection de l'environnement (USEPA), et l'Organisation mondiale des collèges nationaux, académies et associations académiques des généralistes et des médecins de famille (WONCA).

² Dans le contexte de ce document, un enfant est une personne de moins de 18 ans.

Cette manifestation a réuni 56 participants, dont des experts issus de 19 pays et des représentants de 12 organisations internationales, agences de l'ONU, organisation professionnelles, sociétés scientifiques, instituts universitaires, centres de recherche, réseaux et associations de patients, autorités de régulation et ministères de la santé.³ Les participants ont examiné l'expérience et les leçons tirées de récentes actions de communication sur les risques liés aux rayonnements, débattu des bonnes pratiques et fourni un retour sur le document d'après leurs différents points de vue.

Une version révisée de ce document a été testée en 2013, et les révisions suivantes ont été réalisées sur la base des retours recueillis. Cela inclut un atelier sur le rôle des médecins de famille dans la communication sur les risques liés aux rayonnements en imagerie pédiatrique organisé conjointement par l'OMS et WONCA à Prague, en République tchèque en juin 2013, pendant la 20^e conférence mondiale sur la médecine de famille. Le document a été présenté en décembre 2014 lors d'un séminaire international de concertation de médecins coorganisé par l'OMS et l'Institut national japonais des sciences radiologiques (NIRS) à Tokyo, au Japon.

Ce document doit constituer pour les professionnels de santé un outil de communication sur les risques connus ou potentiels liés aux rayonnements ionisants et associés aux procédures d'imagerie pédiatriques afin de faciliter le dialogue concernant les bénéfices et les risques lorsque des soins de santé sont dispensés à des enfants. Il apporte à ses utilisateurs les informations et ressources nécessaires pour appuyer les stratégies de communication et inclut des exemples de messages clés à utiliser dans différents scénarios. Ce document contient trois chapitres, correspondant chacun à une couleur pour faciliter sa consultation. Des informations complémentaires sont fournies dans les trois annexes.

Cet outil est destiné principalement à tout professionnel de santé qui oriente des enfants vers des procédures d'imagerie impliquant une exposition à des rayonnements, mais il peut également constituer un outil utile à d'autres parties prenantes. Il peut servir de base pour développer un document destiné aux patients, aux parents, aux membres de la famille et au public en général.

Figurent notamment parmi les utilisateurs potentiels de cet outil de communication :

- les pédiatres, chirurgiens, médecins généralistes/traitants, médecins urgentistes, infirmiers et autres professionnels de santé impliqués dans le processus de demande d'examens d'imagerie en pédiatrie ;
- les professionnels de santé qui réalisent, encadrent ou participent à la réalisation des procédures d'imagerie chez les enfants (par ex. des radiologues, médecins nucléaires, spécialistes en physique médicale, manipulateurs en radiologie, dentistes, cardiologues interventionnels, chirurgiens orthopédiques, chirurgiens pédiatriques, chirurgiens vasculaires, gastroentérologues, urologues et autres professionnels de santé réalisant des examens par imagerie en dehors du service de radiologie) ;
- les décisionnaires et décideurs politiques en matière de santé, autorités de santé, organismes de réglementation et autres agences gouvernementales ;
- les écoles de médecine et dentaires, et autres instituts universitaires et centres de recherche.

³. Le rapport de l'atelier est disponible à l'adresse http://www.who.int/ionizing_rayonnement/medical_exposure/Bonn_Workshop_Risk_Communication_Report01.pdf

Remerciements

Ce document a été rédigé par un groupe d'experts constitué par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS). Son élaboration a été coordonnée par un secrétariat de l'OMS. Un large groupe d'experts a contribué au projet grâce à leurs commentaires en tant que membres correspondants et/ou leurs conseils techniques au cours de certaines réunions. L'OMS remercie tous les contributeurs, et tout particulièrement les experts suivants pour leur soutien continu, leurs conseils et leur implication dans ce projet :

Michael Boyd
Jerrold Bushberg
Steve Ebdon-Jackson
Donald Frush
Donald Miller
Denis Remedios
Angela Shogren

L'OMS est reconnaissante envers Ferid Shannoun pour sa participation à la révision et mise à jour des données fournies par le Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR). Nous remercions également Jerrold Bushberg, Wesley Bolch et Elliott Stepusin pour leur contribution technique sur les doses d'irradiation et les risques. Ce projet était en partie financé par l'Agence américaine pour la protection de l'environnement et le ministère français des Solidarités et de la Santé. Le gouvernement allemand a accueilli le 2^e atelier traitant de la communication sur les risques liés aux rayonnements en imagerie pédiatrique à Bonn, en décembre 2012, sous l'égide du ministère fédéral de l'Environnement, de la Protection de la Nature et de la Sécurité nucléaire (BMU), avec le soutien technique de l'Office fédéral allemand de radioprotection (BfS), un centre collaborateur de l'OMS. L'Institut national japonais des sciences radiologiques (NIRS), centre collaborateur de l'OMS, a hébergé un séminaire de concertation sur la communication sur les risques et les bénéfices en imagerie pédiatrique à Tokyo, au Japon, en décembre 2014.

Contributeurs

Membres du groupe de travail d'experts

BOYD Michael,

Agence américaine pour la protection de l'environnement, États-Unis

BUSHBERG Jerrold T,

Conseil national de protection et de mesures radiologiques, États-Unis

EBDON-JACKSON Steve,

Public Health England, Royaume-Uni

FRUSH Donald,

Alliance for Radiation Safety in Pediatric Imaging/Campagne Image Gently, États-Unis

MIKHAIL Miriam,

Organisation mondiale de la Santé, Suisse

MILLER Donald,

Administration américaine chargée des aliments et des médicaments (FDA), États-Unis

MURPHY Margaret,

Patients pour la sécurité des patients de l'OMS, Irlande

PEREZ Maria del Rosario,

Organisation mondiale de la Santé, Suisse

PRASOPA-PLAIZIER Nittita,

Organisation mondiale de la Santé, Suisse

REMEDIOS Denis,

Collège Royal des Radiologues, Royaume-Uni

SHANNOUN Ferid,

Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants, Autriche

SHOGREN Angela,

Agence américaine pour la protection de l'environnement, États-Unis

Membres correspondants¹

AKAHANE Keiichi,

Institut national japonais des sciences radiologiques, Japon

ADAMS Elizabeth,

Conseil international des infirmières, Suisse

APPLEGATE Kimberly,

Alliance for Rayonnement Safety in Pediatric Imaging/Campagne Image Gently, États-Unis

BOUESSEAU Marie-Charlotte,

Organisation mondiale de la Santé, Suisse

CHOI Simon,

Administration américaine chargée des aliments et des médicaments (FDA), États-Unis

CARBONNELLE Sylviane,

Agence fédérale de contrôle nucléaire, Belgique

CORRA Lilian,

Société internationale des médecins pour l'environnement, Argentine

COULOMBE Caroline,

Organisation mondiale de la Santé, Suisse

COWLING Cynthia,

Société internationale des manipulateurs et techniciens en radiologie, Australie

DEMETER Sandor,

Université de Manitoba, Canada

ETZEL Ruth,

Organisation mondiale de la Santé, Suisse

GAMHEWAGE Gaya,

Organisation mondiale de la Santé, Suisse

GRIEBEL Jürgen,

Office fédéral de radioprotection, Allemagne

HOLAHAN Vincent,

Commission américaine de la réglementation nucléaire, États-Unis

HOLMARK Birgitte,

Patients pour la sécurité des patients de l'OMS, Danemark

KANDA Reiko,

Institut national japonais des sciences radiologiques, Japon

KAWOOYA Michael,

African Society of Radiology, Ouganda

KESMINIENE Ausrele,

Centre international de Recherche sur le Cancer, France

KHONG Pek-Lan,

Commission internationale de protection radiologique, Hong Kong (région administrative spéciale de Chine)

¹ Cette liste inclut des experts ayant apporté une contribution technique à la rédaction du projet et/ou à la révision du document, ainsi que des experts ayant participé au 1^{er} atelier de communication sur les risques liés aux rayonnements dans le cadre des soins de santé pédiatriques au siège de l'OMS à Genève en septembre 2010, au 2^e atelier de communication sur les risques liés aux rayonnements dans le cadre des soins de santé pédiatriques à Bonn en décembre 2012, à la réunion internationale des experts qui s'est tenue au siège de l'OMS à Genève en septembre 2013, et/ou au séminaire de concertation sur la communication sur les risques et les bénéfices en imagerie pédiatrique qui s'est déroulé à Tokyo en décembre 2014. L'affiliation des contributeurs correspond aux institutions dans lesquelles ils travaillaient au moment de leur contribution.

LAU Lawrence,

Société internationale de radiologie,
Australie

McMICHAEL Nate,

Agence américaine pour la protection de
l'environnement, États-Unis

MIYAZAKI Osamu,

Centre national pour la santé et le
développement de l'enfant, Japon

MOLA Ernesto,

Organisation mondiale des collèges
nationaux, académies et associations
académiques des généralistes et des
médecins de famille, Italie

NADER Alejandro,

Agence internationale de l'énergie
atomique, Autriche

NEWMAN Donna,

Société internationale des
manipulateurs et techniciens en
radiologie, États-Unis

NEWELL Stephanie,

Patients pour la sécurité des patients de
l'OMS, Australie

PAULO Graciano,

Fédération européenne des sociétés de
manipulateurs, Portugal

REED Martin,

Association canadienne des radiologues,
Canada

REHANI Madan,

Organisation internationale de physique
médicale et Commission internationale
de protection radiologique, États-Unis.

RINGERTZ Hans,

Société internationale de radiologie,
Suède

ROBERTS Richard,

Organisation mondiale des collèges
nationaux, académies et associations
académiques des généralistes et des
médecins de famille, États-Unis

SHERIDAN Susan,

Patients pour la sécurité des patients de
l'OMS, États-Unis

SHIELDS Glenna,

Agence américaine pour la protection de
l'environnement, États-Unis

SHORE Roy,

Fondation pour la recherche sur les
effets des rayonnements, Japon

SIMEONOV Georgi,

Commission européenne, Luxembourg

SORANTIN Eric,

Société européenne de radiologie
pédiatrique et Société européenne de
radiologie, Autriche

SOTO GIORDANI,

Colegio Interamericano de Radiología
[Collège interaméricain de radiologie] et
World Federation of Pediatric Imaging,
Chili

SOUWER Corinne,

Agence fédérale de contrôle nucléaire,
Belgique

VAN DEVENTER, Emilie,

Organisation mondiale de la Santé,
Suisse

VISENTIN Giorgio,

Organisation mondiale des collèges
nationaux, académies et associations
académiques des généralistes et des
médecins de famille, Italie

VOCK Peter,

Société européenne de radiologie,
Suisse

WIEDER Jessica,

Agence américaine pour la protection de
l'environnement, États-Unis

YONEHARA Hidenori,

Institut national japonais des sciences
radiologiques, Japon

ZAIDI Habib,

Organisation internationale de physique
médicale, Suisse

Les données utilisées pour produire la Figure 9 ont été gracieusement fournies par JT Bushberg², WE Bolch³ et E Stepusin⁴

². Jerrold T Bushberg, Université de Californie, Sacramento, CA 95817 (États-Unis)

³. Wesley E Bolch, Université de Floride, Gainesville, FL 32611 (États-Unis)

⁴. Elliott Stepusin, Université de Floride, Gainesville, FL 32611 (États-Unis)

Résumé

Les avancées dans le domaine des technologies utilisant des rayonnements ionisants se sont traduites par un nombre sans cesse croissant d'applications cliniques pour le diagnostic et le traitement des maladies humaines. Ces technologies sont donc de plus en plus utilisées dans le monde, ce qui a eu des effets positifs sur la population pédiatrique.

- La radiographie numérique (CR et DR) remplace la radiographie classique sur film, produisant des images instantanément disponibles pour l'analyse et l'envoi électronique, tout en étant moins coûteuses et plus faciles d'accès.
- La tomodensitométrie ou scanographie est un outil précieux pour évaluer les maladies et les lésions chez l'enfant, et remplace souvent d'autres procédures diagnostiques moins précises et plus invasives.
- Les interventions guidées par fluoroscopie peuvent remplacer des actes chirurgicaux qui comportent des risques relativement plus élevés d'événements indésirables chez l'enfant.
- La médecine nucléaire permet de réaliser des examens structurels et fonctionnels, en particulier les techniques hybrides – par exemple, la TEP-scanner (tomographie par émission de positons couplée à la tomodensitométrie).
- La radiologie dentaire a évolué et la tomographie volumique par faisceau conique est de plus en plus utilisée chez l'enfant par les dentistes et les orthodontistes dans certaines régions pour obtenir des images en 3D de la face et des dents.

Sauf indication contraire, le terme « rayonnements » désigne dans ce document les rayonnements ionisants.

L'utilisation des rayonnements en imagerie pédiatrique sauve des vies – l'intérêt clinique de l'imagerie utilisant des rayonnements pour le diagnostic des maladies et des lésions chez l'enfant est incontestable. Néanmoins, une utilisation inappropriée ou non professionnelle de ces technologies peut engendrer des expositions inutiles susceptibles d'augmenter le risque sans apporter de bénéfices supplémentaires aux patients pédiatriques. Tandis que la dose d'irradiation délivrée lors d'une procédure diagnostique est faible et ne devrait pas causer de lésions graves, les interventions guidées par l'imagerie peuvent délivrer des doses suffisamment élevées pour avoir des effets déterministes, comme des lésions cutanées. Les risques stochastiques sont une source de préoccupation particulière en imagerie pédiatrique puisque les enfants sont plus vulnérables que les adultes au développement de certains types de cancers, et qu'ils ont davantage d'années de vie devant eux pour subir les effets à long terme des rayonnements sur la santé. Si les risques individuels liés aux rayonnements sont, tout au plus, assez faibles, renforcer la sécurité radiologique en imagerie pédiatrique est devenu une question de santé publique, car la population pédiatrique exposée est de plus en plus nombreuse, et la sensibilisation du public, souvent alarmé, est grandissante.

Les bénéfices de l'imagerie pédiatrique doivent être mis en perspective avec les risques potentiels de l'exposition aux rayonnements, le but premier étant que les bénéfices l'emportent sur le préjudice. Cela exige des politiques et des mesures qui reconnaissent et maximisent les multiples bénéfices pour la santé qui peuvent être ainsi obtenus et, dans le même temps, qui minimisent les risques potentiels pour la santé. On peut y parvenir en appliquant deux principes de radioprotection en médecine: la justification des procédures et l'optimisation de la protection, que l'on peut résumer par « réaliser la procédure qu'il faut » et « réaliser la procédure comme il faut ». Les recommandations existantes relatives aux demandes d'examen peuvent servir à étayer la justifica-

tion et à renforcer la pertinence de la demande. Ces outils d'aide à la décision peuvent éclairer les médecins demandeurs d'examen et les radiologues, ainsi que les patients ou les aidants, dans le choix de l'examen adapté. En radioprotection, l'optimisation consiste à maintenir les doses « aussi basses que raisonnablement possible » (ALARA). En imagerie médicale, ALARA signifie délivrer la dose la plus faible possible nécessaire pour acquérir les images diagnostiques adéquates.

Il existe plusieurs possibilités pour réduire la dose d'irradiation sans perte significative d'information diagnostique.

Les professionnels de santé qui demandent et/ou qui réalisent des procédures d'imagerie radiologique en pédiatrie ont la responsabilité partagée d'informer avec précision et efficacité les patients, les parents et autres aidants, des risques liés aux rayonnements. Ils doivent aussi être en mesure de mener des discussions sur les risques et les bénéfices pour éclairer le processus décisionnel – les radiologues, les manipulateurs en radiologie, les spécialistes en physique médicale et autres membres de l'équipe d'imagerie doivent être capables de discuter des bénéfices et des risques avec leurs collègues, notamment les pédiatres, les médecins traitants, les urgentistes et autres médecins demandeurs d'examen d'imagerie. Il est possible cependant que le niveau de connaissance de certains professionnels de santé concernant les doses d'irradiation et les risques associés à l'imagerie médicale soit insuffisant.

Une communication efficace et mesurée sur les risques liés aux rayonnements requiert un bagage, une formation et des ressources suffisants pour faciliter le dialogue concernant les bénéfices et les risques, en particulier concernant les patients pédiatriques. Par exemple, il est important de faire savoir que les risques peuvent être maîtrisés et les bénéfices maximisés en sélectionnant la procédure adéquate, et en employant des méthodes pour réduire l'exposition du patient sans diminuer la qualité clinique de la procédure. Si les principes fondamentaux de la communication sur les risques et de la balance bénéfices-risques sont partagés par toutes les structures sanitaires, la mise en œuvre d'une stratégie de communication efficace en imagerie pédiatrique s'appuie souvent sur des considérations spécifiques.

Ce document envisage différentes approches pour établir ce dialogue dans un cadre clinique, y compris la communication avec le patient pédiatrique. Il propose des conseils pratiques pour étayer la discussion bénéfices-risques, notamment des exemples de questions-réponses, qui peuvent également servir à élaborer les documents d'information à l'intention des patients et de leurs familles. Ce document aborde également les questions éthiques liées à la communication sur les risques dus aux rayonnements en imagerie pédiatrique, et propose différents scénarios pour les parties prenantes impliquées dans l'établissement du dialogue au sein de la communauté médicale. Enfin il est également question de concepts et de principes de radioprotection, de la manière dont ils sont appliqués à l'imagerie pédiatrique, et des facteurs clés nécessaires pour établir et maintenir une culture de la sécurité radiologique dans le cadre des soins de santé afin d'améliorer les pratiques – un pilier de la radioprotection en médecine.

Ces différentes parties sont précédées d'un chapitre qui décrit les types de rayonnements et les sources d'exposition médicale des enfants, et présente un aperçu des tendances actuelles de l'utilisation des rayonnements ionisants en imagerie pédiatrique. Il présente des estimations de doses d'irradiation pour les procédures pédiatriques et une vue d'ensemble des risques connus et potentiels associés à l'exposition aux rayonnements pendant l'enfance.

Les bonnes pratiques médicales englobent une communication efficace sur les bénéfices et les risques des interventions envisagées. Dans ce contexte, la communication sur les risques liés aux rayonnements est une composante essentielle des bonnes pratiques en imagerie médicale et joue un rôle clé pour instaurer un dialogue bénéfices-risques approprié entre les professionnels de santé et avec les enfants, leurs familles ou aidants.

Chapitre 1 : contexte scientifique

Le recours aux rayonnements ionisants à des fins médicales est de plus en plus courant dans le monde. Les technologies avancées d'imagerie ont ouvert de nouvelles perspectives pour le diagnostic et ont amélioré les soins aux patients.

Cela exige de disposer de politiques qui reconnaissent et maximisent les multiples bénéfices pour la santé et, dans le même temps, qui prennent en compte et minimisent les risques potentiels pour la santé. Cette section contient des informations scientifiques sur les rayonnements susceptibles d'étayer le dialogue bénéfices-risques en imagerie pédiatrique.

La **Section 1.1** décrit les types de rayonnements et les sources d'exposition et présente un aperçu des tendances actuelles de l'utilisation des rayonnements ionisants en imagerie médicale.

La **Section 1.2** présente les doses d'irradiation durant les procédures pédiatriques et une vue d'ensemble des risques connus et potentiels associés à l'exposition aux rayonnements pendant l'enfance.

1. Contexte scientifique

1.1 Introduction aux rayonnements ionisants et aperçu des tendances en imagerie médicale

1.1.1 Types de rayonnements et unités de dose des rayonnements ionisants

Les rayonnements sont de l'énergie émise sous forme d'ondes ou de particules, transmises à travers un support ou un espace. Des rayonnements qui possèdent une énergie suffisante pour arracher des électrons lors de leur interaction avec les atomes s'appellent des « rayonnements ionisants ». Ces rayonnements ionisants sont produits par des atomes qui ont un surplus d'énergie. Les atomes des matières radioactives libèrent cette énergie (par exemple, sous la forme de rayons gamma) tandis qu'ils « décroissent » (ou se transforment) en un état de plus faible énergie. Les rayons gamma émis par les traceurs radioactifs (radiopharmaceutiques) administrés aux patients permettent de déterminer leur distribution dans l'organisme grâce à un appareil d'imagerie utilisé en médecine nucléaire. Les rayons X constituent une autre forme de rayonnements ionisants qu'il est possible de produire artificiellement dans des tubes à vide spéciaux. Ils sont utilisés dans les scanners (tomodensitométrie, TDM) et autres appareils radiographiques. À l'inverse, l'expression « rayonnements non ionisants » désigne le type de rayonnements ayant un niveau d'énergie insuffisant pour arracher des électrons durant leur interaction avec les atomes.

Encadré 1.1 Quantités et unités

La dose *absorbée* est la quantité d'énergie déposée dans les tissus/organes par unité de masse. L'unité est le *gray* (Gy).

Un gray est une unité très grande pour l'imagerie diagnostique et il est souvent bien plus pratique de s'exprimer en *milligrays* (mGy). Un gray équivaut à mille milligrays.

Les risques dus aux expositions à différents types de rayonnements peuvent être comparés en termes de *dose équivalente*.

La dose équivalente se définit pour un type donné de rayonnements en appliquant un facteur de pondération radiologique, égal à 1 dans le cas des rayons X et gamma, ce facteur pouvant être supérieur pour d'autres types de rayonnements.

La *dose efficace* est la somme pondérée de la dose équivalente à plusieurs tissus/organes en appliquant des facteurs de pondération tissulaire pour chacun d'entre eux, reflétant ainsi principalement une approximation de leur sensibilité relative à un cancer induit par les rayonnements.

La notion de dose efficace a été développée en tant qu'outil de radioprotection pour les professionnels et la population. Elle peut être très utile pour comparer les doses de différents examens diagnostiques et procédures interventionnelles. Elle permet en outre de comparer les doses de différentes techniques ou technologies utilisées pour un même examen médical, et/ou les doses obtenues pour une même procédure

réalisée dans différentes structures. Un postulat hérité du passé suppose que les patients représentatifs pour lesquels la dose efficace est déduite sont de mêmes sexe, âge et masse corporelle. La dose efficace ne visait pas à fournir une estimation précise du risque lié aux effets des rayonnements chez les personnes qui subissent des procédures radiologiques médicales. Tant pour l'évaluation du risque chez ces personnes que pour les études épidémiologiques, la dose à l'organe (dose absorbée ou dose équivalente à l'organe) constituerait une quantité plus pertinente.

Dans le cas d'expositions à des fins médicales, la *dose efficace collective* est utilisée pour comparer les doses estimées reçues par la population, mais elle ne vise pas à prévoir l'apparition d'effets sur la santé.

Elle s'obtient en multipliant la dose efficace moyenne pour une procédure radiologique par l'estimation du nombre de procédures au sein d'une population spécifique. La dose efficace totale de toutes les procédures radiologiques pour l'ensemble de la population peut servir à décrire des tendances globales de l'utilisation médicale des rayonnements.

L'unité de la dose équivalente ou de la dose efficace est le *sievert* (Sv). Un sievert est une unité très grande pour l'imagerie diagnostique et il est souvent bien plus pratique de s'exprimer en *millisieverts* (mSv). Un sievert équivaut à mille millisieverts. La dose efficace collective se mesure en *homme.sieverts* (homme.Sv).

The radiation dose is the amount of energy absorbed per unit mass in the exposed tissues and Les rayonnements non ionisants comprennent des champs électriques basse énergie et des champs magnétiques, dont par exemple les ondes radio, les micro-ondes, l'infrarouge, l'ultraviolet et la lumière visible. Les systèmes d'imagerie par échographie utilisent des ondes sonores pour générer des images des tissus et des organes, tandis que les dispositifs d'imagerie par résonance magnétique (IRM) utilisent de puissants champs magnétiques et des ondes radio pour produire des images des structures internes du corps. **Sauf indication contraire, le terme « rayonnements » désigne dans ce document les rayonnements ionisants.**

La dose d'irradiation est la quantité d'énergie absorbée par unité de masse dans les tissus et organes exposés. Comprendre les notions de base concernant les quantités et les unités de rayonnement peut faciliter la communication avec les collègues ou les patients (voir **Encadré 1.1**).

Encadré 1.2 Comment exprimer une quantité de matière radioactive

La *becquerel* (Bq) est l'unité de mesure de la radioactivité dans le système international. En médecine nucléaire, elle est utilisée pour exprimer la quantité de radioactivité administrée à un patient. Un Bq est une quantité extrêmement faible de matière radioactive, qui correspond à une désintégration radioactive par seconde.

Le *curie* (Ci) est une unité de mesure de la radioactivité utilisée par le passé.

Un Ci est une quantité relativement importante de matière radioactive, qui correspond à $3,7 \times 10^{10}$ (37 milliards) de désintégrations radioactives par seconde^a. Aujourd'hui, cette unité n'est presque plus utilisée dans le monde, mais elle reste utile à des fins de comparaison. Voici quelques exemples.

Système international (SI)	Équivalent du SI	Désintégrations par seconde
1 térabecquerel (TBq)	27 curies (Ci)	1 000 000 000 000
1 gigabecquerel (GBq)	27 millicuries (mCi)	1 000 000 000
1 mégabecquerel (MBq)	27 microcuries (µCi)	1 000 000
1 kilobecquerel (kBq)	27 nanocuries (nCi)	1000
1 becquerel (Bq)	27 picocuries (pCi)	1
37 gigabecquerel (GBq)	1 curie (Ci)	37 000 000 000
37 mégabecquerel (MBq)	1 millicurie (mCi)	37 000 000
37 kilobecquerel (kBq)	1 microcurie (µCi)	37 000
37 becquerels (Bq)	1 nanocurie (nCi)	37
0,037 becquerel (Bq)	1 picocurie (pCi)	0,037

Exemples de niveaux de radioactivité naturelle dans la vie quotidienne :

Radioactivité naturelle dans les aliments			Quantité typique de radioactivité naturelle dans l'organisme ^b	
Aliment	⁴⁰ K (Potassium)	²²⁶ Ra (Radium)	Nucléide	
Banane	130 Bq/kg	0,037 Bq/kg	Uranium	1,1 Bq
Noix du Brésil	207 Bq/kg	37-260 Bq/kg	Thorium	0,11 Bq
Carotte	130 Bq/kg	0,02-0,1 Bq/kg	Potassium	4,4 kBq
Pomme de terre	130 Bq/kg	0,037-0,09 Bq/kg	Radium	1,1 Bq
Bière	15 Bq/kg	S/O	Carbone	3,7 kBq
Viande rouge crue	110 Bq/kg	0,02 Bq/kg	Tritium	23 Bq
	170 Bq/kg	0,07-0,2 Bq/kg	Polonium	37 Bq

^a Bien que l'on favorise le système international, le Ci et ses unités relatives figurent dans cet encadré car ils sont encore parfois utilisés par la communauté médicale pour désigner la quantité de radioactivité administrée durant des procédures de médecine nucléaire.

^b Le nombre typique de désintégrations par seconde (DPS) dans le corps humain à partir de la radioactivité naturellement présente est d'environ 7400 DPS.

Il existe des termes spécifiques pour exprimer la quantité de matière radioactive utilisée lors des procédures de médecine nucléaire (voir **Encadré 1.2**). Les termes, utilisés dans ce document, qui ont une signification spécifique sont expliqués dans ce chapitre (voir **Encadré 1.3**). Les **Annexes A à C** apportent des informations complémentaires : les définitions des acronymes et abréviations (**Annexe A**), un glossaire (**Annexe B**) et des liens vers les différentes organisations, avec des informations sur les pratiques et les lignes directrices sur le recours à l'imagerie (**Annexe C**)

1.1.2 Sources d'exposition aux rayonnements

Nous sommes naturellement et constamment exposés à de faibles doses d'irradiation dans notre environnement. Les êtres humains sont exposés aux rayonnements cosmiques provenant de l'espace extra-atmosphérique, y compris du soleil, ainsi qu'à des matières naturellement radioactives présentes dans le sol, l'eau, l'air, les aliments et notre corps. Les rayonnements produits par les appareils sous formes de rayons X ont été développés à la fin du XIX^e SIÈCLE. Les travaux expérimentaux de Roentgen ont démontré que les rayons X pouvaient impressionner le squelette sur une plaque photographique. Les applications des rayonnements dans les domaines de la médecine, l'industrie, l'agriculture et la recherche se sont rapidement étendues au cours du XX^e SIÈCLE. Les essais d'armes nucléaires, les rejets de routine des industries et des accidents industriels ont introduit une radioactivité d'origine artificielle dans l'environnement. Cependant, l'utilisation des rayonnements en médecine est aujourd'hui la première source d'exposition d'origine artificielle (UNSCEAR, 2010).

L'exposition annuelle moyenne aux rayonnements issus de toutes les sources pour l'ensemble de la population mondiale est d'environ 3 mSv/an/personne. En moyenne, 80 % (2,4 mSv) de la dose annuelle reçue par une personne et due à toutes les sources provient du radon et d'autres sources naturelles de rayonnements (rayonnement de fond naturel), 19,7 % (0,6 mSv) provient de l'usage médical des rayonnements et les 0,3 % restants (environ 0,01 mSv) d'autres sources de rayonnement d'origine artificielle (**Fig. 1**). La dose reçue par des individus d'une même population peut varier fortement en fonction de leur lieu de vie. Par exemple, les niveaux du rayonnement naturel varient en raison de différences géologiques et, dans certaines régions, ces niveaux peuvent être 10 fois supérieurs à la moyenne mondiale. En 2006, l'exposition aux rayonnements due à l'imagerie médicale aux États-Unis a supplanté, pour la première fois dans l'histoire, les sources naturelles comme principal contributeur à l'exposition des hommes (**Fig. 2**). La **Fig. 3** montre l'augmentation de l'exposition de la population à des fins médicales aux États-Unis depuis 1987 et 2006. Les doses d'irradiation annuelles moyennes et les plages habituelles des doses individuelles sont présentées dans le **Tableau 1**. La **Fig. 4** montre la variation de la contribution de l'exposition médicale à la dose d'irradiation annuelle moyenne par personne dans des pays ayant des niveaux équivalents de soins de santé.

Encadré 1.3 Définitions de termes courants utilisés dans ce document

Le *risque pour la santé* désigne la probabilité qu'un effet sur la santé survienne dans des conditions données ou du fait d'une exposition à un certain danger. Sauf indication contraire, le terme *risque* est utilisé de façon générique dans ce document pour désigner les risques liés aux rayonnements sans distinguer les risques connus/reconnus (procédures à fortes doses) des risques potentiels/supposés (procédures à faibles doses qui représentent la plupart des procédures d'imagerie diagnostique). L'hypothèse implicite veut que l'incertitude puisse ne pas toujours être établie.

Sauf indication contraire, le terme *rayonnements* désigne dans ce document les rayonnements ionisants.

Dans le contexte de ce document, le terme *dose* désigne l'estimation de la dose d'irradiation pour plusieurs procédures

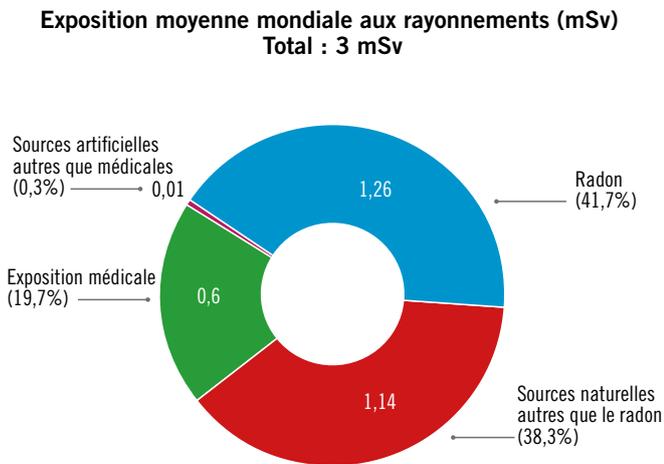
médicales diagnostiques courantes. Il ne s'agit que de valeurs types et non de données dosimétriques précises sur les rayonnements.

Sauf indication contraire, le terme *famille* désigne dans ce document les parents et tout autre membre de la famille qui a un rôle d'aidant auprès d'un enfant, susceptibles de participer aux discussions bénéfiques-risques sur l'utilisation des rayonnements en imagerie pédiatrique.

Sauf indication contraire, le terme *procédure* est utilisé de façon générique dans ce document pour désigner un examen diagnostique ou une intervention guidée par l'imagerie.

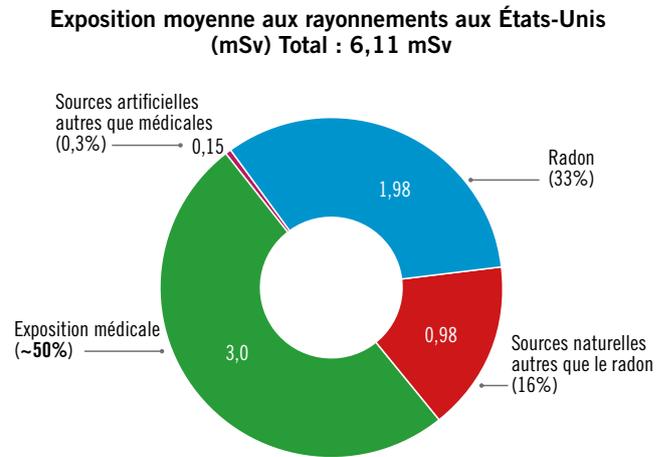
D'autres termes sont définis dans le glossaire (**Annexe B**).

Figure 1 : répartition de l'exposition annuelle moyenne de la population mondiale aux rayonnements



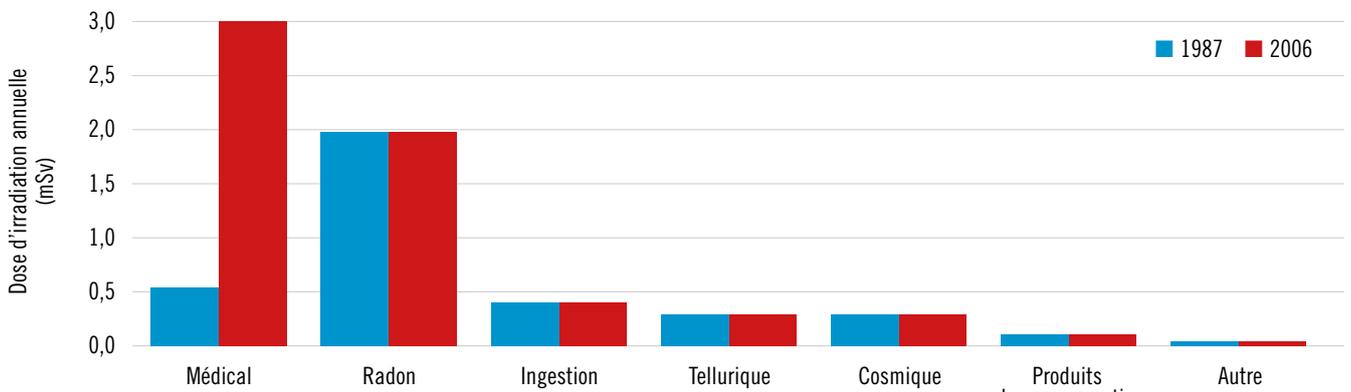
Source: adapté, avec autorisation, de l'UNSCEAR (2010)

Figure 2 : exposition annuelle moyenne de la population aux États-Unis aux rayonnements, présentée selon la Fig. 1 pour comparaison



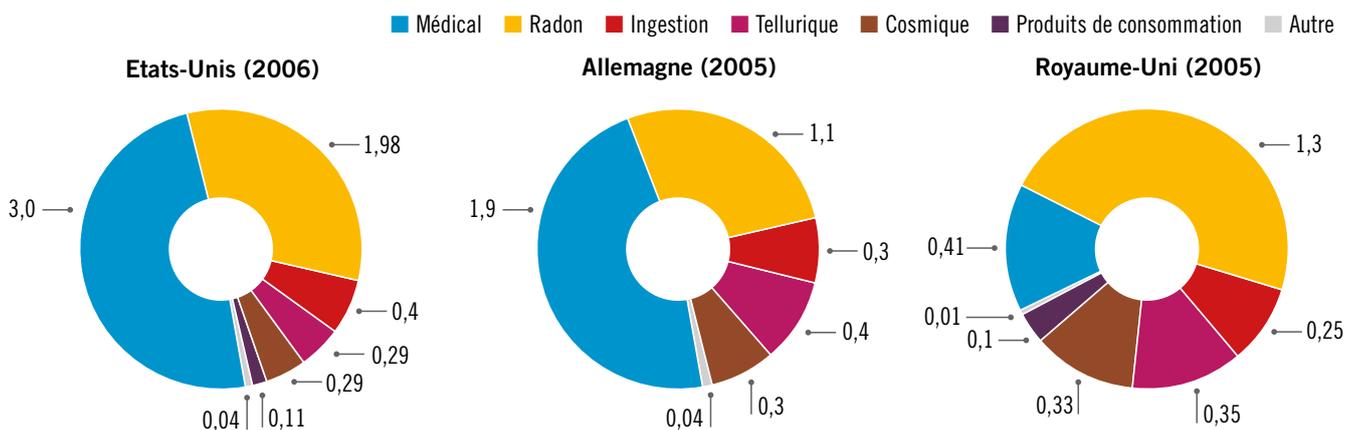
Source: adapté, avec autorisation, du NCRP (2009)

Figure 3 : dose d'irradiation annuelle moyenne (mSv) de la population, par personne, aux États-Unis : à noter l'augmentation de l'exposition due à l'imagerie médicale dans le temps



Source: adapté, avec autorisation, du NCRP (2009)

Figure 4 : différence de la contribution de l'exposition médicale à la dose d'irradiation annuelle moyenne par personne dans des pays ayant des niveaux de soins de santé équivalents.



Source: adapté, avec autorisation, de l'UNSCEAR (2010)

Tableau 1. Doses annuelles d'irradiation et plages moyennes par personne dans le monde

Source ou mode	Doses annuelles moyennes dans le monde et plages habituelles (mSv ^a)
Sources d'exposition d'origine naturelle	
Inhalation (gaz radon)	1,26 (0,2–10) ^b
Ingestion (alimentation et eau de consommation)	0,29 (0,2–1)
Rayonnements telluriques	0,48 (0,3–1) ^c
Rayonnements cosmiques	0,39 (0,3–1) ^d
Naturel total	2,4 (1–13)^e
Sources d'exposition d'origine artificielle	
Diagnostic médical (non thérapeutique)	0,6 (~0–20+)
Autres (par ex. énergie nucléaire et essais d'armes nucléaires antérieurs)	~0,005
Artificiel total	0,6 (~0–20+)
Total	3 (1–20+)

^a mSv : millisievert, unité de mesure de la dose efficace

^b La dose est bien supérieure dans certaines habitations

^c La dose est supérieure dans certains endroits

^d La dose augmente avec l'altitude

^e De grands groupes de population reçoivent 10-20 mSv

Source : adapté, avec autorisation, de l'UNSCEAR (2010)

1.1.3 Expositions aux rayonnements dues à l'imagerie médicale aujourd'hui

L'imagerie médicale (notamment les scanners) bénéficie d'un accès plus facile et d'une plus grande utilisation depuis les dernières décennies, et grâce à cela a sauvé de nombreuses vies et, dans bien des cas, évité des procédures invasives ainsi que les risques qui y sont associés. Néanmoins, il faut optimiser les examens médicaux par imagerie pour ne pas exposer inutilement les patients (et plus particulièrement les enfants) aux rayonnements ionisants ou à des doses plus importantes que nécessaires dans le but d'obtenir une image de qualité diagnostique appropriée.

Environ 2,4 milliards d'exams diagnostiques ont été réalisés chaque année dans le monde entre 1991 et 1996 et l'on estime qu'environ 250 millions d'entre eux ont été réalisés sur des enfants de moins de 15 ans.¹ Plus de 3,6 milliards d'exams diagnostiques ont été réalisés sur la période 1997-2007, dont environ 350 millions sur des enfants de moins de 15 ans (UNSCEAR, 2000; UNSCEAR, 2010).

Les radiographies du thorax représentent 40 % de l'ensemble des procédures d'imagerie réalisées dans le monde. Dans les pays à revenus élevé et intermédiaire, environ 9 % de ces radiographies sont réalisées chez des enfants (UNSCEAR, 2010). La dose d'irradiation résultant d'une radiographie du thorax est très faible, ce qui explique sa contribution relativement faible à la dose reçue par la population (« dose collective ») par rapport à d'autres modes d'imagerie moins fréquents (**Tableau 2**). À l'inverse, ce tableau montre que ce sont les scanners, relativement moins fréquents que les radiographies du thorax (6,3 % de tous les exams par rayons X), qui contribuent le plus à la dose collective (43,2 %).

¹. Bien que ces données aient été collectées pour des enfants de 15 ans et moins, l'UNICEF définit l'âge limite de l'enfance à 18 ans. C'est la notion qui a été retenue pour ce document. Le terme « nouveau-né » désigne les enfants de moins de 28 jours.

Les données disponibles sur la fréquence des procédures diagnostiques chez les enfants sont limitées, mais des exemples sont présentés dans le **Tableau 3**. Bien que la fréquence varie considérablement d'un pays à un autre, on estime qu'environ 3-10 % des procédures sont réalisées sur des enfants (UNSCEAR, 2013).

Tableau 2. Fréquence relative et dose collective mondiale moyennes de plusieurs procédures diagnostiques par rayons X (tous âges, deux sexes)^a

Examen par rayons X	Fréquence relative (%)	Dose collective (%)
Examen thoracique (PA, profil, autres)	40	13,3
Membre et articulation	8,4	< 1
Crâne	3,2	4,2
Abdomen, pelvis, hanche	5,2	4,5
Rachis	7,4	4,2
Examen par fluoroscopie du tube digestif	4,8	14,5
Mammographie	3,6	< 1
Tomodensitométrie (ou scanner)	6,3^b	43,2^b
Interventions guidées par angiographie et fluoroscopie	< 1	6,1
Autres procédures d'imagerie par rayons X	3	11
Procédures dentaires ^c	13	< 1

^a Des procédures et doses types sont présentées pour des patients pédiatriques dans le **Tableau 3**.

^b Ces chiffres apparaissent en gras pour souligner le fait qu'une procédure radiologique médicale (scanner), qui représente seulement 6 % de toutes les procédures par rayons X, contribue à hauteur de 43 % à la dose collective mondiale.

^c Bien que cela n'inclue pas les données mondiales sur la fréquence des tomographies volumiques par faisceau conique dentaires, ce pourcentage n'aurait pas une grande influence s'il était pris en compte.

Source: tableau basé sur les données de l'UNSCEAR (2010); utilisation autorisée

Tableau 3. Procédures radiologiques réalisées sur des enfants (0-15 ans) dans les pays proposant des soins de santé de niveau la

Régions étudiées	Pourcentage de tous les examens de ce type réalisés dans chacune de ces régions anatomiques chez des enfants < 15 ans
Radiographie	
Tête/crâne	19%
Extrémités	15%
Abdomen	13%
Rachis AP (cervical, thoracique ou lombaire)	7-12%
Thorax (PA et profil)	9-12%
Pelvis/hanches	9%
Autres procédures radiographiques	3-9%
Scanner	
Scanner du crâne	8%
Scanner de l'abdomen	4%
Scanner du thorax	5%
Scanner du rachis	3%

^a Selon la définition de l'UNSCEAR (2010), les pays proposant des soins de santé de niveau I sont ceux qui possèdent au moins un médecin pour 1 000 habitants (population générale).

Source: adapté, avec autorisation, de l'UNSCEAR (2013)

Le recours aux tomographies volumiques par faisceau conique (CBCT, *cone-beam computed-tomography*) dans le domaine dentaire est une pratique relativement nouvelle. Cette technique entraîne des doses considérablement supérieures à d'autres examens dentaires par rayons X. L'indication clinique (justification), l'optimisation, l'assurance qualité et la formation au cone-beam CT suscitent de plus en plus d'inquiétudes (NCRP, 2003 ; Commission européenne, 2004, 2012).

La radiographie demeure une procédure d'imagerie importante en pédiatrie. Elle peut être utilisée chez l'enfant lors de l'évaluation de la vessie/urètre (cystographies), du tube digestif supérieur (ingestion du produit de contraste et suivi) et du tube digestif inférieur (lavements avec produit de contraste). Outre l'imagerie diagnostique, la fluoroscopie est de plus en plus utilisée pour guider des interventions pédiatriques en cardiologie et gastroentérologie, mais aussi lors d'interventions neurovasculaires, orthopédiques et chirurgicales sous imagerie. Ces interventions peuvent donner lieu à une plus grande exposition des patients et du personnel aux rayonnements que l'imagerie diagnostique classique, mais elle ne comporte que peu des risques importants inhérents aux procédures chirurgicales pédiatriques complexes. La dose dépendra du type de procédure, de l'équipement et de la pratique de l'opérateur (Tsapaki et al., 2009).

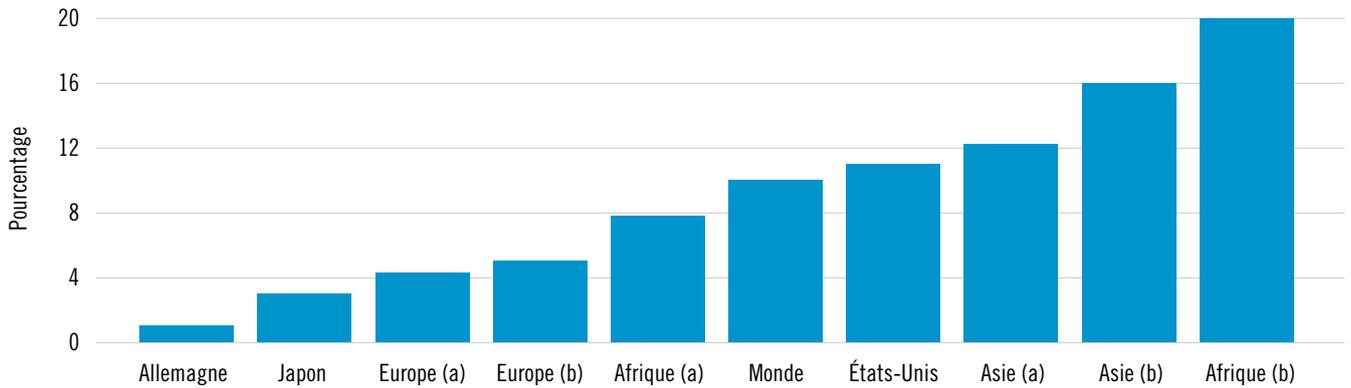
Les examens scanners représentaient environ 6 % de toutes les procédures d'imagerie médicale réalisées dans le monde entre 1997 et 2006, et 43 % de la dose totale résultait de ces procédures. La contribution des scanners à la dose collective entre 1991 et 1994 était de 34 % (UNSCEAR, 2010). Même si les appareils scanners modernes ont réduit considérablement la dose d'irradiation, les examens scanners demeurent aujourd'hui une source majeure d'exposition aux rayonnements d'origine médicale chez les enfants et les adultes. Les examens de la tête sont les plus fréquents chez les enfants et représentent 8 % du nombre total des scanners réalisés dans les pays à revenus élevé et intermédiaire (UNSCEAR, 2010). Bien que, lorsque cela est possible, les échographies et IRM soient privilégiées au sein des populations pédiatriques puisqu'elles n'impliquent pas d'exposition aux rayonnements ionisants, le scanner demeure le mode d'imagerie dont l'utilisation présente la plus forte augmentation du fait de sa grande disponibilité et de la rapidité d'acquisition des images (Broder et al., 2007 ; Shenoy-Bhangle, Nimkin & Gee, 2010).

- Plus de 10 % des scanners réalisés dans le monde concernent des patients de moins de 18 ans (UNSCEAR, 2010).
- Bien que le nombre total de scanners réalisés dans le monde ne soit pas connu, des données existent sur la fréquence des scanners dans les trois pays où cette technique est la plus utilisée, ce qui indique que plus de 100 millions de TDM seraient réalisées chaque année au niveau mondial.
- Environ 3 % de tous les scanners réalisés en une année au Japon concernent des enfants (UNSCEAR, 2010).
- Environ 11 % de tous les scanners réalisés aux États-Unis concernent des enfants (UNSCEAR, 2010).
- Le pourcentage des examens pédiatriques réalisés par scanners en Allemagne sur la période 2005-2006 était de l'ordre de 1 % (Galanski, Nagel & Stamm, 2006).
- Les données obtenues auprès de 101 structures dans 19 pays développés d'Afrique, Asie et Europe de l'est ont montré qu'en moyenne les examens pédiatriques par scanners représentaient 20, 16 et 5 % de tous les scanners, respectivement (Muhogora et al., 2010). Une étude menée plus récemment sur cette question dans 40 pays a également démontré que l'Europe a le plus faible pourcentage de scanners pédiatriques. Selon cette étude, les scanners de la tête représentent près de 75 % de l'ensemble des examens pédiatriques réalisés par scanners (Vassileva et al., 2012).

La **Fig. 5** résume les tendances de l'utilisation des scanners pédiatriques dans différentes régions du monde, comme décrit ci-dessous.

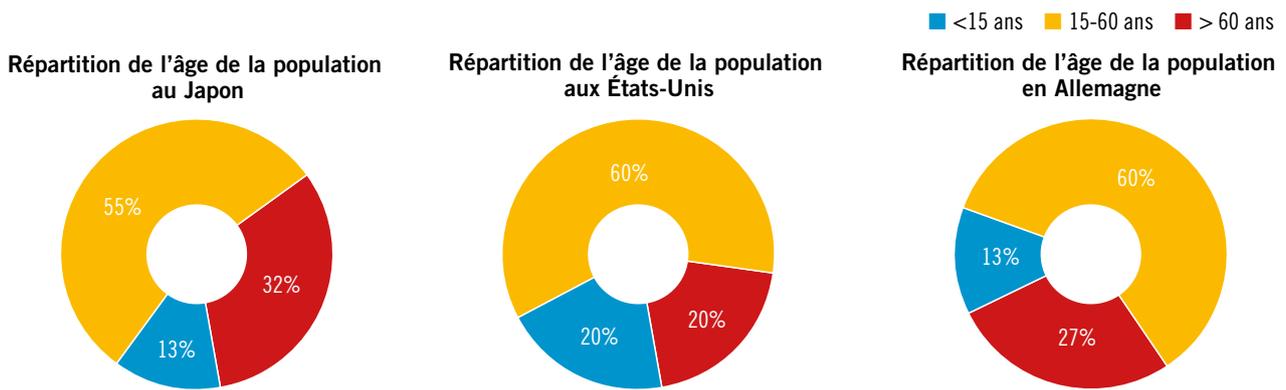
La répartition de l'âge de la population dans différents pays et régions peut avoir un impact sur le nombre d'examens réalisés chez les enfants. La **Fig. 6** montre la répartition de l'âge de la population au Japon, aux États-Unis et en Allemagne, trois pays où le scanner est le plus utilisé.

Figure 5 : pourcentage des scanners réalisés chez les enfants dans différentes régions du monde^a



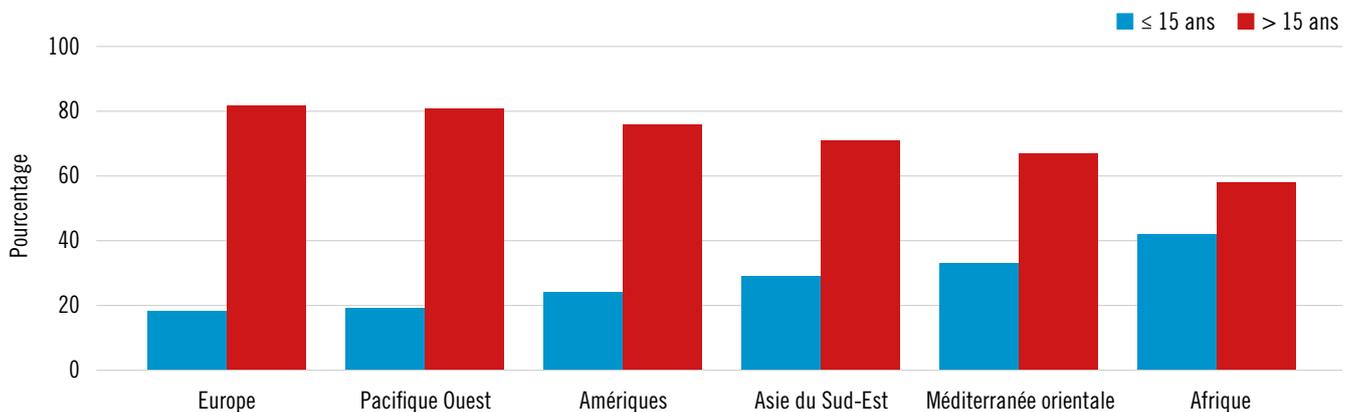
^a Différentes données proviennent d'Europe, d'Afrique et d'Asie : (a) de Vassileva et al. (2012) et (b) de Muhogora et al. (2010)
 Source: d'après les données publiées (UNSCEAR, 2010). (Galanski, Nagel & Stamm, 2006). Vassileva et al. (2012) et Muhogora et al. (2010)

Figure 6 : répartition de l'âge de la population dans les trois pays où le scanner est le plus utilisé



Source: OMS (2015a)

Figure 7 : pourcentage de la population de moins de 15 ans comparée au reste de la population dans les six régions de l'OMS



Source: adapté de l'OMS (2015a)

La **Fig. 7** montre le pourcentage de la population de moins de 15 ans comparée au reste de la population dans les six régions de l'OMS : Afrique, Amériques, Méditerranée orientale, Europe, Asie du sud-est et Pacifique ouest.

La médecine nucléaire pédiatrique offre des informations importantes pour aider aux diagnostics, déterminations du stade d'avancement, traitements et suivis de différentes maladies pédiatriques. Sa nature non invasive la rend pratique chez les enfants (Fahey, Treves & Adelstein, 2011). Dans l'ensemble, le nombre total d'examen diagnostiques impliquant la médecine nucléaire est resté plutôt stable durant les 20 dernières années (32,5 millions par an de 1991 à 1996, et 32,7 millions par an de 1997 à 2007), ces nombres étant bien inférieurs à la fréquence annuelle des procédures diagnostiques par rayons X (UNSCEAR, 2010). Les doses reçues par les patients sont supérieures pour les examens par tomographie par émission de positons (TEP) et tomographie par émission de positons couplée à la tomodensitométrie (TEP/scanner), un mode d'imagerie qui apporte des informations fonctionnelles et anatomiques le plus souvent utilisées pour l'évaluation et la surveillance de tumeurs malignes (Accorsi et al., 2010). Les TEP et TEP/scanner sont cependant peu accessibles dans de nombreux pays. La répartition géographique des procédures de médecine nucléaire est assez inégale, 90 % de ces procédures étant réalisées dans les pays industrialisés (UNSCEAR, 2010).

1.2 Doses d'irradiation et risques des procédures pédiatriques

1.2.1 Doses d'irradiation des procédures pédiatriques

Estimer le risque individuel du patient implique une compréhension plus approfondie de la dose individuelle à l'organe, avec des facteurs de risques spécifiques pour chacun d'entre eux adaptés en fonction de l'âge et du sexe des patients. Les doses d'irradiation en imagerie diagnostique sont souvent présentées en termes de « dose efficace ». Comme expliqué dans l'encadré 1.1 (**Chapitre 1**), la dose efficace n'est pas pertinente pour quantifier le risque individuel d'un patient à partir de la dose d'irradiation délivrée par une procédure d'imagerie médicale donnée. Les doses efficaces ne peuvent constituer des valeurs potentiellement utiles à la comparaison des doses d'examen relatives que si les populations de patients sont comparables (au regard de l'âge et du sexe).

Le recours aux scanners a connu un essor phénoménal au cours des 10 dernières années ; c'est le mode d'imagerie pédiatrique dont l'utilisation présente la plus forte augmentation. Bien que les scanners délivrent une dose d'irradiation plus élevée que des radiographies thoraciques (**tableau 4**), il faut noter que les informations qu'ils fournissent sont plus complètes. Tandis que la fréquence des scanners a augmenté chez les enfants, les progrès technologiques ont diminué drastiquement les doses d'irradiation reçues lors de chaque procédure. Il est aujourd'hui possible, en utilisant la toute dernière génération de scanners pour un examen de la région abdominale, de délivrer une dose inférieure à celle d'une radiographie classique. Toutefois, la dose varie fortement entre les technologies et les techniques modernes ou anciennes (Larson et al., 2015).

Les examens de médecine nucléaire exigent d'administrer par inhalation, ingestion ou injection de faibles quantités de radioactivité sous forme de radiopharmaceutiques. Bien que moins fréquents que chez les adultes, ces examens sont aussi réalisés chez des enfants. Pour des radionucléides donnés, la dose par unité d'activité chez les nourrissons peut être dix fois supérieure à celle des adultes (UNSCEAR, 2013). Les radiopharmaceutiques utilisés en médecine nucléaire sont très variés et ils se distribuent différemment dans l'organisme. Le spectre des examens de médecine nucléaire réalisés chez les enfants est différent de ceux réalisés chez les adultes. Ce sont les examens des reins et du squelette qui prédominent en pédiatrie.²

² <http://www.snmmi.org/ClinicalPractice/PediatricTool.aspx>

Tableau 4. Doses efficaces types pour les examens d'imagerie diagnostique et leur équivalence en nombre de radiographies thoraciques et durée d'exposition au rayonnement d'origine naturelle^a

Procédure diagnostique	Nombre équivalent de radiographies thoraciques	Période équivalente d'exposition au rayonnement naturel ^b	Dose efficace type (mSv)
Radiographie thoracique (film PA isolé)			
Adultes	1	3 jours	0,02 ^c
5 ans	1	3 jours	0,02 ^c
Scanner du crâne			
Adultes	100	10 mois	2 ^c
Nouveau-né	200	2,5 ans	6
1 an	185	1,5 ans	3,7
5 ans	100	10 mois	2 ^d
10 ans	110	11 mois	2,2
Angio-scanner pédiatrique crâne ^f	250	2 ans	5
Scanner du thorax			
Adultes	350	3 ans	7 ^c
Nouveau-né ^g	85	8,6 mois	1,7
1 an	90	9 mois	1,8
5 ans	150	1,2 an	3 ^d
10 ans	175	1,4 an	3,5
Scanner de l'abdomen			
Adultes	350	3 ans	7 ^c
Nouveau-né	265	2,2 ans	5,3
1 an	210	1,8 ans	4,2
5 ans	185	1,5 ans	3,7
10 ans	185	1,5 ans	3,7
Examens de médecine nucléaire (5 ans)			
FDG PET CT	765	6,4 ans	15,3 ^f
Tc-99m cystogram	9	1 mois	0,18 ^f
Tc-99m bone scan	300	2,5 ans	6 ^f
Examens dentaires			
Radiographie intra-buccale	0,25	< 1 jour	0,005 ^c
Panoramique (dentaire)	0,5	1,5 jour	0,01 ^c
Tomographie craniofaciale par faisceau conique (Cone-beam CT)	< 50	< 5 mois	< 1h
Cardiologie interventionnelle pédiatrique guidée par fluoroscopie	300 (plage de 50 à 1850)	2,5 ans (plage de 5 mois à 15 ans)	Médiane 6 (plage 1-37) ⁱ
Cystogramme par fluoroscopie (5 ans)	16	1,7 mois	0,33 ^j

^a Doses efficaces par scanner en pédiatrie basées sur les données fournies dans le tableau B17 « Résumé des données de doses reçues par les patients lors de scanners pédiatriques » (UNSCEAR, 2010) à l'exception des données de source différente explicitement indiquée.

^b D'après une moyenne mondiale de 2,4 mSv/an

^c Mettler et al. (2008)

^d Source: site Internet Image Gently (<http://www.imagegently.org/>)

^e Cela se rapporte plus à des fantômes équivalents à un enfant de référence de corpulence moyenne pour cet âge qu'à un âge réel

^f Johnson et al. (2014)

^g Cela se rapporte plus à des fantômes équivalents à un enfant de référence de corpulence moyenne pour cet âge qu'à un âge réel

^h Commission européenne (2012)

ⁱ Bacher et al. (2005)

^j Brody et al. (2007)

Dans les discussions sur les doses d'irradiation des procédures diagnostiques, il a été suggéré de les comparer aux expositions à des rayonnements plus familiers (comme les radiographies thoraciques ou le rayonnement d'origine naturelle) pour faciliter la compréhension de cette dose. Le Tableau 4 décrit cette comparaison des doses d'irradiation pour plusieurs procédures diagnostiques d'imagerie pédiatrique. Toutefois, ces comparaisons peuvent avoir leur limite. La dose délivrée au cours d'une radiographie thoracique est si faible que l'utiliser comme dénominateur dans le calcul du nombre équivalent de rayons X thoraciques comparable au niveau de dose d'une autre procédure radiologique pourrait être trompeur et alarmer inutilement les patients et leurs parents. Des patients, des parents et même certains professionnels de santé peuvent avoir une faible connaissance du concept de rayonnement d'origine naturelle. Il est donc possible qu'ils comprennent mal la comparaison entre la dose associée à une procédure radiologique médicale et la période équivalente d'exposition au rayonnement naturel. Autre aspect potentiellement trompeur de la comparaison des doses d'irradiation reçues par les patients avec les doses équivalentes de l'exposition au rayonnement d'origine naturelle : le rayonnement naturel implique l'exposition de l'ensemble de l'organisme tandis que les expositions diagnostiques sont bien souvent locales (plus localisées).

1.2.2 Risques liés aux rayonnements en imagerie médicale: les effets sur la santé de l'exposition aux rayonnements

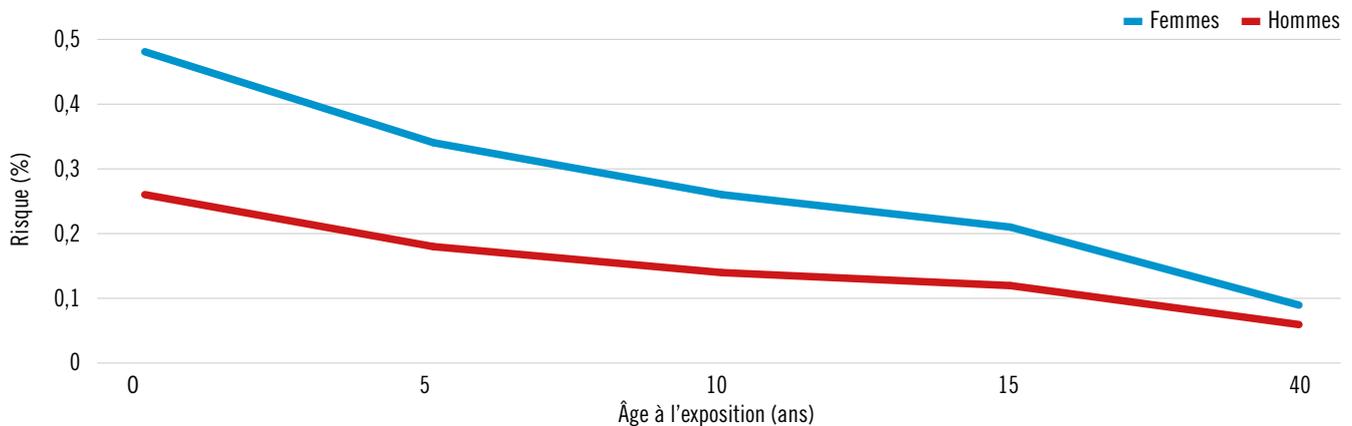
L'énergie absorbée par les tissus et organes exposés aux rayonnements peut avoir deux types d'effets. Pour des doses d'irradiation bien supérieures à celles des examens d'imagerie diagnostique classiques, les rayonnements peuvent entraîner la mort des cellules. Les dommages peuvent être suffisamment étendus pour affecter les fonctions tissulaires et être observés cliniquement (rougeur de la peau, chute des cheveux, cataracte). Ces effets sont appelés « réactions tissulaires » ou « effets déterministes » et ne surviendront que si la dose d'irradiation dépasse un certain seuil (ICRP, 2012).

Malgré la présence de mécanismes robustes de réparation de l'ADN dans l'organisme, l'exposition aux rayonnements peut également entraîner une transformation non létale des cellules. Les cellules transformées qui ne sont pas éliminées peuvent devenir malignes après une longue période de latence (de plusieurs années à plusieurs dizaines d'années). Les effets de cette nature sont appelés « effets stochastiques ». En radioprotection, on suppose qu'il peut exister une relation linéaire entre l'exposition et le risque de cancer, sans valeur de seuil au-dessous duquel le risque serait nul. En se basant sur ce modèle linéaire sans seuil, la probabilité de développer un cancer est supposée augmenter avec la dose d'irradiation, y compris dans le cas de procédures d'imagerie médicale à faible dose (Brenner et al., 2001 ; Brenner, 2002 ; Brenner et al., 2003 ; Brenner & Hall, 2007 ; Chodick et al., 2007 ; Johnson et al., 2014).

On ne connaît pas avec certitude le risque de développer un cancer à partir de rayonnements à faible dose tels que ceux émis par les procédures d'imagerie diagnostique. Bien qu'une estimation du risque à partir de ces examens puisse être calculée grâce aux hypothèses précédentes, nous ne savons pas actuellement si ces estimations sont exactes. Le risque peut être très limité et il est également possible qu'il soit inférieur à l'estimation. Même si cette notion revient plus loin dans ce document, l'hypothèse implicite veut qu'il y ait une incertitude, bien que cela ne soit pas toujours indiqué. En l'absence de certitude sur le sujet, on adopte une approche prudente pour garantir que la dose d'irradiation utilisée lors de la procédure n'excède pas la dose nécessaire pour obtenir une image d'une qualité diagnostique appropriée.

Certaines études épidémiologiques suggèrent que l'exposition aux rayonnements ionisants augmente le risque de certains cancers pour des doses à l'organe d'environ 50-100 mSv (Pearce et al., 2012 ; Matthews et al., 2013 ; Miglioretti et al., 2013 ; Boice Jr, 2015). Cette plage de dose peut être atteinte après plusieurs scanners. Compte tenu de l'état actuel des connaissances et malgré les incertitudes sur le risque associé à de multiples expositions/doses cumulatives, même le faible niveau de la dose d'irradiation utilisée en imagerie diagnostique pédiatrique

Figure 8 : risque attribuable vie entière de l'incidence du cancer en fonction du sexe et de l'âge à l'exposition pour une dose unique de 10 mSv sur l'ensemble du corps, d'après des estimations pour la population des États-Unis



Source: BEIR (2006)

peut augmenter légèrement le risque de développer un cancer dans le futur (UNSCEAR, 2008 ; UNSCEAR, 2013).

La dose d'irradiation délivrée lors d'une procédure diagnostique ne devrait pas entraîner d'effets déterministes.³ Néanmoins, des interventions guidées par l'imagerie peuvent délivrer des doses suffisamment élevées pour provoquer des effets déterministes tels que des lésions cutanées chez certains patients, notamment chez les adultes et les adolescents les plus corpulents. Les risques stochastiques sont une source de préoccupation particulière en imagerie pédiatrique puisque les enfants sont plus vulnérables que les adultes au développement de certains types de cancers, et qu'ils ont davantage d'années de vie devant eux pour développer les effets à long terme sur la santé des rayonnements, comme un cancer.

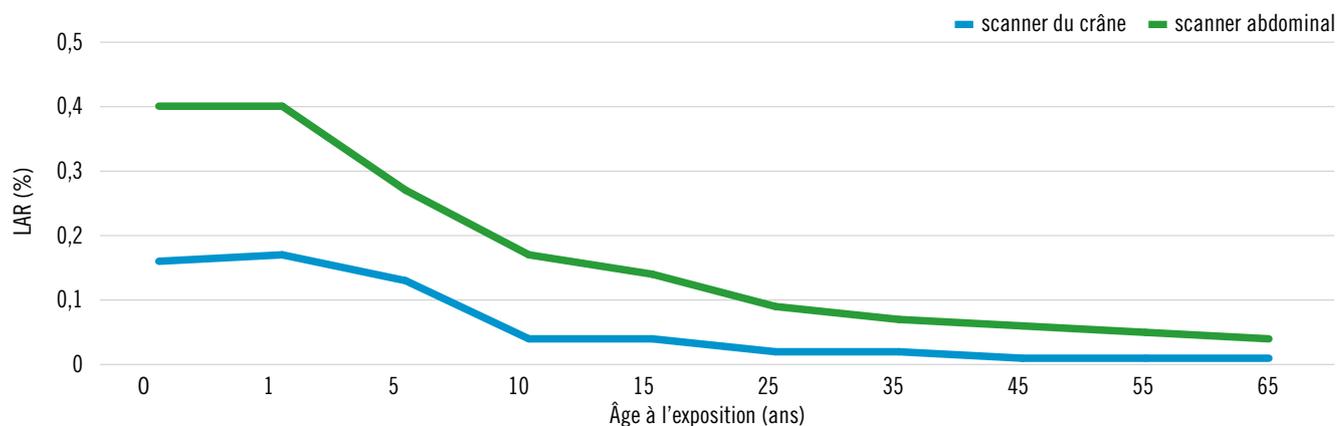
Tout le monde est susceptible d'avoir (incidence) et/ou de mourir (mortalité) d'un cancer pendant sa vie. C'est ce que l'on appelle le « risque de base vie entière » (LBR, de l'anglais *lifetime baseline risk*). Le risque supplémentaire d'incidence ou de mortalité prématurée par cancer attribuable à une exposition aux rayonnements s'appelle le « risque attribuable vie entière » (LAR, de l'anglais *lifetime attributable risk*). La valeur LAR dépend de l'âge et du sexe, elle est calculée à l'aide de modèles de risque tirés d'études épidémiologiques (UNSCEAR, 2008 ; BEIR, 2006 ; UNSCEAR, 2013).

La **Fig. 8** présente le LAR d'incidence du cancer en fonction du sexe et de l'âge à l'exposition, pour une dose unique de 10 mSv sur l'ensemble du corps, d'après des estimations pour la population des États-Unis (BEIR, 2006). Cette figure illustre le fait que le risque de cancer dû à une exposition aux rayonnements est plus grand pour les nourrissons que pour les adultes, les nouveau-nés étant le plus à risque. Elle montre également que le risque de cancer associé à une exposition aux rayonnements est plus faible pour les hommes que pour les femmes. Les chiffres des ordonnées pourraient être mieux compris en expliquant qu'un LAR de 0,2 % traduit un risque de 2 sur 1000, ce qui représente un risque pour 1 enfant sur 500.

La dose de 10 mSv sur l'ensemble du corps utilisée à la **Fig. 8** a été prise pour exemple de façon arbitraire dans le but de présenter les valeurs de LAR spécifiques à un âge et un sexe donnés. Ce niveau de dose est considérablement supérieur aux doses efficaces types pour les procédures d'imagerie diagnostique (voir **Tableau 4**). En outre, si l'on se réfère aux risques liés aux rayonne-

³. Cela exclut les surexpositions non intentionnelles/accidentelles.

Figure 9 : risque attribuable vie entière (moyenne des sexes) de l'incidence du cancer associé à une exposition aux rayonnements pour un scanner du crâne et abdominal, en fonction de l'âge à l'exposition



ments associés aux expositions médicales, la dose à l'organe constitue une valeur à mesurer plus pertinente que la dose efficace. La **Fig. 9** montre les valeurs de LAR (moyenne des sexes) pour l'incidence du cancer associée aux scanner du crâne et scanner abdominal réalisés à différents âges, d'après les estimations de dose à l'organe types pour 16 organes différents⁴ (Bushberg JT, Université de Californie, Davis School of Medicine, Sacramento, États-Unis, Communication personnelle du 15 décembre 2015). En supposant que l'on applique le modèle linéaire sans seuil décrit ci-dessus et en gardant à l'esprit l'incertitude associée aux estimations du risque lié à l'exposition aux rayonnements à faible dose, la valeur utile de ce chiffre serait de comparer les risques de ces deux examens différents au même âge à l'exposition. Le risque vie entière présenté à la **Fig. 9** devrait être comparé au LBR élevé d'incidence du cancer (c.-à-d. plus de 1 sur 3⁵), et aux importants bénéfices qu'offre un scanner nécessaire médicalement. Néanmoins, la question de santé publique qui nous préoccupe porte sur la population pédiatrique de plus en plus grande exposée à ces faibles risques (Brody et al., 2007 ; UNSCEAR, 2013).

Les chiffres présentés sur la Fig. 9 peuvent être expliqués par une approche quantitative (par ex. un LAR de 0,1 % signifie que le risque est égal à 1 sur 1 000). Il est peut-être plus facile d'expliquer les niveaux de risque en utilisant une approche qualitative, comme l'illustrent les **Tableaux 5 à 8**. Le **Tableau 5** fournit des exemples d'approche qualitative pour expliquer les niveaux de risque de mortalité par cancer et le **Tableau 6** concerne le risque d'incidence du cancer. À des fins d'illustrations, les deux tableaux comparent les niveaux de risque supplémentaire (présentés en tant que LAR) et le LBR de mortalité par cancer et d'incidence du cancer, respectivement.

Récemment, Johnson et al. ont calculé le LAR pour l'incidence du cancer dû à des procédures radiologiques spécifiques chez les enfants, grâce aux données tirées du rapport BEIR VII pour la population des États-Unis (Johnson et al., 2014). Certains résultats de cette étude sont présentés dans le **Tableau 7**, en termes de risque supplémentaire d'incidence du cancer (moyennes des sexes et des âges) associé à ces procédures, par rapport au LBR d'incidence du cancer.

⁴. On a estimé les 16 groupes suivants de doses à l'organe : cavité buccale et pharynx, œsophage, estomac, colon, foie, vésicule biliaire, pancréas, poumon, seins, ovaire, utérus/prostate, vessie, rein, système nerveux, thyroïde et moelle osseuse. Données collectées auprès de l'Advanced Laboratory for Rayonnement Dosimetry Studies, College of Engineering, Université de Floride, grâce à des fantômes de référence ICRP 89 (pour plus d'informations, consulter <http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%2089>). Protocoles d'examens définis grâce à des protocoles scanner standard actuels de l'Université de Floride et des recommandations d'Image Gently. Risque calculé avec l'outil d'évaluation du risque lié aux rayonnements du National Cancer Institute (RadRAT).

⁵. Par exemple, le risque de base vie entière d'incidence du cancer aux États-Unis était de 46,3 % chez les hommes et de 37,5 % chez les femmes ; la moyenne des deux sexes est de 41,9 % (BEIR, 2006).

Le **Tableau 8** propose une présentation qualitative du risque d'incidence du cancer pour quelques examens pédiatriques courants pour trois âges différents de patients, en tenant compte de l'ensemble des données présentées dans cette section.

1.2.3 Sensibilité des enfants aux rayonnements ionisants : des considérations qui leurs sont propres

Le risque pour la santé humaine dû aux rayonnements a fait l'objet de nombreuses recherches et de nombreux débats. L'exposition à de faibles doses d'irradiation telles que celles qui sont délivrées aux patients durant des procédures diagnostiques peut représenter un risque, bien que limité, d'induire un cancer des années voire des dizaines d'années après les examens (UNSCEAR, 2008). Les bénéfices pour les patients surpassent largement les risques liés aux rayonnements lorsque ces procédures sont correctement prescrites et réalisées.

Une attention particulière est portée aux enfants, car ils sont souvent considérés comme particulièrement vulnérables aux menaces environnementales. En effet, pour certains types de tumeurs,

Tableau 5. Exemples d'une approche qualitative afin de communiquer sur différents niveaux de risque de mortalité par cancer comparés au risque de base vie entière de mortalité par cancer.

Qualification du risque	Niveau approximatif de risque supplémentaire de cancer mortel	Probabilité de cancer mortel dans la population générale (% LBR) ^a	Probabilité de cancer mortel dans la population générale, si l'on ajoute ce niveau de risque supplémentaire (% LBR + % LAR)
Négligeable	< 1 sur 1 000 000	20	20,00
Minimal	Entre 1 sur 1 000 000 et 1 sur 100 000	20	20,00
Très bas	Entre 1 sur 100 000 et 1 sur 10 000	20	20,01
Bas	Entre 1 sur 10 000 et 1 sur 1 000	20	20,10
Modéré	Entre 1 sur 1 000 et 1 sur 500	20	20,20

^a Les 20 % présentés dans cette colonne sont une valeur arrondie du LBR (moyenne des sexes) pour la mortalité par cancer dû à une leucémie ou une tumeur solide, d'après le tableau Table 12-4 de BEIR VII (BEIR, 2006)

Tableau 6. Exemples d'une approche qualitative afin de communiquer sur différents niveaux de risque d'incidence du cancer comparés au risque de base vie entière d'incidence du cancer.

Qualification du risque	Niveau approximatif de risque supplémentaire de cancer mortel	Probabilité de cancer mortel dans la population générale (% LBR) ^a	Probabilité de cancer mortel dans la population générale, si l'on ajoute ce niveau de risque supplémentaire (% LBR + % LAR)
Négligeable	< 1 sur 500 000	42	42,00
Minimal	Entre 1 sur 500 000 sur 1 sur 50 000	42	42,00
Très bas	Entre 1 sur 50 000 sur 1 sur 5 000	42	42,02
Bas	Entre 1 sur 5 000 sur 1 sur 500	42	42,25
Modéré	Entre 1 sur 500 sur 1 sur 250	42	42,50

^a Les 42% présentés dans cette colonne sont une valeur arrondie du LBR (moyenne des sexes) pour l'incidence du cancer, y compris les leucémies et les tumeurs solides, d'après le tableau Table 12-4 de BEIR VII (BEIR, 2006).

Tableau 7. Risque d'incidence du cancer (moyennes des sexes et des âges) associé aux procédures radiologiques chez les enfants par rapport au risque de base

Qualification du risque	Probabilité d'incidence du cancer dans la population générale (% LBR)	Probabilité d'incidence du cancer dans la population générale en ajoutant ce niveau de risque supplémentaire (% LBR + % LAR)	Qualification de risque proposée
Intervention de cathétérisme	42	42,36	Modéré
Diagnostic de cathétérisme	42	42,25	Faible ^a
Angio-scanner du crâne	42	42,16	Faible
Scanner thorax	42	42,15	Faible
Scanner abdomen	42	42,12	Faible
Angio- scanner abdomen	42	42,12	Faible
Scanner pelvis	42	42,10	Faible
Scanner du crâne	42	42,06	Faible
Transit baryté œsophage	42	42,05	Faible
Lavement baryté colon	42	42,04	Faible
Scanner pulmonaire sous perfusion	42	42,04	Faible
Positionnement de tube par fluoroscopie	42	42,04	Faible
Thorax (PA et latéral)	42	42,00	Négligeable

^a L'évaluation des bénéfices-risques pour un niveau de risque faible à modéré doit prendre en compte l'âge du patient. PA : postérieur antérieur
 Source: données pour la population des États-Unis, adapté de Johnson et al. (2014), avec autorisation

Tableau 8. Présentation qualitative proposée du risque à trois âges différents pour quelques examens pédiatriques courants d'après les données présentées dans cette section

Examen	Âge : 1 an	Âge : 5 ans	Âge : 10 ans
Dentaire intra-buccal	S/O	Négligeable	Négligeable
Radio thoracique	Négligeable	Négligeable	Négligeable
Scanner du crâne	Faible	Faible	Faible
Scanner thoracique	Faible	Faible	Faible
Scanner abdominale	Modéré	Faible	Faible
TEP-scanner au FDG	Modéré	Modéré	Modéré

S/O : sans objet ; FDG : fluorodésoxyglucose ; TEP : tomographie par émission de positons

la population pédiatrique est plus sensible à l'exposition aux rayonnements que les adultes. Cette sensibilité accrue varie avec l'âge, les plus jeunes étant plus à risque (UNSCEAR, 2013). Des études scientifiques ont également démontré que l'apparition de tumeurs radiogéniques chez les enfants varie plus que chez les adultes et qu'elle dépend du type de tumeur, de l'âge de l'enfant et de son âge à l'exposition. Ces études portant sur les différences de radiosensibilité entre les enfants et les adultes ont montré que les enfants sont plus sensibles au développement de cancers de la thyroïde, du cerveau, de la peau et du sein ainsi que de leucémies (UNSCEAR, 2013). Les données disponibles sont insuffisantes pour plusieurs autres sièges de cancer et ne permettent pas de déterminer si les enfants sont effectivement plus sensibles à ces types de cancers (UNSCEAR, 2013).

L'étude portant sur le suivi à long terme des survivants des bombardements atomiques d'Hiroshima et Nagasaki a montré que le risque de cancer est plus grand pour les personnes exposées

aux bombardements à un âge plus jeune que pour les personnes exposées à un âge plus avancé. Le risque après une exposition à 10 ans est environ deux fois plus élevé qu'après une exposition à 40 ans. Les enfants de moins de 10 ans sont particulièrement sensibles aux rayonnements (Douple, 2011). Cette étude ainsi que d'autres études ont également montré que les femmes exposées à un jeune âge (< 20 ans) étaient deux fois plus susceptibles de développer un cancer du sein dans leur vie que les femmes exposées lorsqu'elles étaient adultes. En effet, les enfants sont plus susceptibles que les adultes de développer la plupart des types de cancers après une irradiation, mais la maladie peut se révéler tardivement, lorsqu'ils atteignent un âge auquel il est normal d'observer des cancers (UNSCEAR, 2013).

Certaines affections génétiques rares rendent certains enfants encore plus vulnérables aux rayonnements ionisants, entraînant une hypersensibilité à l'exposition aux rayonnements et des risques de cancers plus élevés. Bien qu'un faible pourcentage de personnes soit « hypersensibles » aux rayonnements, les professionnels de santé qui prescrivent ou utilisent des rayonnements chez des enfants doivent savoir que ces affections incluent par exemple l'ataxie télangiectasie, le syndrome de Nimègue ou l'anémie de Fanconi. D'autres maladies associées à un certain degré de radiosensibilité sont la sclérose systémique, la maladie de Behçet ou la trisomie 21. Les patients pédiatriques atteints d'un cancer et ayant des antécédents familiaux de cancers pourraient aussi être prédisposés à des seconds cancers induits par les rayonnements ainsi qu'à une hyper-radio-sensibilité clinique (Bourguignon et al., 2005).

Quatre problèmes majeurs doivent être pris en compte en imagerie pédiatrique :

1. Pour certains cancers radio-induits, les enfants sont plus vulnérables que les adultes ; pour d'autres, les données disponibles sont encore insuffisantes (UNSCEAR, 2013). La perception générale selon laquelle les enfants sont plus sensibles que les adultes à l'exposition aux rayonnements n'est que partiellement vraie. La sensibilité des enfants à un cancer radio-induit a fait l'objet d'un intérêt majeur pendant plus de 50 ans. De récentes études indiquent que les enfants pourraient être (en général) deux ou trois fois plus sensibles aux rayonnements que les adultes.⁶
2. Les cancers liés à une exposition pendant l'enfance entraînent en moyenne une perte d'années de vie plus importante que les cancers liés à une exposition à l'âge adulte. Les enfants ont une espérance de vie plus longue, et donc une fenêtre de temps plus large pour que des effets à long terme des rayonnements sur la santé se manifestent.
3. Un cancer radio-induit peut avoir une longue période de latence qui varie selon le type de cancer et la dose reçue. Cette période de latence pour une leucémie de l'enfant est généralement inférieure à 5 ans, mais elle peut être de dizaines d'années pour des tumeurs solides.
4. Pour des examens d'imagerie réalisés sur des petits enfants ou des nourrissons, ne pas ajuster les paramètres/réglages d'exposition utilisés pour les adultes et enfants plus âgés entraînera une dose plus importante que nécessaire (Frush, Donnelly & Rosen, 2003 ; Frush & Applegate, 2004 ; Brody et al., 2007). Ces doses inutilement élevées (c.-à-d. entraînant des risques accrus) peuvent être considérablement réduites sans affecter la qualité de l'image (optimisation de la procédure).

L'intérêt clinique de l'imagerie utilisant des rayonnements pour le diagnostic des maladies et des lésions chez l'enfant est incontestable. Plusieurs possibilités existent pour réduire la dose d'irradiation sans perte significative d'informations de diagnostic. Même si les risques individuels sont assez faibles, la protection radiologique en imagerie pédiatrique est une question de santé publique, la population pédiatrique exposée à ces risques étant importante.

⁶ Bien que les données probantes scientifiques des effets tardifs sur la santé après une exposition à des rayonnements à faible dose renvoient à l'induction du cancer, certaines études suggèrent un risque accru d'effets non cancéreux, tels que des maladies cardiovasculaires. De nouvelles recherches sont nécessaires pour confirmer l'existence d'un lien de cause à effet (ICRP, 2012 ; UNSCEAR, 2013).

Chapitre 2: Concepts et principes de radioprotection

Les nouvelles technologies dans le domaine de la santé et les dispositifs médicaux récents utilisant des rayonnements ionisants ont conduit à de grandes améliorations du diagnostic et du traitement des maladies humaines. Néanmoins, une utilisation inappropriée ou sans les qualifications requises de ces technologies ou de ces dispositifs peut engendrer des expositions inutiles ou non intentionnelles et augmenter potentiellement les risques pour la santé des patients et du personnel. Pour établir un dialogue concernant les bénéfices et les risques de l'imagerie pédiatrique, il est important de faire savoir que les risques peuvent être maîtrisés et les bénéfices maximisés en sélectionnant la procédure adéquate, et en employant des méthodes pour réduire l'exposition du patient sans diminuer l'efficacité clinique de la procédure.

La **Section 2.1** présente les concepts et principes de radioprotection et explique la manière dont ils sont appliqués à l'imagerie pédiatrique.

La **Section 2.2** résume les facteurs clés nécessaires pour établir et maintenir une culture de la sécurité radiologique dans le cadre des soins de santé afin d'améliorer les pratiques.

2. Concepts et principes de radioprotection

2.1 Utilisation appropriée des rayonnements en imagerie pédiatrique

2.1.1 Bases de la radioprotection dans le cadre des soins de santé

2.1.1.1 Médecins demandeurs et réalisateurs d'actes d'imagerie médicale

Les normes fondamentales internationales de radioprotection et de sûreté des sources de rayonnements (BSS) établissent des responsabilités spécifiques pour les professionnels de santé en matière de radioprotection et de sécurité lors d'expositions médicales (BSS, AIEA 2014). Les BSS définissent un professionnel de santé comme « un individu officiellement reconnu apte, au travers de procédures nationales adaptées, à pratiquer une profession en rapport avec la santé (par ex. la médecine¹, la dentisterie, la chiropraxie, la podologie, les soins infirmiers, la physique médicale, l'électroradiologie médicale², la radiopharmacie, la santé au travail) ».

Les BSS définissent un praticien radiologue comme un « professionnel de santé qui a reçu une formation théorique et pratique spécialisée aux utilisations médicales des rayonnements et qui est qualifié pour exécuter de manière indépendante ou superviser des actes radiologiques dans une spécialité déterminée » (BSS, AIEA 2014). Le praticien radiologue endosse la première responsabilité vis-à-vis de la radioprotection et la sécurité des patients. Alors que certains pays disposent de mécanismes formels d'accréditation, de certification ou d'enregistrement des praticiens radiologues, d'autres pays en revanche doivent encore évaluer correctement l'enseignement, la formation et les compétences sur la base des normes nationales ou internationales.

Dans le contexte de ce document, le terme praticien radiologue désignera de façon générique le groupe au sens large des professionnels de santé pouvant réaliser des procédures radiologiques médicales (c.-à-d. telles que les BSS de l'AIEA les définissent), des termes plus spécifiques étant utilisés le cas échéant (comme « radiologue³ »). Le terme de praticien radiologue regroupe dans ce document principalement les spécialités médicales classiques utilisant les rayonnements ionisants dans le cadre des soins de santé : radiologie diagnostique, radiologie interventionnelle (procédures guidées par l'imagerie), radiothérapie oncologique et médecine nucléaire⁴. Dans certains cas, cependant, la pratique radiologique peut être plus restreinte, comme dans le cas des dentistes, chiropracteurs ou podologues⁴. De même, pour l'imagerie diagnostique et/ou les procédures guidées par l'imagerie, les cardiologues, urologues, gastroentérologues, chirurgiens orthopédiques ou neurolo-

1. Y compris les médecins et les médecins assistants.

2. Cela inclut les manipulateurs en radiologie et autres techniciens travaillant en radiologie diagnostique, radiologie interventionnelle et médecine nucléaire.

3. Dans le contexte de ce document, le terme « radiologue » est utilisé de façon générique et inclut la radiologie diagnostique et/ou interventionnelle. Dans certains pays, la radiologie diagnostique et la radiologie interventionnelle sont définies comme deux disciplines différentes, chacune d'entre elles faisant l'objet d'une période de spécialisation et d'une certification spécifiques.

4. *Note de la traduction* : le présent document en français est la traduction directe d'un document de l'OMS destiné à un public international et utilisant des notions issues des BSS internationaux. Certaines de ces notions ne s'appliquent parfois pas directement à tous les pays, notamment en France.

gues peuvent utiliser la radiologie de façon très spécialisée. En outre, les cliniciens de certains pays réalisent et/ou interprètent des examens courants tels que des radiographies thoraciques.

Dans le contexte de ce document, un « médecin demandeur » est un professionnel de santé à l'origine du processus d'orientation des patients vers un praticien radiologue en vue d'une imagerie médicale. En imagerie pédiatrique plus particulièrement, les professionnels de santé qui orientent le plus souvent les patients vers l'imagerie diagnostique sont les pédiatres et les médecins traitants/généralistes. Les médecins urgentistes, les sous-spécialités pédiatriques, et autres professionnels de santé en pédiatrie orientent aussi souvent des enfants vers l'imagerie dans le cadre de leur pratique quotidienne. Enfin, les professionnels de toute spécialité médicale peuvent être amenés à orienter des patients pédiatriques vers l'imagerie médicale et, dans ce cas, pourraient être considérés comme « orienteurs » /demandeurs d'examen d'imagerie. En général, le médecin demandeur et le praticien radiologue sont deux personnes différentes. Cependant, les deux fonctions sont parfois assurées par la même personne – amenant à considérer souvent cela comme une décision d'orientation autonome. Par exemple, les dentistes décident si une radiographie est indiquée, interprètent les clichés et, dans de nombreux pays, réalisent aussi la procédure.

Le personnel d'imagerie médicale d'un service de radiologie comprend généralement une équipe pluridisciplinaire composée de radiologues, manipulateurs/techniciens en radiologie, spécialistes en physique médicale et personnel infirmier.

2.1.1.2 Les principes de radioprotection en médecine

Bien que le risque individuel associé à une exposition aux rayonnements d'imagerie médicale soit généralement faible et le bénéfice substantiel, le grand nombre d'individus exposés en fait une question de santé publique. La justification et l'optimisation sont les deux principes fondamentaux de la radioprotection lors des expositions médicales⁵ :

1. Les expositions médicales doivent être justifiées en pondérant les avantages diagnostiques ou thérapeutiques attendus par rapport au risque radiologique potentiel, en tenant compte des bénéfices et des risques liés aux techniques alternatives disponibles qui n'impliquent pas d'exposition aux rayonnements. Il faut conclure que la procédure fera plus de bien que de mal.
2. Le principe de justification s'applique à trois niveaux en médecine (ICRP, 2007a) :
 - Au premier niveau, l'utilisation correcte des rayonnements en médecine est acceptée par la société comme faisant plus de bien que de mal ;
 - Au deuxième niveau, une procédure spécifique se justifie pour un groupe de patients présentant des symptômes pertinents, ou pour un groupe d'individus à risque pour un état clinique pouvant être détecté et traité ;
 - Au troisième niveau, une procédure spécifique appliquée à un patient individuel se justifie si cette application particulière est jugée comme faisant plus de bien que de mal à ce patient.
3. La justification d'une procédure médicale radiologique particulière est en général approuvée par les autorités de santé nationales et des sociétés professionnelles (pour recommander une procédure à des patients à risque pour une affection particulière).⁶
4. La responsabilité de la justification d'une procédure pour un patient⁷ incombe aux professionnels individuels directement impliqués dans le processus de réalisation des soins de

⁵ Bien que le système de radioprotection soit basé sur les trois principes de *justification*, *optimisation* et *limitation des doses*, dans le cas des expositions médicales, les limites de doses ne s'appliquent pas car elles peuvent réduire l'efficacité d'un diagnostic ou d'un traitement pour le patient, faisant ainsi plus de mal que de bien (ICRP, 2007a).

⁶ Il s'agit de la « justification générique » (niveau 2).

⁷ Il s'agit de la « justification individuelle » (niveau 3)

santé (demandeurs, praticiens radiologues). Des recommandations relatives aux demandes d'examen aident les professionnels de santé à prendre des décisions éclairées en fournissant des outils de décision clinique créés d'après des critères fondés sur des preuves (voir **section 2.1.2** pour plus d'informations). La justification d'un examen doit reposer sur une évaluation professionnelle exhaustive des informations relatives à un patient, qui incluent les antécédents cliniques pertinents, les examens d'imagerie antérieurs, les analyses de laboratoire et les informations sur les traitements reçus.

5. Lorsque cela est indiqué et qu'ils sont disponibles, les moyens d'imagerie qui n'utilisent pas de rayonnements ionisants comme l'échographie (ondes sonores) ou l'IRM (radiofréquences et ondes électromagnétiques) sont privilégiés, notamment chez les enfants et les femmes enceintes, tout particulièrement si le fœtus est directement exposé durant un examen abdominal/pelvien. La possibilité de différer l'examen d'imagerie à une date ultérieure si/lorsque l'état du patient évolue peut aussi être envisagé. La décision finale peut également être influencée par le coût, l'expertise, la disponibilité des ressources et/ou les valeurs et le choix du patient.

Encadré 2.1 Motifs possibles de procédures par rayonnements ionisants inappropriées chez des enfants

- Méconnaissance des doses d'irradiation et des risques associés
- Indisponibilité ou méconnaissance des critères de pertinence/recommandations relatives aux demandes d'examen
- Informations cliniques de justification insuffisantes, incorrectes ou peu claires
- Manque de confiance dans le diagnostic clinique et excès de confiance dans l'imagerie
- Demande du consommateur (attentes du patient et/ou de sa famille)
- Auto-orientation incluant des demandes d'examens supplémentaires inappropriés
- Crainte de contentieux pour erreurs médicales (médecine défensive)
- Pression pour promouvoir et commercialiser des technologies sophistiquées
- Manque de dialogue/consultation entre les médecins demandeurs et les radiologues
- Non prise en compte ou méconnaissance des modes d'imageries plus appropriés qui n'utilisent pas de rayonnements ionisants (par ex. échographies et IRM, lorsqu'elles sont disponibles)
- Examens trop fréquents ou inutilement répétés
- Pression des médecins demandeurs ou autres spécialistes
- Confiance accordée à l'expérience personnelle ou anecdotique non étayée par des données médicales probantes
- Pression pour réaliser des examens (prise en charge rapide des patients au service d'urgence par exemple)
- Manque de disponibilité d'autres ressources, expertises et/ou appareils d'imagerie (par ex. pour réaliser une échographie en dehors des horaires normaux)
- Suivi inapproprié des recommandations d'examen émises par les rapports d'experts.

Encadré 2.2 Médecine défensive : une incitation importante

Le terme « médecine défensive » désigne un écart par rapport à la pratique médicale standard dans le but de limiter ou éviter des plaintes ou des critiques.

Les médecins peuvent répondre à la menace perçue d'un litige en demandant plus d'examens, certains pouvant être bénéfiques et recommandés par les guides de bonne pratique clinique, mais d'autres étant du gaspillage et préjudiciables. Voir en exemple ci-dessous un résumé des résultats d'une étude réalisée dans l'état du Massachusetts (États-Unis) sur la médecine défensive (<http://www.massmed.org/defensivemedicine/>):

- 3 650 médecins ont été interrogés entre 2007 et 2008
- 83 % ont indiqué pratiquer une médecine défensive
- Leur comportement clinique défensif était lié à un recours excessif aux :
 - clichés radiographiques : 22 %
 - scanner : 33 % chez les médecins urgentistes et gynécologues/obstétriciens et 20 % dans les autres spécialités
 - Analyses biologiques : 18 %
 - Hospitalisations : 13 %.

Dans le contexte du système de radioprotection, l'optimisation consiste à maintenir les doses « aussi basses que raisonnablement possible » (ALARA). En imagerie médicale notamment, le concept ALARA prône de délivrer la dose la plus faible possible nécessaire pour obtenir des images diagnostiques d'une qualité appropriée, ou mieux encore, de « gérer la dose d'irradiation de façon à ce qu'elle soit adaptée à l'objectif médical » (ICRP, 2007a & 2007b).

2.1.2 Justification et pertinence des procédures

Les moyens les plus efficaces pour réduire le dose d'irradiation associée à l'imagerie pédiatrique consiste à réduire ou si possible éliminer les procédures inutiles ou inappropriées.

Il est essentiel que le médecin demandeur et le praticien radiologue (voir **section 2.1.1**) justifie une procédure avant qu'un patient passe un examen d'imagerie pour éviter une dose d'irradiation inutile. La plupart des investigations radiologiques sont justifiées, mais dans certains cas, une évaluation clinique ou des modes d'imagerie qui n'utilisent pas les rayonnements ionisants pourraient fournir des diagnostics précis et éviter de recourir aux rayons X. Par exemple, même si un scanner est justifié pour analyser une douleur abdominale chez un enfant, une échographie est souvent plus pertinente (voir **Fig. 10, 11 et 12**).

2.1.2.1 Procédures inutiles

L'utilisation excessive de rayonnements à des fins diagnostiques entraînent des risques qui pourraient être évités et augmentent les coûts de soins de santé. Dans certains pays, une part substantielle des examens radiologiques (plus de 30 %) sont discutables et sont susceptibles de ne pas présenter de bénéfice net dans les soins de santé au patient (Hadley, Agola & Wong, 2006 ; Oikarinen et al., 2009). Les **encadrés 2.1 et 2.2** identifient quelques raisons possibles à l'utilisation inappropriée des rayonnements en imagerie médicale.

Le niveau réel de risque injustifié résultant d'une utilisation inappropriée de rayonnements en imagerie pédiatrique demeure incertain. Par exemple, on a estimé que le nombre de scanners inutiles réalisés chaque année aux États-Unis pourrait s'élever à 20 millions chez les adultes et à plus d'un million chez les enfants (Brenner & Hall, 2007).

Figure 10: recommandations du Collège Royal des Radiologues (Royaume-Uni) pour les douleurs abdominales de l'enfant

Investigation	Dose	Recommendation [Grade]	Comment
US	None	Indicated [E]	There are many causes of acute abdominal pain. US is a useful first investigation but needs to be guided by clinical findings.
AXR	☠	Specialised investigation [C]	AXR is rarely of value and is best performed under specialist guidance. Generally AXR is not undertaken before US.
CT	☠☠☠	Specialised investigation [B]	Although CT is more sensitive than US for the diagnosis of appendicitis, specificities are similar and the strategy for imaging should take into account radiation dose and clinical features.
MRI	None	Indicated only in specific circumstances [B]	Following abdominal US, when TV/US is not feasible, MRI is occasionally helpful for evaluating pelvic masses in girls.

Source: RCR (2012); reproduit avec l'aimable autorisation du Collège Royal des Radiologues.

Figure 11 : recommandations sur les critères de pertinence (Appropriateness Criteria®) de l’American College of Radiology pour les douleurs du quadrant inférieur droit chez l’enfant

Variante 4 : fièvre, leucocytose, possible appendicite, cas atypique chez les enfants (moins de 14 ans)

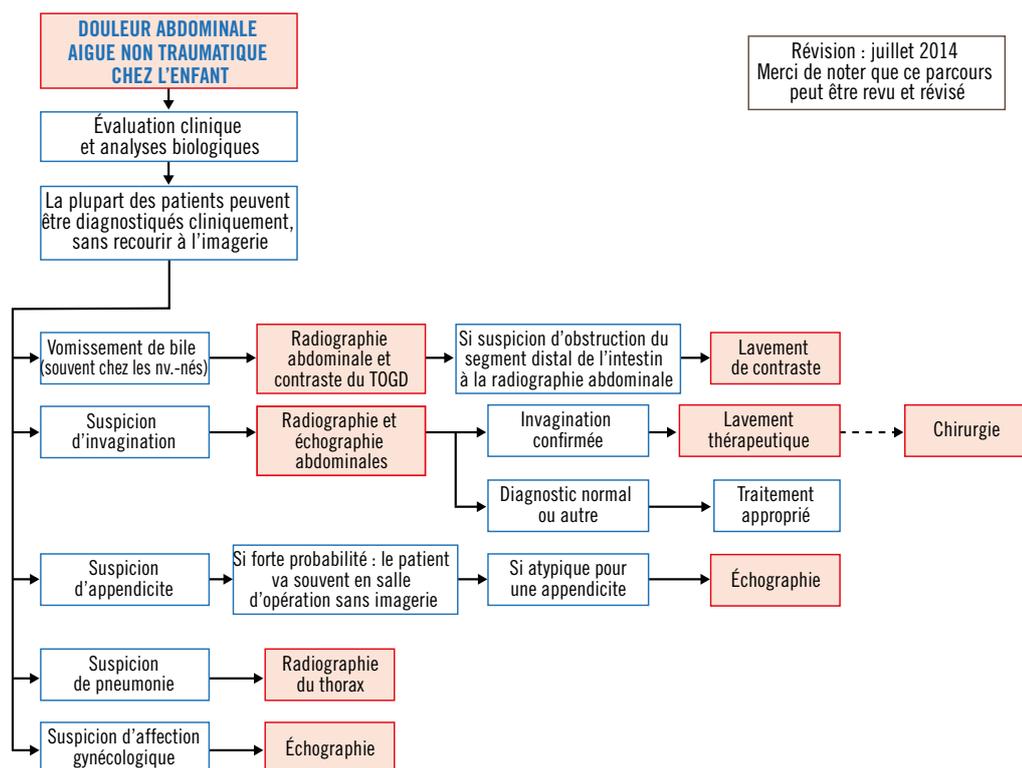
Procédure radiologique	Éval.	Commentaires	NRR*
Echographie abdomen quadrant inférieur droit	8	À compression dosée	○
scanner abdomen et pelvis avec produit de contraste	7	Peut être utile après échographie négative ou équivoque. Produit de contraste par voie orale ou anale selon la préférence de l'établissement. Envisager un scanner limité au quadrant inf. droit.	▲▲▲▲▲
Radiographie de l'abdomen	6	Peut être utile pour exclure la présence d'air libre ou une obstruction.	▲▲
Écho pelvienne	5		○
Scanner abdomen et pelvis sans produit de contraste	5	Utilisation de produit de contraste par voie orale ou rectale selon la préférence de l'établissement. Envisager un scanner limité au quadrant inf. droit.	▲▲▲▲▲
IRM abdomen et pelvis avec et sans produit de contraste	5	Voir mention sur le produit de contraste dans la section « Exceptions anticipées ».	○
Scanner abdomen et pelvis avec et sans produit de contraste	4	Utilisation de produit de contraste par voie orale ou rectale selon la préférence de l'établissement. Envisager un scanner limité au quadrant inf. droit.	▲▲▲▲▲
IRM abdomen et pelvis sans produit de contraste	4		○
Radiographie lavement de contraste	3		▲▲▲▲▲
Scintigraphie Tc-99m aux leucocytes - abdomen et pelvis	2		▲▲▲▲▲

Échelle d'évaluation : 1, 2, 3 Généralement non pertinent ; 4, 5, 6 Potentiellement pertinent ; 7, 8, 9 Généralement pertinent

* Niveau relatif de rayonnements

Source: ACR (2015) ; reproduit avec l'aimable autorisation de l'American College of Radiology

Figure 12 : recommandations concernant le parcours d'imagerie diagnostique de Western Australia pour les douleurs abdominales de l'enfant



Source: Western Australian Health Department, Parcours d'imagerie diagnostique ; reproduit avec son aimable autorisation <http://www.imaging-pathways.health.wa.gov.au/index.php/imaging-pathways/paediatrics/acute-non-traumatic-abdominal-pain#pathway>.

La redondance d'examens déjà réalisés dans d'autres centres de soins de santé constitue une part importante de ces examens inutiles. Pour éviter cette redondance, les investigations antérieures (images et rapports) doivent être enregistrées de façon suffisamment détaillée et mises à la disposition des autres professionnels de santé lors de la prise en charge médicale du moment. Cela aiderait à conserver l'historique d'imagerie d'un patient donné. Les méthodes utilisées pour assurer le suivi de l'exposition aux rayonnements incluent les dossiers papier (par ex. les carnets dosimétriques) et électroniques (cartes intelligentes et logiciels) (Seuri et al., 2013; Rehani et al., 2012).

2.1.2.2 Choix de la procédure appropriée

En choisissant une procédure d'imagerie qui utilise des rayonnements ionisants, le rapport bénéfices-risques doit être soigneusement étudié concernant tous les aspects d'efficacité, de sécurité, de coût, d'expertise locale, de ressources disponibles, d'accessibilité et de besoins, valeurs et convictions du patient.

Les informations cliniques adéquates permettent au médecin demandeur, au radiologue ou au médecin nucléaire de choisir la procédure la plus utile. L'imagerie médicale est utile si ses résultats, négatifs ou positifs, influencent les soins au patient ou renforcent la confiance accordée au diagnostic. Un aspect supplémentaire : rassurer (le patient, la famille ou les aidants).

2.1.2.3 Recommandations relatives aux demandes d'examen

Confronté à un cas clinique, le médecin demandeur prend une décision basée sur les bonnes pratiques médicales. Toutefois, du fait de la complexité et des avancées rapides de l'imagerie médicale, les médecins demandeurs ont des difficultés à suivre les évolutions des bonnes pratiques d'imagerie fondées sur des preuves. Les recommandations pour la justification de l'imagerie sont généralement fournies par les sociétés professionnelles et les ministères nationaux de la santé.

Ces recommandations fondées sur des preuves éclairent les décisions que les demandeurs et les radiologues prennent avec les patients/aidants dans le choix de la méthode d'investigation appropriée et légitiment la justification (Perez, 2015). Citons comme exemples de recommandations concernant les critères de pertinence Appropriateness Criteria® (ACR),⁸ iRefer du RCR : « Utiliser au mieux la radiologie clinique »⁹ et le Parcours d'imagerie diagnostique de Western Australia¹⁰ (ACR, 2015; RCR, 2012). Ces recommandations bénéficient d'une adhésion de plus en plus forte à l'échelle mondiale. Pour des situations équivalentes, il n'est pas surprenant de retrouver des recommandations comparables dans différentes régions du monde (voir **Fig. 10, 11 et 12**).

Les recommandations relatives aux demandes d'examen sont des recommandations développées de façon systématique d'après les meilleures données probantes disponibles, y compris des conseils d'experts, et conçues pour guider les médecins demandeurs vers une prise en charge appropriée du patient en sélectionnant la procédure la mieux adaptée aux indications cliniques qui lui sont propres. Les recommandations destinées aux médecins demandeurs pour une utilisation appropriée de l'imagerie fournissent des informations sur les examens particuliers les plus aptes à produire les résultats les plus informatifs pour un état clinique, et elles indiquent si un autre mode délivrant une dose d'irradiation plus faible est équivalent ou potentiellement plus efficace, et donc plus approprié. Ces recommandations pourraient réduire le nombre d'examens de 20 % (RCR, 1993 & 1994; Oakeshott, Kerry & Williams, 1994; Eccles et al., 2001).

⁸ <http://www.acr.org/~media/ACR/Documents/AppCriteria/Diagnostic/RightLowerQuadrantPainSuspectedAppendicitis.pdf>

⁹ <http://www.rcr.ac.uk/content.aspx?PageID=995>

¹⁰ <http://www.imagingpathways.health.wa.gov.au/index.php/imaging-pathways/paediatrics/acute-non-traumatic-abdominal-pain#pathway>

Les recommandations fondées sur des preuves tiennent compte des doses efficaces et favorisent les bonnes pratiques médicales en guidant la pertinence des demandes de procédures d'imagerie diagnostique. Elles donnent une justification générique (niveau 2) et facilitent l'information sur la justification particulière (niveau 3) (voir **section 1.1.3**). Les faits observés à l'échelle mondiale servent à évaluer l'impact diagnostique et thérapeutique d'un examen d'imagerie dans un cas particulier d'indication clinique, en tenant compte des aspects inhérents aux diagnostics différentiels.

Elles revêtent davantage un caractère consultatif qu'obligatoire. Cependant, bien que non obligatoires, un médecin demandeur doit avoir de bonnes raisons de s'en écarter. Le **Tableau 9** présente quelques exemples de questions qui, associées aux recommandations relatives aux demandes d'examen, peuvent aider un médecin demandeur à décider si une procédure d'imagerie médicale est justifiée. En cas de doute, il doit consulter un praticien radiologue.¹¹ Des audits cliniques doivent permettre de vérifier que les recommandations sont suivies afin d'en consolider l'application. therapeutic impact of an imaging exam to investigate a particular clinical indication, granting the inherent differential diagnostic considerations.

Tableau 9. Questionnement socratique^a pour les médecins demandeurs lorsqu'ils envisagent des procédures d'imagerie

Que doit-il répondre ?	Expositions médicales aux rayonnements évitables, inutiles
L'examen a-t-il déjà été réalisé ?	Répéter inutilement des examens redondants qui ont déjà été réalisés
En ai-je besoin ?	Réaliser des examens si les résultats ne doivent pas changer la prise en charge du patient
En ai-je besoin maintenant ?	Réaliser un examen trop précoce
Cette investigation est-elle la mieux adaptée ?	Réaliser le mauvais examen
Ai-je expliqué le problème ?	Ne pas fournir les informations cliniques appropriées et les questions auxquelles l'examen par imagerie doit répondre

^a Méthode classique pour stimuler la pensée savante, utilisée dans l'enseignement de la radiologie (Zou et al., 2011)

Source: adapté du RCR (2012), avec l'aimable autorisation du Collège Royal des Radiologues.

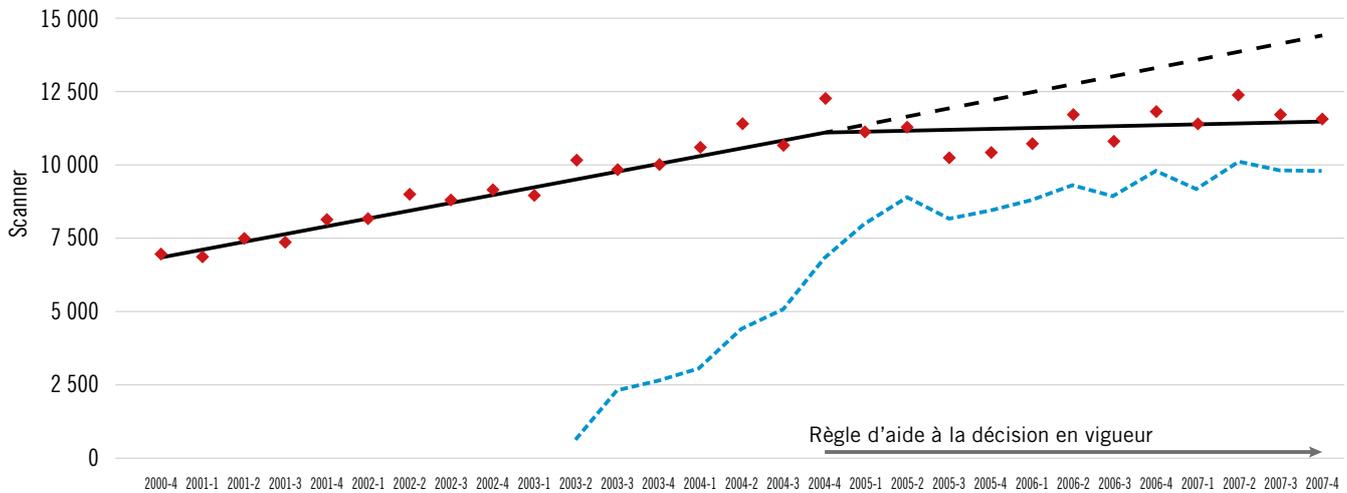
2.1.2.4 Pertinence et aide aux décisions cliniques

Les systèmes permettant d'améliorer la pertinence des demandes d'imagerie incluent les parcours de soins et une aide informatisée à la décision mise en place au travers des flux cliniques et réalisée de préférence « en temps réel ». Pour que de tels systèmes soient efficaces, les recommandations obtenues par ce biais doivent être disponibles au moment et à l'endroit où la décision est prise (Kawamoto et al., 2005). L'intégration de l'aide à la décision clinique aux systèmes de demande de radiologie peut ralentir la progression du recours aux scanners. Un ralentissement substantiel de l'augmentation du nombre de scanners réalisés et du taux de croissance ont été rapportés après la mise en place de ces systèmes, comme le montre la **Fig. 13** (Sistrom et al., 2009; Sistrom et al., 2014).

Des études à long terme montrent que leur intégration dans le processus de demande de radiologie est acceptée par les cliniciens et améliore la pertinence des demandes d'examen, notamment dans les services d'urgence (Raja et al., 2012). Outre les défis techniques liés à la connectivité et à l'interfaçage avec les systèmes d'informations cliniques et radiologiques existants, les sys-

¹¹ Voir dans le glossaire pour la définition de ce terme adaptée au contexte de ce document. Il convient de noter que cela inclut non seulement les radiologues et médecins nucléaires, mais également les cardiologues interventionnels et tout autre praticien ayant la responsabilité de réaliser une procédure médicale radiologique

Figure 13 : effet de la mise en place du système d'aide à la décision sur la progression du recours à des procédures par scanographie^a



^a Diagramme en nuage de points du nombre de scanners en ambulatoire (axe y) par trimestre (axe x), représenté par des losanges rouges. Le retour sur la pertinence a commencé au 4^e trimestre 2004 et se poursuit pendant toute la durée de l'étude (flèche en bas à droite). La ligne continue représente la composante linéaire de la régression séquentielle avec un point de rupture au 4^e trimestre 2004. La ligne discontinue montre la projection de la croissance linéaire sans système d'aide à la décision. Le tracé bleu en pointillés indique le nombre de scanners demandés par le biais du système informatisé d'entrée des demandes.

Source: Sistrom et al. (2009), réimprimé avec autorisation

tèmes d'aide à la décision clinique sont limités par leur principe qui court-circuite des « points d'arrêt » dans le système d'entrée des demandes, l'incapacité à couvrir tous les états cliniques et l'applicabilité de recommandations à un patient donné. Le système d'aide à la décision clinique n'en demeure pas moins un outil utile pour mettre à disposition les recommandations sur le recours à l'imagerie au moment de l'orientation du patient et il peut fournir d'autres informations pertinentes et utiles telles que les examens d'imagerie antérieurs.

2.1.3 Optimisation : examen adapté à la taille et à l'état de l'enfant

Avec le développement de techniques avancées, l'imagerie est devenue une composante de plus en plus importante de l'évaluation clinique des enfants. La radiologie pédiatrique inclut dans la pratique, différents modes tels que la radiographie conventionnelle (film avec écran, radiographie numérique), la fluoroscopie et la scanographie. Elles utilisent toutes des rayons X pour obtenir une « image » des structures anatomiques traversées par les rayonnements. Les avancées les plus récentes dans le domaine offrent de nombreux avantages pour l'acquisition et le post-traitement des images. Un manque de compréhension de ces progrès technologiques peut entraîner une exposition inutile aux rayonnements. Plus particulièrement, des mesures peuvent souvent être prises pour réduire la dose d'irradiation reçue par les enfants sans générer d'effet négatif sur le bénéfice diagnostique de l'examen.

L'utilisation de paramètres d'adultes peut donner lieu à une exposition aux rayonnements des enfants plus élevée que nécessaire. Les réglages de l'exposition doivent être adaptés aux enfants afin de délivrer la dose d'irradiation nécessaire la plus faible pour obtenir une image à partir de laquelle un diagnostic précis peut être établi, résumé par la phrase de la campagne Image Gently¹² « Un modèle unique ne convient pas à tous »

¹² La campagne Image Gently est le programme d'éducation et de sensibilisation mis en place par l'Alliance for Radiation Safety in Pediatric Imaging. Plus d'informations disponibles à l'adresse <http://imagegently.org>

2.1.3.1 Optimisation de la radioprotection¹³ en radiologie pédiatrique

Il existe de nombreuses opportunités de réduire la dose reçue par le patient en radiologie pédiatrique. Le dialogue et la collaboration de toutes les personnes impliquées dans les soins de santé peuvent aider à identifier et tirer profit de ces opportunités. Une communication plus large et plus efficace entre les médecins demandeurs et les praticiens radiologues faciliterait le processus d'optimisation. Les informations fournies par le demandeur (c.-à-d. des demandes formulées de façon claire et intelligible) doivent comporter les questions cliniques auxquelles la procédure d'imagerie doit répondre. Ces informations sont nécessaires pour déterminer si la procédure est justifiée, et elles peuvent aussi aider à optimiser le protocole d'examen en ajustant les paramètres techniques radiologiques pour obtenir une qualité d'image adaptée aux aspects spécifiques de diagnostic différentiel, à la dose d'irradiation la plus faible possible (Linton & Mettler, 2003).

2.1.3.2 Radiologie pédiatrique conventionnelle

La radiographie pédiatrique conventionnelle comprend l'imagerie analogique sur film ainsi que la radiographie par numérisation indirecte de l'image (CR, de l'anglais *computed radiography*) et la radiographie par numérisation directe de l'image (DR, de l'anglais *digital radiography*), les deux dernières technologies numériques. La CR utilise une plaque qui enregistre les informations d'exposition qui seront ensuite transférées vers un lecteur d'image, une technique souvent utilisée pour les examens portables. Un récepteur DR crée immédiatement une image post-exposition sans utiliser de plaque de stockage/transfert intermédiaire. Quel que soit le mode choisi, différentes techniques et technologies permettent de garantir que les doses sont optimisées et coïncident avec l'objectif clinique visé (ICRP, 2013b).

Les installations de radiographie CR et DR offrent des bénéfices substantiels par rapport à la radiographie par couple écran/film, notamment des archives durables et accessibles (par de perte de films, disponibilité immédiate sous forme électronique) et la manipulation d'images (agrandissement, réglage du contraste et de la luminosité, plage dynamique plus importante qui peut produire une qualité adéquate avec une moindre exposition. Cependant, il existe aussi un risque d'augmentation involontaire de la dose reçue par le patient, comme le montre les exemples ci-dessous. Les films surexposés étaient sombres; la technologie numérique peut compenser cette surexposition en modifiant la luminosité et le contraste après l'acquisition. De plus, sauf s'il existe un programme efficace de contrôle qualité, des expositions multiples peuvent simplement être supprimées et ne jamais parvenir jusqu'au professionnel en charge de l'interprétation. En outre, la collimation manuelle lors du post-traitement peut créer une image envoyée au professionnel en charge de l'interprétation qui n'indique pas la proportion d'images originales effectivement exposée (recadrée). La méconnaissance de la technologie, telle que les algorithmes de post-traitement, peut également diminuer la qualité de l'image affichée.

L'enseignement et la formation, ainsi que des approches efficaces de gestion des doses en équipe (c.-à-d. qui implique le radiologue, le physicien médical et le manipulateur/technicien en radiologie) sont indispensables pour garantir l'optimisation de la protection en radiologie numérique CR/DR (Uffmann & Schaefer-Prokop, 2009, ICRP, 2007b).

2.1.3.3 Fluoroscopie diagnostique

La fluoroscopie est un mode d'imagerie qui utilise un faisceau de rayons X pour produire des images dynamiques du corps essentiellement en temps réel, captées par un détecteur spécial et affichées sur un écran. Lors de la discussion avec le patient, la famille et autres aidants, l'analogie avec une caméra vidéo est souvent utile. Une radiographie simple est l'équivalent d'une exposition unique ou d'une image par rayons X tandis qu'une fluoroscopie est un film par rayons X. Grâce à la technologie numérique actuelle, les examens peuvent être facilement enregistrés sur CD. La possibilité

¹³. Il est à noter que ce document est axé sur la radioprotection. D'autres questions relatives à la sécurité des patients associée à l'imagerie pédiatrique ne sont pas traitées (par ex. les effets indésirables éventuels dus aux produits de contraste).

d'afficher et d'enregistrer un mouvement durant une fluoroscopie en fait la technique idéale pour l'évaluation du tube digestif (examens avec produit de contraste par exemple). La fluoroscopie est particulièrement utile pour guider différentes procédures diagnostiques et interventionnelles (voir ci-dessous). Elle peut cependant conduire à une dose reçue par le patient particulièrement élevée,¹⁴ et la durée totale de fluoroscopie durant laquelle la caméra est « en marche » est un facteur majeur de l'exposition du patient. Plusieurs mesures concrètes peuvent réduire l'exposition inutile aux rayonnements des patients pédiatriques durant une fluoroscopie diagnostique (ICRP, 2013b).

2.1.3.4 Interventions guidées par l'imagerie

La radiologie interventionnelle offre la possibilité de réaliser des procédures peu invasives impliquant l'utilisation de petits dispositifs médicaux tels que des cathéters ou aiguilles, grâce à l'assistance des images obtenues par échographie, IRM, scanographie ou radiographie/fluoroscopie. Dans le cas d'interventions guidées par fluoroscopie chez les enfants, elles constituent une question spécifique de sécurité radiologique. Les doses de fluoroscopie peuvent être relativement élevées et, bien que cela reste rare, elles peuvent provoquer des réactions tissulaires (appelées « effets déterministes ») comme des lésions cutanées, notamment chez les adolescents corpulents.¹⁵ Ces réactions tissulaires sont toutefois extrêmement rares après des procédures guidées par scanographie. Des interventions complexes peuvent nécessiter des doses d'irradiation élevées et leur justification doit être évaluée au cas par cas. Les risques liés aux rayonnements peuvent être limités en appliquant des mesures concrètes visant à optimiser la protection (Sidhu et al., 2010; NCRP, 2011).

Avant la procédure, un échange entre le demandeur et le praticien radiologue (radiologue, cardiologue interventionnel ou autre) permet de partager des informations pour appuyer la décision (justification). D'autres options d'imagerie devraient être envisagées, en particulier celles qui ne n'impliquent pas de rayonnements ionisants (IRM, échographie). Le demandeur peut aider à réunir les antécédents médicaux et le dossier d'imagerie du patient pour évaluer l'exposition cumulée du patient aux rayonnements. En outre, la prise en compte des résultats cliniques antérieurs peut être pertinente pour l'examen actuel.

Le médecin demandeur est généralement le premier professionnel de santé dans le parcours de soin à parler directement au patient et à sa famille. Communiquer sur les bénéfices et les risques liés aux rayonnements lors d'une intervention guidée par fluoroscopie peut mériter des considérations spécifiques liées à la sécurité radiologique. Ainsi, le réalisateur de l'acte d'imagerie (par ex. le radiologue, le cardiologue interventionnel) et d'autres membres de l'équipe de radiologie (les physiciens médicaux ou les manipulateurs/techniciens en électroradiologie) doivent également contribuer au dialogue concernant les bénéfices et les risques. Cette tâche peut être facilitée en utilisant des documents d'information sur papier et/ou électroniques à destination des médecins, patients, parents, proches et autres aidants. Ces informations peuvent être analysées durant la procédure de consentement éclairé et/ou les directives post-procédure.

Durant la procédure, tous les membres de l'équipe de radiologie interventionnelle coopèrent pour garantir l'optimisation de la protection et de la sécurité. Une communication efficace au sein du personnel contribue à maintenir la dose d'irradiation aussi faible que possible. Plusieurs paramètres affectant la dose reçue par le patient peuvent être adaptés de façon à réduire consi-

¹⁴. La fluoroscopie, et plus particulièrement les interventions guidées par fluoroscopie constituent une question spécifique de sécurité radiologique pour le personnel. Les doses reçues par celui-ci peuvent être relativement élevées et entraîner des effets indésirables tels qu'une opacification du cristallin. La radioprotection professionnelle est exclue du cadre de ce document, vous trouverez plus d'informations dans d'autres sources (NCRP, 2011 : site internet de l'AIEA relatif à la radioprotection des patients http://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/AdditionalResources/Training/1_TrainingMaterial/Radiology.htm).

¹⁵. Les patients pédiatriques varient en taille et en poids, des petits bébés prématurés aux adolescents corpulents. La taille du patient influence la dose de fluoroscopie, par ex. sous contrôle automatique de l'exposition, la tension (kV) et le courant (mA) du tube sont tous deux ajustés au patient, entraînant une dose d'irradiation plus élevée chez les patients corpulents/obèses.

dérablement la dose d'irradiation tout en obtenant des images diagnostiques de grande qualité pour guider l'intervention (Miller et al., 2010).

Les informations post-procédure, y compris les effets indésirables, doivent être mises à la disposition du médecin demandeur et fournies au patient et/ou à son responsable légal. Le médecin demandeur peut garder une trace des examens antérieurs par imagerie grâce à plusieurs options (par ex. les carnets dosimétriques).

Un suivi clinique est recommandé pour les patients qui reçoivent des doses relativement élevées à la peau durant une ou plusieurs interventions. Idéalement, ce suivi doit de préférence être réalisé par le praticien radiologue plutôt que par le médecin demandeur. Mais si les patients vivent loin de l'établissement dans lequel la procédure a eu lieu, le médecin demandeur aura besoin de plus d'informations pour assurer le suivi (NCRP, 2011 ; ICRP, 2013a). Le patient et sa famille doivent également être informés des symptômes cliniques de lésions cutanées, comme des rougeurs (érythème) au site d'entrée du faisceau, et que faire s'ils se manifestent.

2.1.3.5 Tomodensitométrie ou scanographie

La scanographie est un autre mode d'imagerie qui utilise des rayonnements ionisants. Le patient est étendu sur une table étroite qui se déplace à l'intérieur d'une ouverture circulaire/anneau au milieu de l'appareil. Un faisceau de rayons X traverse une portion du corps du patient puis atteint un ensemble de détecteurs. La source de rayons X et les détecteurs tournent à l'intérieur de la machine. Tandis que le patient est déplacé au travers de l'anneau de la machine, un ordinateur génère des images en coupe du corps et les affiche sur un écran. La dose d'irradiation durant une acquisition scanner dépend de plusieurs facteurs et peut entraîner une dose équivalente (ou supérieure) à une fluoroscopie.

Le réglage des paramètres d'exposition pour tenir compte de la taille de l'enfant (taille/âge individuels) et de l'état clinique, en prenant en compte les niveaux ou gammes de référence diagnostiques (NRD – voir ci-dessous) est l'un des moyens permettant de réduire la dose d'irradiation inutile lors des scanners pédiatriques. D'autres publications fournissent plus de détails sur les aspects à prendre en compte dans l'optimisation des scanners pédiatriques (Strauss et al., 2010 ; ICRP, 2013b ; Strauss, Frush & Goske, 2015).

Le **Tableau 10** présente des exemples de l'impact de certains facteurs en termes de dose d'irradiation au patient en scanographie. L'adaptation à la taille de l'enfant peut réduire considérablement la dose. La **Fig. 14** illustre l'influence de la réduction du courant du tube (simulée) sur l'image obtenue.

Tableau 10. Exemples de l'influence sur la dose d'irradiation au patient de certains facteurs en scanographie

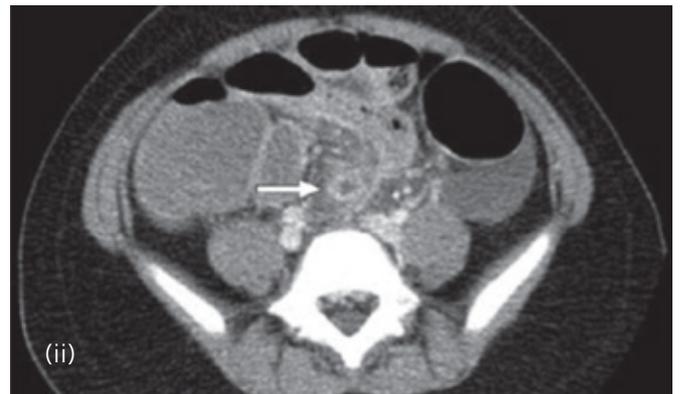
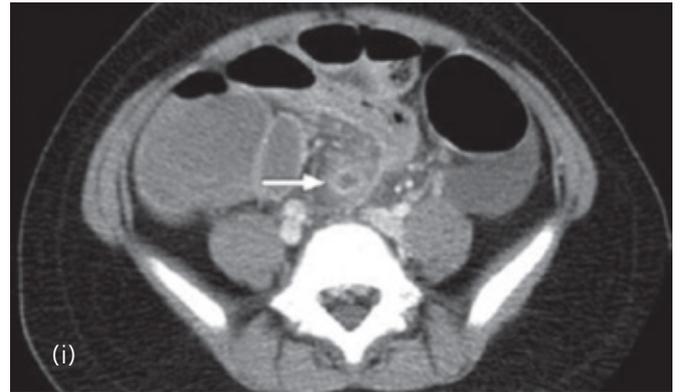
Facteurs en scanographie	Influence sur la dose d'irradiation
Énergie des photons/ tension (kilovolts - kVp) ^a	kVp réduits → Dose réduite
Intensité du courant du tube (milliampères - mA) ^a	mA réduits → Dose réduite
Vitesse de rotation du tube radiogène (secondes) ^a	Rotation du tube plus rapide → Dose réduite
Gamme/distance de balayage (en cm)	Distance de balayage plus courte → Dose réduite
Position du patient dans le scanner	Un positionnement incorrect dans l'anneau peut augmenter la dose.
Nombre de séquences (phases)	Un nombre de phases accru (par ex. avant et après le produit de contraste) augmente la dose
Examen de plusieurs régions du corps	Minimiser le chevauchement du balayage diminue la dose
Utilisation optimale du produit de contraste (colorant)	Une meilleure visibilité de la structure peut permettre des réglages inférieurs (kVp par ex.)
Technologiques spéciales	Dépend du scanner ; autres possibilités de réduire la dose

^a En supposant que tous les autres facteurs restent constants. Il est également à noter que le compromis pour une dose inférieure est souvent une augmentation du bruit de l'image. Une imagerie de qualité s'efforce d'obtenir le bon équilibre entre tous ces facteurs.

Figure 14: influence de la réduction de la dose simulée (par ex. bruit ajouté, pas d'examen répété) sur l'image obtenue

a: Enfant de 11 ans avec appendice normal. (i) courant du tube non ajusté; (ii) réduction du courant du tube de 50 %; et (iii) réduction du courant du tube de 75 %. Toutes les acquisitions montrent un appendice rempli d'air (voir les flèches) sur la coupe.

b: Enfant de 3 ans avec appendicite aigüe. (i) courant du tube normal; (ii) réduction du courant du tube de 50 %; et (iii) réduction du courant du tube de 75 %. Les flèches indiquent un appendice épaissi. Il est également à noter que l'occlusion intestinale est clairement évidente sur les examens, quel que soit le courant.



Source: Swanick et al. (2013), réimprimé avec autorisation.

Les protocoles peuvent être adaptés pour réduire encore les doses d'irradiation, même pour les scanners pédiatriques à faible dose. Une étude menée dans un hôpital belge a montré que pour les scanners multi-détecteurs à faible dose des sinus des enfants, la dose efficace était abaissée à un niveau comparable à celle utilisée pour la radiographie conventionnelle, tout en conservant la qualité diagnostique appropriée d'un scanner des sinus paranasaux (Mulken et al., 2005). Cette étude a démontré que l'optimisation des protocoles pour les scanners pédiatriques des sinus paranasaux peut fournir des images diagnostiques de haute qualité en utilisant une dose efficace comparable à celle utilisée en radiographie standard. Voilà un exemple de bonne pratique dans laquelle le dialogue entre le demandeur et les praticiens radiologues ont facilité l'optimisation en permettant aux protocoles d'examen d'être ajustés en fonction des questions cliniques auxquelles l'examen devait répondre.

2.1.3.6 Médecine nucléaire

La médecine nucléaire utilise des substances radioactives (les radiopharmaceutiques) pour produire une image et mesurer les aspects fonctionnels du corps du patient (médecine nucléaire diagnostique) et/ou pour détruire les cellules anormales (médecine nucléaire thérapeutique). Les radiopharmaceutiques s'accumulent essentiellement dans l'organe ou le tissu examiné, où ils délivrent de l'énergie (rayonnements). En médecine nucléaire diagnostique, ce rayonnement est reçu par un détecteur qui permet de visualiser la répartition des radiopharmaceutiques dans l'organisme. Outre ces images, la radioactivité peut également se mesurer dans le sang du patient, son urine et/ou d'autres échantillons. Il est donc possible de caractériser et mesurer la fonction des organes, systèmes et tissus (par ex. perfusion, métabolisme, prolifération, expression et densité des récepteurs/anticorps, etc.). Le détecteur le plus souvent utilisé en médecine nucléaire est une gamma-caméra (ou caméra à scintillation), que ce soit en imagerie planaire (2D) ou trois dimensions (3D). Avec la tomographie d'émission monophotonique (TEMP), les images sont acquises sous différents angles autour du patient ; la reconstruction tomomodensitomé-

Encadré 2.3 Échographie et imagerie par résonance magnétique

L'échographie utilise les ondes sonores dans l'imagerie médicale. Un transducteur ou une sonde émet des ondes sonores et reçoit les signaux réfléchis. Les ultrasons doivent être considérés comme une alternative viable aux rayons X pour l'imagerie pédiatrique lorsque cela est possible (Riccabona, 2006). Ils permettent souvent chez les enfants d'évaluer par exemple de potentielles anomalies cardiaques, une sténose du pylore, une dysplasie de la hanche, une appendicite, des anomalies intracrâniennes néonatales ainsi que la colonne vertébrale et la moelle épinière des nouveau-nés.

Les ultrasons servent également à évaluer bien d'autres états à différents niveaux : abdomen, pelvis, système musculo-squelettique, thyroïde, seins, et ils sont utilisés pour l'imagerie vasculaire et endoluminale.

Des approches innovantes et nouvelles techniques utilisant les ultrasons, telles que le Doppler couleur selon l'amplitude, l'imagerie harmonique et haute résolution, les produits de contraste pour ultrasons et la 3D, ont élargi le spectre des états cliniques pouvant être évalués ainsi, ce qui en fait d'autant plus une technique utile qui ne nécessite pas une exposition aux rayonnements ionisants. En outre, de nombreuses interventions sont guidées par ultrasons.

L'imagerie par résonance magnétique (IRM) utilise une combinaison de puissants champs magnétiques, ondes radio et gradients de champ magnétique pour produire des images 2D et 3D d'organes et de structures internes.

La forte sensibilité du contraste aux différences de tissus mous et la sécurité inhérente du patient grâce à l'utilisation de rayonnements non ionisants sont les raisons qui expliquent pourquoi l'IRM a supplanté les scanners et la radiographie par projection pour plusieurs procédures d'imagerie médicale. En imagerie pédiatrique, l'IRM est utilisée entre autre pour évaluer les maladies du système nerveux central et les voies urinaires, les troubles/lésions musculo-squelettiques, les cardiopathies congénitales et autres maladies cardiovasculaires (y compris l'angio-IRM, imagerie des vaisseaux sanguins). Elle peut aussi aider à déterminer le stade d'un cancer et à planifier le traitement. La spectroscopie par résonance magnétique est une technique d'imagerie émergente pour évaluer les troubles pédiatriques du cerveau. L'IRM interventionnelle permet d'intervenir, notamment au niveau du cerveau, à l'aide d'une unité d'IRM, spécialement conçue, installée à l'intérieur d'un bloc opératoire. N'utilisant pas de rayonnements ionisants, l'IRM est souvent le mode d'imagerie privilégié en pédiatrie.

trique fournit des informations en 3D sur la répartition des radiopharmaceutiques dans le corps du patient. Les images obtenues peuvent être superposées à des images de scanner ou IRM : c'est une fusion d'images. L'introduction de la tomographie par émission de positons (TEP) et les systèmes d'imagerie intégrés (TEMP-scanner, TEP-scanner, TEP-IRM) ont élargi le nombre d'applications de l'imagerie moléculaire grâce aux radiopharmaceutiques.

Les patients qui passent une TEP-scanner ou TEMP-scanner sont exposés à la fois aux rayonnements des radiopharmaceutiques injectés et aux rayons X du scanner (TDM). Pour les deux composantes, la dose d'irradiation est maintenue aussi faible que possible sans compromettre la qualité de l'examen. La plupart des radiopharmaceutiques utilisés en imagerie diagnostique ont une période courte (quelques minutes ou quelques heures) et sont rapidement éliminés. Les niveaux de référence diagnostiques en médecine nucléaire s'expriment en termes d'activité administrée. Pour optimiser la protection des enfants et des adolescents dans le cas de la médecine nucléaire diagnostique, on applique des schémas d'optimisation des activités administrées aux patients pédiatriques, généralement basés sur la dose recommandée pour les adultes ajustée aux différents paramètres comme le poids du patient. Des variations dans cette approche ont été adoptées récemment par des sociétés professionnelles d'Amérique du nord et d'Europe (Gelfand, Parisis & Treves, 2011 ; Fahey, Treves & Adelstein, 2011 ; Lassmann et al., 2007 ; Lassmann et al., 2008 ; Lassmann et al., 2014). L'objectif ultime étant de réduire l'exposition aux rayonnements aux niveaux les plus faibles possible sans compromettre la qualité diagnostique des images.

2.1.3.7 Radiologie dentaire

Les radiographies « bite-wing » intrabuccales et/ou panoramiques sont utilisées depuis longtemps par les dentistes et orthodontistes, mais aujourd'hui, l'existence de la tomographie par faisceau conique (CBCT) et du scanner multicoupe (MSCT) permettant d'évaluer une dentition et/ou une pathologie buccale ou maxillo-faciale soulève la question de la justification et de l'optimisation. Le panel SEDENTEXCT¹⁶ a conclu en 2011 que des études devaient être réalisées pour démontrer le changement (et l'amélioration) des résultats pour les patients, avant de pouvoir envisager une utilisation généralisée du CBCT à cette fin. La seule exception à cela serait les cas actuels où l'on utilise le scanner pour localiser une dent incluse (Alqerban et al., 2009). Dans ce cas, la CBCT sera probablement privilégiée au scanner si la dose est plus faible. Quoi qu'il en soit, l'examen radiologique des canines supérieures n'est généralement pas nécessaire avant l'âge de 10 ans (Commission européenne, 2012).

Le recours à une échographie et une IRM chez l'enfant s'est développé au cours des dernières années. Ces modes d'imagerie utilisent des rayonnements non ionisants pour produire des images. Bien que ce document traite de la communication sur les risques liés aux rayonnements ionisants, l'**encadré 2.3** fournit des informations générales sur ces procédures.

2.1.3.8 Niveaux de référence diagnostiques

Les niveaux de référence diagnostiques (NRD) sont une forme de niveau d'investigation de la dose (en radiologie diagnostique et interventionnelle) ou de l'activité administrée (en médecine nucléaire), définis pour des examens classiques et des groupes de patients de taille standard, comme outil d'optimisation et d'assurance qualité. La variation de la taille des adultes est faible par rapport aux différentes tailles des patients pédiatriques. Il faut donc des NRD spécifiques pour les différentes tailles d'enfants en imagerie pédiatrique. Ils sont généralement précisés en termes de poids ou d'âge. Les NRD ne limitent pas la dose ; ils sont recommandés plutôt qu'imposés, bien que la mise en place du concept des NRD constitue une exigence de base standard en matière de sécurité. Une fois définis, les NRD sont révisés régulièrement et mis à jour pour

¹⁶. Le projet SEDENTEXCT (2008-2011) était soutenu par le 7^e programme-cadre de la Communauté européenne de l'énergie atomique (Euratom) pour des activités de recherche et de formation en matière nucléaire (2007-2011), <http://cordis.europa.eu/fp7/euratom/>

constituer des points de référence cohérents avec les connaissances professionnelles les plus récentes. Les établissements peuvent comparer les doses qu'ils délivrent avec les NRD pour des groupes de référence de patients correspondants pour garantir que les doses administrées pour une procédure donnée ne s'écartent pas de façon significative de celles utilisées dans des services équivalents. Les NRD aident à identifier des situations dans lesquelles la dose ou l'activité administrée au patient est anormalement élevée ou faible (ICRP, 2001 & 2007b).

2.1.3.9 Réduction du nombre d'examens redondants et suivi des antécédents d'irradiation chez les patients pédiatriques

Il a été rapporté qu'un tiers des enfants qui passent un scanner en passent trois ou plus (Mettler et al., 2000). La dose d'irradiation individuelle du patient au fil des procédures répétées peut atteindre quelques dizaines de mSv de dose efficace, et même dépasser 100 mSv (Rehani & Frush, 2011). Des examens radiographiques répétés sont souvent réalisés chez des enfants prématurés ainsi que chez des bébés présentant une dysplasie de la hanche (Smans et al., 2008). Les patients pédiatriques souffrant de maladies chroniques, comme une cardiopathie congénitale ou ayant survécu à un cancer, peuvent subir de multiples procédures d'imagerie et interventionnelles. Il se peut qu'ils présentent des expositions cumulées relativement élevées. Chez ces patients, les modes d'imagerie sans rayonnements ionisants, tels que l'IRM ou l'échographie, devraient être envisagés dès que possible comme alternatives viables (Seuri et al., 2013 ; Riccabona, 2006).

Les pédiatres et médecins traitants peuvent promouvoir des méthodes de suivi des antécédents d'irradiation de leurs patients pédiatriques. Plusieurs options ont été proposées (dossiers médicaux électroniques, carnets dosimétriques, archives d'exposition aux rayonnements intégrées aux systèmes de santé électroniques, dossiers personnels en ligne, passeport de rayonnement et cartes papier). Le site Internet d'Image Gently propose un formulaire à télécharger intitulé « Dossier d'imagerie médicale de mon enfant »,¹⁷ équivalent aux carnets de vaccination.

Pour des procédures à dose relativement faible, comme une radiographie thoracique ou autres procédures radiographiques conventionnelles, une approche raisonnable consisterait simplement à effectuer le suivi du nombre d'examens. Cependant, pour des procédures qui délivrent des doses plus élevées, comme les scanners, TEP-scanner, procédures interventionnelles guidées par l'imagerie ou la plupart des procédures de médecine nucléaire, il est recommandé d'enregistrer la dose par examen (ou les paramètres pouvant permettre d'estimer la dose) en plus du nombre de ces examens (Rehani & Frush, 2010).

2.2 Promotion d'une culture de sécurité radiologique pour améliorer les pratiques

2.2.1 Qu'est-ce que la culture de sécurité radiologique dans les structures de santé?

Le but ultime de la radioprotection dans les soins de santé vise la sécurité des patients et des autres personnes¹⁸ en minimisant les risques associés à l'utilisation des rayonnements tout en maximisant les bénéfices pour les patients.

Délivrer des soins de santé comporte un certain niveau de risque inhérent. Les systèmes et processus de soins de santé devenant de plus en plus complexes et fractionnés, le risque à chaque lieu de soin et le nombre de lieux de soins peuvent augmenter. La réussite d'un traitement et la

¹⁷. Disponible à l'adresse http://www.imagegently.org/Portals/6/Parents/Dose_Record_8.5x11_fold.pdf

¹⁸. Dans ce contexte, « autres » désigne les parents/aidants, les professionnels de santé et le grand public.

qualité des soins ne dépendent pas que de la compétence des seuls professionnels de santé pris individuellement. Plusieurs autres facteurs sont importants, parmi lesquels la structure organisationnelle, la culture et la gouvernance ainsi que les politiques et procédures visant à minimiser ou limiter les risques de préjudice.

Les établissements de santé sont de plus en plus sensibilisés à l'importance de faire évoluer leur culture organisationnelle pour améliorer la protection des patients et des professionnels de santé. Des données européennes montrent de façon homogène que des erreurs médicales et événements indésirables liés aux soins de santé surviennent dans 8 % à 12 % des hospitalisations.¹⁹ Les centres de soins de santé doivent être responsables de l'amélioration continue de la sécurité des patients et de la qualité du service.

La culture organisationnelle est généralement l'ensemble des convictions communes à un groupe d'individus au sein d'une organisation. La culture de la sécurité est une part de la culture organisationnelle qui peut se définir comme le produit des valeurs, attitudes, perceptions, compétences et modèles de comportement des individus et du groupe, qui détermine l'engagement, le style et la compétence de l'organisation à gérer la sécurité. Trois étapes principales ont été identifiées dans le développement de la culture de la sécurité :

- Étape 1 : système de conformité de base – Tous les programmes de formation, conditions de travail, procédures et processus relatifs à la sécurité sont conformes aux réglementations. C'est la conformité passive.
- Étape 2 : système de conformité autogéré en matière de sécurité – le personnel assure la conformité réglementaire et prend personnellement la responsabilité de la formation et de l'application des dispositions réglementaires. Cela marque la conformité active aux réglementations.
- Étape 3 : système de sécurité moteur – former les individus à rechercher les dangers, à se focaliser sur les lésions potentielles et les comportements sûrs qui permettront de les éviter, et à agir en toute sécurité. L'accent est mis sur l'interdépendance du personnel, c'est-à-dire faire attention à la sécurité des autres. Tout programme de développement d'une culture vise à faire évoluer les comportements individuels et de l'organisation vers le niveau le plus élevé.

Dans ce contexte, la culture de la sécurité des patients inclut les attitudes, valeurs et normes communes associées à cette sécurité.

La culture de la sécurité radiologique dans le cadre des soins de santé comprend la radioprotection des patients, des personnels de santé et du grand public. Elle s'intègre dans un concept plus large de sécurité des patients et dans les bonnes pratiques médicales. Ainsi, elle utilise les mêmes approches que pour la mise en place de la culture de la sécurité dans les structures sanitaires (par exemple pas de blâme, pas de honte, de la volonté, du travail d'équipe, une communication transparente, le signalement des erreurs pour en tirer des enseignements).²⁰

La culture de la sécurité radiologique en imagerie médicale permet aux professionnels de santé de fournir des soins plus sûrs et plus efficaces adaptés aux besoins des patients. Elle vise essentiellement à garantir la justification/pertinence de la procédure et l'optimisation de la protection, en gardant à l'esprit que l'objectif principal reste la prévention de base des événements indésirables.

¹⁹. D'après le site Internet de l'OMS pour la région Europe sur la Sécurité des patients : <http://www.euro.who.int/en/health-topics/Health-systems/patient-safety/data-and-statistics>

²⁰. Pour plus d'informations, cliquez sur les liens suivants :
<http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/Health-systems/patient-safety/facts-and-figures> ;
<http://healthland.time.com/2013/04/24/diagnostic-errors-are-more-common-and-harmful-for-patients/> et
<http://www.oecd.org/health/ministerial/forumonthequalityofcare.htm>

La radioprotection est un élément important de la sécurité globale des patients. Les problèmes d'équipements, les défaillances des processus et les erreurs humaines dans les soins délivrés peuvent compromettre leur sécurité. Elle est une composante indissociable de la responsabilité professionnelle dans le domaine des soins de santé (Lonelly et al., 2009).

Le leadership est une composante essentielle de la culture de la sécurité radiologique. Forger une culture de la sécurité exige un leadership et un soutien aux plus hauts niveaux de l'organisation. Les responsables chargés d'améliorer la sécurité des patients peuvent aider considérablement à bâtir et à maintenir une culture de la radioprotection plus solide dans le secteur de l'imagerie médicale. Toutes les parties prenantes du parcours de soins concernées par l'utilisation de rayonnements en imagerie médicale ont un rôle à jouer : radiologues, médecins nucléaires, manipulateurs/techniciens en radiologie, physiciens médicaux, demandeurs d'examens, personnels infirmiers, membres du personnel auxiliaire et gestionnaires. De plus, les patients, réseaux et associations de patients contribuent à la bonne mise en place de cette culture de radioprotection. Ce sont des partenaires naturels pour collaborer au développement et à la promotion d'une culture de sécurité, en facilitant un dialogue constructif et en prônant des soins orientés vers le patient.

2.2.2 Sécurité radiologique et gouvernance clinique

La gouvernance clinique a été définie comme « un cadre dans lequel les organisations sont responsables de l'amélioration continue de la qualité de leurs services et de la protection de niveaux de soins élevés en créant un environnement propice à l'excellence des soins cliniques » (Scally & Donaldson, 1998). Les principes régissant la qualité des services de soins de santé sont la sécurité, l'efficacité, la priorité au patient, le respect des délais, l'accessibilité et l'égalité (OMS, 2006 ; Lau & Ng, 2014 ; OMS, 2015b). Le concept de gouvernance clinique doit inclure la radioprotection, afin de garantir la responsabilité de l'entreprise nécessaire pour établir et entretenir une culture de la sécurité radiologique.

Quatre piliers de gouvernance clinique ont été proposés et la sécurité radiologique en fait implicitement partie, comme le montrent les exemples ci-dessous :

- L'efficacité clinique se définit généralement comme la mesure de jusqu'à quel point fonctionne une intervention clinique. En imagerie médicale, elle est liée à la pertinence des procédures qui peut être améliorée grâce à l'application de recommandations d'imagerie médicale fondées sur des preuves issues de publications scientifiques.

Encadré 2.4 Étapes pour mettre en place et maintenir une culture de sécurité radiologique

- | | |
|---|--|
| (a). Promouvoir l'engagement individuel et collectif vis-à-vis de la protection et de la sécurité à tous les niveaux de l'organisation | (e). Garantir la responsabilisation de l'organisation et des individus à tous les niveaux vis-à-vis de la protection et la sécurité |
| (b). Garantir une compréhension commune des aspects majeurs de la culture de sécurité au sein de l'organisation | (f). Encourager une bonne communication au sujet de la protection et de la sécurité au sein de l'organisation et avec les parties concernées, le cas échéant |
| (c). Donner les moyens nécessaires à l'organisation pour soutenir les individus et les équipes dans l'exécution et la réussite de leurs tâches en toute sécurité, en tenant compte des interactions entre les individus, la technologie et l'organisation | (g). Favoriser les attitudes de remise en question et d'apprentissage et dissuader la complaisance en matière de protection et de sécurité |
| (d). Encourager les employés, leurs représentants et autres personnes concernées à participer au développement et à l'application des politiques, règles et procédures relatives à la protection et la sécurité | (h). Donner les moyens nécessaires à l'organisation pour rechercher sans cesse à développer et renforcer sa culture de la sécurité. |

Source: adapté des BSS (2014), avec l'autorisation de l'AIEA.

- Un audit clinique est un moyen de mesurer la qualité des soins de santé pour comparer leur performance à des normes et identifier des possibilités d'amélioration. Dans les services de radiologie, cela inclut un audit de l'application des principes de justification et d'optimisation. Un audit clinique fournit les éléments pour modifier l'affectation des ressources.
- Les stratégies de gestion des risques dans les services de radiologie visent à identifier ce qui peut ne pas fonctionner correctement, encourager le signalement des événements indésirables pour en tirer des enseignements, éviter leur récurrence et appliquer les normes de sécurité pour renforcer la radioprotection.
- L'éducation, la formation initiale et la formation professionnelle continue (apprentissage tout au long de la vie) sont essentielles pour améliorer la sécurité et la qualité de l'usage médical des rayonnements ionisants.

2.2.3 Mise en place d'une culture de sécurité radiologique

La mise en place d'une culture de sécurité radiologique doit commencer par le haut de l'organisation, mais les dimensions et la promotion de cette culture reposent sur son appropriation par chacune des parties prenantes impliquées dans la fourniture du service, y compris les directeurs, administrateurs, professionnels de santé, autres membres auxiliaires, patients et familles.

La culture de sécurité radiologique peut être mise en place, entretenue et améliorée grâce à différentes interventions possibles décrites dans l'**encadré 2.4** (BSS, 2014) et le **Tableau 11** (Eccles et al., 2001 ; Michie & Johnston, 2004).

Tableau 11. Stratégies d'amélioration de la culture de sécurité radiologique

Éléments influençant la culture	Stratégie d'amélioration de cette culture	Exemples
Hypothèse de base sous-jacente	Éducation, préconisation (sensibiliser)	Enseignement de la radioprotection dans les facultés de médecine et dentaires. Campagnes de sensibilisation
Adopter des valeurs communes	Référentiels, normes, recommandations	Normes fondamentales de sûreté en matière de rayonnements, recommandations relatives aux demandes d'examen d'imagerie
Artefacts/produits visibles	Formation, audit, retours et amélioration de la qualité	Formation sur le terrain, visites opérationnelles, changement de comportement par messages ciblés

Les systèmes de signalement et d'apprentissage peuvent améliorer la sécurité des patients en contribuant à tirer des enseignements des événements indésirables et accidents du système de santé. Ces systèmes doivent mener à une réponse constructive basée sur l'analyse des profils de risque et la diffusion des retours d'expérience pour éviter d'autres événements similaires, une composante importante de la prévention de base.

Les organisations ayant une culture de sécurité radiologique positive sont caractérisées par des communications nourries de confiance mutuelle, de perceptions partagées de l'importance de la protection et sécurité radiologiques et d'un engagement à développer et appliquer des mesures efficaces de radioprotection. Il a été souligné qu'une communication efficace est primordiale pour l'amélioration de la sécurité des patients et essentielle pour établir et entretenir la culture de la sécurité radiologique dans le cadre médical. Les professionnels de santé doivent développer des compétences et de l'assurance pour être à l'aise en s'exprimant dans des situations d'incertitude, quelle que soit la position de la hiérarchie médicale et/ou organisationnelle, ou la position des autres personnes concernées par ladite situation. Les systèmes de santé efficaces reposent

grandement sur des compétences en communication très solides. Cela inclut la communication des résultats et actions relatifs aux problèmes identifiés. Des visites opérationnelles sur les sites d'imagerie sont utiles pour discuter des préoccupations que les employés en première ligne peuvent avoir concernant la sécurité des patients, la qualité des soins et la satisfaction des patients et de leur famille (Lonelly et al., 2008).

Tout comme d'autres listes de vérifications de sécurité en soins de santé, les listes en sécurité radiologique basées sur des données scientifiques probantes constituent des outils de gestion des risques. Leur bon usage est l'une des composantes de la culture de la sécurité radiologique. Bien que la normalisation soit à la base de chaque liste de vérifications de sécurité, toutes les listes doivent être révisées et mises à jour régulièrement pour garantir qu'elles répondent toujours à leurs objectifs.

Grâce à l'audit clinique, les procédures médicales, y compris l'imagerie médicale, sont revues de façon systématique par rapport aux référentiels de bonnes pratiques médicales. L'audit clinique exige aussi l'application de nouveaux référentiels si nécessaire et approprié, pour améliorer la qualité et le résultat des soins aux patients, contribuant ainsi également à l'amélioration de la culture de la sécurité radiologique.

Le travail d'équipe contribue à renforcer la sécurité des patients (Baker et al., 2005; Baker et al., 2006). Les organisations devraient faire de la sécurité des patients une priorité en définissant des programmes pluridisciplinaires de formation des équipes qui intègrent des méthodes éprouvées de gestion des équipes. Les membres des équipes doivent posséder des connaissances, compétences et attitudes spécifiques acquises et évaluées tout au long de leur carrière. Un rapport émis par le Département de la santé du Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord examine les facteurs clé de l'échec organisationnel et de l'apprentissage. Ce rapport identifie quatre domaines essentiels à développer pour avancer :

- des mécanismes uniformes pour signaler et analyser les dysfonctionnements ;
- une culture plus ouverte dans laquelle les erreurs et les dysfonctionnements du service peuvent être signalés et faire l'objet d'une discussion ;
- des mécanismes visant à garantir que, lorsque des leçons sont identifiées, les modifications nécessaires sont mises en pratique ;
- une appréciation bien plus étendue de la valeur de cette approche du système dans la prévention, l'analyse et les leçons tirées des erreurs.

Le rapport conclut le débat avec un point crucial : « Rétrospectivement, il est facile d'attendre qu'une catastrophe se produise. Nous devons développer la capacité à faire plus : identifier celle qui est à venir » (NHS, 2000).

Chapitre 3 : Dialogue bénéfices- risques

Les bonnes pratiques médicales englobent une communication efficace sur les bénéfices et les risques des interventions envisagées. Dans ce contexte, la communication sur les risques liés aux rayonnements est une composante essentielle des bonnes pratiques en imagerie médicale. La mise en œuvre d'une stratégie de communication efficace en imagerie pédiatrique s'appuie souvent sur des considérations spécifiques. Cette section envisage différentes approches pour établir ce dialogue.

La **Section 3.1** propose des conseils pratiques pour faciliter le dialogue concernant les bénéfices et les risques, notamment avec des exemples de questions-réponses.

La **Section 3.2** aborde des questions éthiques liées à la communication sur les risques dus aux rayonnements en imagerie pédiatrique.

La **Section 3.3** prend en compte différents scénarios et acteurs majeurs impliqués dans l'établissement du dialogue au sein de la communauté médicale.

3. Dialogue bénéfices-risques

3.1 Conseils pratiques pour la discussion bénéfices-risques

3.1.1 Objectifs et défis en termes de communication

Communiquer sur les bénéfices et les risques des interventions médicales recommandées est une composante essentielle des soins médicaux et cela inclut la communication sur les risques et les bénéfices d'une procédure radiologique utilisant les rayonnements (Levetown, 2008). Il faut prendre en compte le besoin (le bénéfice) médical pour définir la procédure ou l'examen d'imagerie approprié(e), ainsi que les coûts et les risques radiologiques potentiels des procédures utilisant des rayonnements ionisants. En cas de doute sur la procédure la plus à même de répondre à la question clinique, un dialogue entre le médecin demandeur et le praticien radiologue (par ex. le radiologue, médecin nucléaire) peut aider à prendre cette décision.

Une étude récente qui évaluait la connaissance des patients et les préférences en termes de communication a conclu à un écart considérable entre les attentes des patients et les pratiques utilisées pour transmettre des informations sur l'imagerie médicale utilisant des rayonnements ionisants (Thornton et al., 2015). L'un des principaux objectifs de la communication sur les risques dus aux rayonnements en médecine consiste à garantir que les patients, les parents et/ou aidants reçoivent les informations dont ils ont besoin et de façon compréhensible (Dauer et al., 2011; McCollough et al., 2015). Ils ont besoin d'informations suffisantes et directes pour comprendre les soins réalisés par imagerie. Les risques inhérents au niveau de la maladie et/ou de l'état clinique du patient doivent être pris en compte dans la discussion sur la nécessité de réaliser une procédure d'imagerie pédiatrique. Il est important que les médecins demandeurs et les autres professionnels de santé identifient les besoins en communication et le mode de communication à privilégier pour leurs patients et leurs aidants. Chaque patient et chaque famille sont différents; leur histoire culturelle spécifique et leurs propres antécédents médicaux peuvent nécessiter une communication sur les risques adaptée de façon individuelle (Guillerman, 2014).

Pour garantir que les patients pédiatriques et leur famille sont pleinement informés des bénéfices et des risques d'une procédure, la stratégie de communication en la matière peut inclure tous les professionnels de santé concernés dans le parcours de soins du patient. Lorsqu'un enfant est orienté vers un examen d'imagerie, le demandeur d'examen sollicite l'avis du praticien radiologue pour aider à la prise en charge clinique du patient. Cependant, d'autres peuvent participer aux soins avec tout autant d'importance, comme les infirmiers et les manipulateurs/techniciens en radiologie. Ces professionnels de santé constituent souvent la principale interface professionnelle entre le médecin demandeur, le patient, les parents, la famille et/ou les aidants et le praticien radiologue. Les manipulateurs/techniciens en radiologie jouent un rôle pivot dans l'optimisation de chaque procédure et peuvent demander plus d'informations cliniques auprès des patients, des familles et des médecins selon les besoins pour les aider à établir la stratégie de communication sur les risques la plus appropriée. Par ailleurs, dans certains établissements, ils peuvent être les seuls professionnels de santé formés à la sécurité radiologique. Acteurs majeurs des programmes d'amélioration et d'assurance qualité des services d'imagerie, les médecins médicaux peuvent y participer lorsque la procédure devient plus complexe ou si elle est susceptible de délivrer des doses relativement plus élevées.

Communiquer sur les bénéfices et les risques des procédures pédiatriques d'imagerie médicale qui utilisent des rayonnements ionisants posent plusieurs difficultés. Tout d'abord, les individus subissent différentes influences personnelles pouvant affecter leur perception des risques. Des facteurs sociaux, systèmes de croyances, expériences de soins précédentes, valeurs ou propre vision du monde sont autant d'éléments qui peuvent influencer leur perception des risques. Les gens évaluent souvent le risque en associant le danger à leur propre conception du risque, pondérée en fonction de leurs valeurs, préférences, éducation et expérience personnelle (voir Encadré 3.1). Il est de la plus haute importance que les bénéfices et les risques de la procédure envisagée soient communiqués aux parents et à l'enfant de façon à ce qu'ils puissent les com-

Encadré 3.1 Exemples de facteurs influençant la perception des risques

Les experts et le public perçoivent les risques différemment (voir Fig. A). Les experts considèrent le risque comme directement lié à l'importance du danger, l'ampleur de l'exposition et la vulnérabilité de la population exposée.

Les personnes « à risque » ne perçoivent pas nécessairement le risque de la même façon : ils voient souvent le danger au travers d'émotions telles que la peur, la colère ou l'indignation (Sandman, 1993).



Fig. A. Perception du risque par les experts et le public

Plusieurs facteurs ont été identifiés comme affectant la façon dont le risque est perçu (voir Fig. B). Ces facteurs peuvent influencer la perception des risques liés aux rayonnements en imagerie médicale par les différentes parties prenantes (patients, parents, professionnels de santé).

L'un des objectifs de cette communication est de combler le fossé entre la définition du risque par des experts et la perception du public. L'essence même de la communication sur les risques n'est pas d'expliquer seulement des chiffres, mais de gérer un scandale potentiel (le restreindre ou l'augmenter).

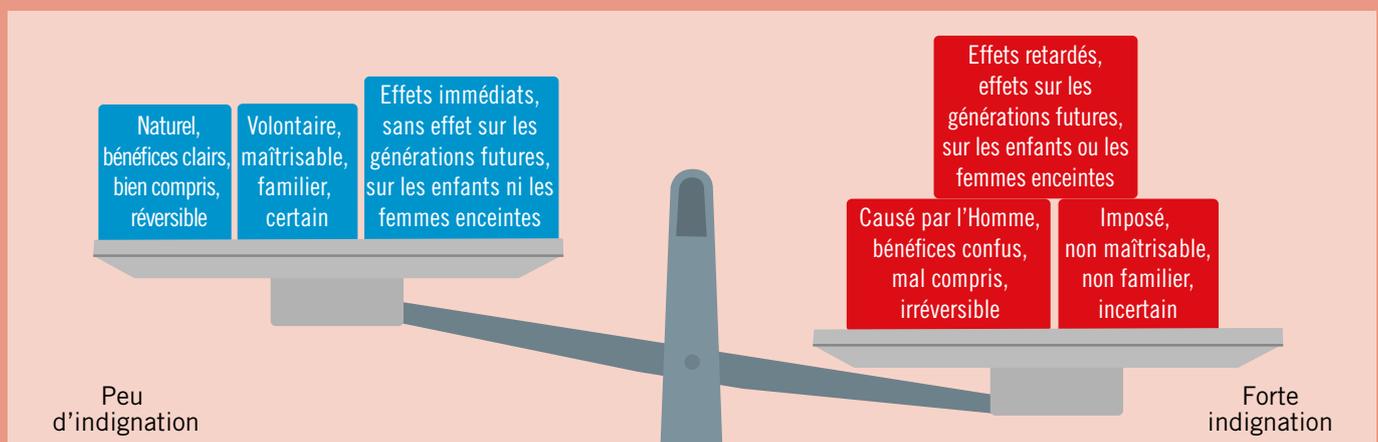


Fig. B. Facteurs influençant la perception des risques

prendre, en tenant compte de leur culture et leurs attitudes sociales. Identifier la perception des risques du patient et/ou de l'aidant et reconnaître son importance encourage un dialogue éclairé et contribue à une communication plus efficace sur les risques.

Une sensibilisation et une compréhension insuffisantes des professionnels de santé sur les questions de radioprotection constituent un défi majeur dans la communication sur les bénéfices et les risques des procédures pédiatriques d'imagerie médicale. Des études ont montré que les doses et les risques sont largement sous-estimés (Lee et al., 2004; Thomas et al., 2006; Lam et al., 2015). Il faut garantir que tous les médecins demandeurs disposent d'un bagage, d'une formation et des ressources suffisants pour assurer une communication claire et efficace sur les bénéfices et les risques des procédures d'imagerie pédiatrique.

Il est de plus en plus admis que cette communication efficace avec les patients et aidants est essentielle à des soins centrés sur le patient, et une composante importante de soins de santé efficaces. C'est également vrai pour la population pédiatrique en ce qui concerne la communication sur les bénéfices et les risques liés aux rayonnements émis par l'imagerie médicale. Toutefois, le volume et la qualité de la formation dans ce domaine reçue par la plupart des professionnels de santé, ainsi que le manque de ressources à leur disposition, freinent l'efficacité de la communication dans ces structures. Les sections suivantes apportent aux professionnels de santé des informations plus détaillées sur les stratégies de communication.

3.1.2 Communiquer sur les bénéfices et les risques des rayonnements

La communication sur les risques des rayonnements en imagerie pédiatrique peut prendre plusieurs formes: la communication destinée aux professionnels (entre différents professionnels impliqués dans les soins de l'enfant: médecin demandeur, praticien radiologue, autre prestataire de soins de santé) et la communication destinée au patient (entre les professionnels de santé et les patients, parents et aidants).

3.1.2.1 Communication destinée aux professionnels

Les radiologues jouent un rôle particulier pour expliquer les bénéfices et les risques de l'imagerie médicale au médecin demandeur. L'équipe d'imagerie (radiologues, manipulateurs/techniciens en radiologie, physiciens médicaux) peuvent aider en guidant les décisions du médecin demandeur vers une procédure d'imagerie particulière. Cette conversation peut être enrichie par la contribution d'autres professionnels de santé concernés (infirmiers, chirurgiens, médecins urgentistes par exemple). Bien qu'impossible pour chaque patient, ce dialogue pluridisciplinaire sur les risques liés aux rayonnements devrait être encouragé en tant que bonne pratique dans les centres médicaux (sous forme de séminaires de concertation réguliers). Par exemple, le médecin traitant ou le pédiatre peut répondre aux questions des patients et de leurs familles en fonction des informations fournies par l'équipe de radiologie. Si tous les membres de l'équipe de soins travaillent ensemble, il est possible de définir la meilleure stratégie afin de minimiser la dose tout en maintenant la qualité diagnostique des images, réduisant ainsi les risques liés à des rayonnements inutiles pour les patients pédiatriques. La communication entre professionnels de santé sera abordée plus en détail dans la **section 3.3**.

3.1.2.2 Communication destinée aux patients

Les rôles du médecin demandeur et du praticien radiologue dans la communication sur les bénéfices et les risques des procédures d'imagerie médicale sont différents mais complémentaires. Généralement, le médecin demandeur (par exemple pédiatre ou médecin traitant) est la première source de communication directe et de confiance avec le patient et sa famille. Il est souvent la seule source d'informations pour la procédure d'imagerie. Sa capacité à écouter, répondre aux questions et gérer les préoccupations relatives aux bénéfices et aux risques liés aux rayonnements est cruciale dans ce cas. Tandis que le médecin demandeur peut avoir un dialogue plus général sur les rayonnements avec le patient et sa famille ou les aidants, le radiologue peut

contribuer à un dialogue plus précis, si nécessaire, axé sur les doses d'irradiation et les risques liés à la procédure particulière à réaliser. Les **sections 3.1.5** et **3.1.7** donnent des exemples de ces messages.

Les patients et leurs familles/aidants ainsi que les manipulateurs/techniciens en radiologie discutent souvent de la procédure d'imagerie médicale. C'est l'occasion de fournir des informations et de répondre aux questions et aux préoccupations. Dans de rares cas, le physicien médical peut être invité à se joindre à la discussion. Les infirmiers, assistants et réceptionnistes interagissent avec les patients et les familles, qui peuvent aussi leur poser des questions à tout moment. Il est important de préparer le personnel à gérer ces questions (par exemple fournir des ressources ou directives claires au personnel susceptible de participer à ces discussions).

Outre les deux cercles de discussion ci-dessus, les autorités de santé, les organismes de réglementation en matière de rayonnements et les centres de recherche sont d'autres organisations ayant des considérations particulières pour la communication. Ils jouent un rôle important dans l'explication des risques liés aux rayonnements au public, aux décideurs politiques et autres décisionnaires. Les autorités compétentes doivent encourager toutes les parties prenantes à reconnaître les bénéfices et les risques associés à une exposition des enfants aux rayonnements et à joindre leurs efforts en vue d'une utilisation appropriée de l'imagerie pédiatrique afin d'améliorer la sécurité radiologique et la qualité des soins de santé. Grâce à une stratégie de communication efficace, les associations professionnelles peuvent faire valoir le fait que les procédures sont justifiées et que les stratégies de réduction des doses sont appliquées. Ce groupe d'acteurs spécifique sera abordé plus en détail à la **section 3.3**.

3.1.3 Communication avec un patient pédiatrique

Les principaux professionnels de santé (par exemple les médecins traitants, pédiatres) sont généralement les premiers responsables de la communication avec les patients pédiatriques au sein du parcours de soins. Selon les caractéristiques de la procédure, ce dialogue peut être complété par des membres de l'équipe d'imagerie (manipulateur en radiologie, praticien radiologue).

L'imagerie pédiatrique couvre un large intervalle d'âge de patients, des nouveau-nés aux adolescents. Ces différences d'âge dans le développement émotionnel et les capacités cognitives devraient être prises en compte dans l'adaptation de la stratégie de communication (type, quantité et complexité des informations) et son contexte (prévoir un espace privé pour discuter de l'imagerie avec rayonnements et de la possible grossesse des adolescentes). L'âge de l'enfant n'est pas le seul facteur que les professionnels de santé doivent prendre en compte. L'histoire de la famille de l'enfant influence aussi la discussion. Le scénario implique en général une interaction entre le(s) parent(s), l'enfant et le médecin, mais aussi parfois d'autres membres de la famille. Les parents protègent et défendent leur enfant. Ils peuvent avoir tendance à lui cacher certaines informations liées à la procédure, ce qui pourrait exclure à tort des patients pédiatriques du dialogue bénéfices-risques.

Des stratégies de communication sur les risques liés aux rayonnements entre le professionnel de santé et le patient pédiatrique existent, des exemples sont disponibles dans des documents imprimés et sur Internet (voir Annexe C). Les informations devraient être suffisamment complètes pour couvrir toutes les questions soulevées durant les discussions sur ces risques et sur d'autres risques/craintes (comme entrer dans une machine inconnue, devoir rester tranquille). Certaines questions peuvent être anticipées et abordées durant le dialogue bénéfices-risques avec le patient et sa famille (Larson et al., 2007). Le dialogue avec des patients adultes étayent un processus de décision éclairé cohérent avec l'autonomie du patient. En imagerie pédiatrique, il est important de comprendre que les parents peuvent devoir assumer la responsabilité de risquer un préjudice pour leur enfant. La situation est assez différente par rapport à un dialogue sur les risques avec un patient adulte.

3.1.4 Comment établir un dialogue dans un cadre clinique

Préparer une communication destinée aux professionnels

Voici un résumé de quelques points à prendre en compte dans la communication destinée aux professionnels (voir également **Fig. 15**).

1. La préparation s'effectue par étape :
 - Assurez-vous que l'historique d'imagerie disponible est disponible dans le dossier du patient pour référence.
 - Analysez les antécédents médicaux, le diagnostic suspecté et le pronostic éventuel (ces éléments peuvent influencer la discussion).
 - Tenez compte du fait que les enfants souffrant de maladies chroniques sont plus susceptibles de subir des examens répétés et qu'il peut donc y avoir des inquiétudes quant à la dose cumulée due à ces examens répétés.
 - Observez et évaluez vos interlocuteurs :
 - i. Tenez compte du niveau de conscience et de connaissance sur les doses d'irradiation et les risques des autres professionnels de santé avec lesquels vous communiquerez.
 - ii. Prenez en compte leurs propres points de vue sur les risques et leur connaissance des modes et procédures d'imagerie médicale.
 - iii. Définissez le style de communication qui serait le mieux adapté à cette situation ou à ce(s) professionnel(s) spécifique(s).
2. Anticipez les questions et préparez des réponses :
 - Définissez les termes généraux liés aux rayonnements (par exemple bénéfiques, risques, dose, type d'exposition).
 - Comparez différents modes/disciplines d'imagerie, y compris les procédures qui utilisent des rayonnements ionisants (radiologie diagnostique, médecine nucléaire, interventions guidées par l'imagerie) et celles qui n'en utilisent pas (ultrasons, IRM).
 - Identifiez les différences entre les procédures classiques chez les adultes, et les procédures d'imagerie pédiatrique en ce qui concerne la façon dont est réalisée la procédure et des doses associées.
 - Elaborez votre message en tenant compte du rôle des autres personnes impliquées dans les soins du patient, pour garantir la cohérence des messages.
 - Déterminez les informations nécessaires de la part d'autres professionnels de santé (spécialistes médicaux, infirmiers, etc.) pour mieux préparer cet échange.
 - Identifiez les sources de ces informations :
 - i. des ressources publiées (par ex. le présent outil)
 - ii. des ressources Internet fiables
 - iii. des experts.

Préparer une communication destinée aux patients

Points à prendre en compte dans la communication destinée aux patients (voir également **Fig. 15**).

1. Participez au dialogue avec le patient et communiquez les messages clés :
 - Ayez les messages clés sur les informations pertinentes qui rassureront les patients/patients. Restez sur des messages informatifs, compréhensibles, précis et clairs. Utilisez un langage simple et évitez des termes médicaux complexes d'un point de vue scientifique et les chiffres.
 - Expliquez pourquoi cette procédure spécifique est recommandée.

- Insistez fortement sur les bénéfices et le besoin médical lorsque vous communiquez sur les risques connus et potentiels liés aux rayonnements – évitez de susciter de la panique ou des craintes inutiles chez les patients et leurs parents.
- Prenez soin d'expliquer ce qui a été fait (ou sera fait) pour minimiser les risques pour le patient durant la procédure recommandée.
- Illustrez les risques liés aux rayonnements en les comparant à d'autres types de risques qui utilisent les mêmes approches (voir des exemples en section 3.1.5). Limitez l'utilisation de chiffres complexes et de statistiques pour communiquer sur les risques liés aux rayonnements.
- Utilisez des techniques d'écoute active pour garantir que les patients et les parents se sentent écoutés et compris en discutant de leurs inquiétudes, craintes et questions relatives à la procédure d'imagerie.
- Gardez à l'esprit qu'une communication efficace et une bonne compréhension passent souvent par la répétition des messages clés.
- Utilisez la communication destinée à ce public et un langage approprié à ce patient spécifique et ses aidants :
 - i. Indiquez toujours que vous comprenez leurs questions ou leurs inquiétudes pour le bien-être de leur enfant.
 - ii. Prenez en compte la situation spécifique du patient et des aidants, y compris leur niveau d'alphabétisation, langue maternelle, maîtrise de la langue et connaissance des procédures et sujets médicaux.
 - iii. Étudiez leurs conceptions spécifiques des risques (voir encadré 3.1).
 - iv. Communiquez clairement, avec empathie, en tenant compte de la crainte ou de l'appréhension du patient et/ou de ses aidants.
 - v. Définissez le style de communication qui serait le mieux adapté à cette situation/ce patient spécifiques.
- Préparez un dépliant/livret d'information général et bref pour les patients/parents ; il peut être utile dans certains cas pour faciliter le dialogue.
- Soyez prêt à répondre à des questions du patient, des parents ou des aidants.

Figure 15 : Aspects à prendre en compte pour établir un dialogue dans un cadre clinique



3.1.5 Exemples pratiques de communication avec des patients pédiatriques

Il est possible que les non-spécialistes ne comprennent pas le langage habituel de la radio-protection ; par exemple, unités de dose d'irradiation, risque, probabilités et coefficients nominaux destinés aux effets stochastiques sont difficiles à comprendre (Picano, 2004). Lorsque des patients et leurs parents ou aidants posent des questions sur les doses d'irradiation, ils sont en fait inquiets par rapport aux risques associés. Il existe différentes façons de communiquer avec eux sur les doses d'irradiation et les risques associés d'une procédure d'imagerie pédiatrique spécifique.

Des comparaisons avec des expositions aux rayonnements plus familières sont souvent utilisées, même si des mises en garde leur sont communiquées, comme abordé à la **section 1.2.1**. Par exemple, la communication sur les doses d'irradiation en imagerie médicale s'exprime souvent en multiples de radiographies thoraciques. Mais si parler de « nombre équivalent de radiographies du thorax » peut aider à comprendre l'ampleur de l'exposition, une comparaison avec de si faibles doses peut induire en erreur et alarmer inutilement si ce n'est pas bien expliqué.

Les comparaisons sont également faites entre les doses d'irradiation des procédures médicales et la durée équivalente d'exposition au rayonnement naturel. Comme expliqué à la **section 1.2.1**, le rayonnement naturel se traduit par une exposition de l'ensemble de l'organisme tandis que l'imagerie médicale est concentrée sur une région du corps. Cela doit être expliqué lorsque ces comparaisons sont faites. L'exposition équivalente aux rayonnements cosmiques lors d'un vol commercial en avion fait partie des suggestions de comparaison des doses d'irradiation. Bien que les doses reçues du fait des rayonnements cosmiques lors d'un vol en avion dépendent de la trajectoire de vol (latitude, altitude et durée) et montrent des variations saisonnières, on peut considérer aux fins de comparaison que la dose efficace totale habituelle pour un vol transatlantique est de l'ordre de 50 μSv (Butikofer & Fluckiger, 2011). Comme indiqué ci-dessus, une comparaison avec de si faibles doses peut induire en erreur et doit être soigneusement expliquée. Les risques dus aux rayonnements peuvent être comparés aux niveaux équivalents de risques associés à des activités quotidiennes telles que traverser la route ou conduire une voiture (Picano, 2004 ; Fahey, Treves & Adelstein, 2011).

Pour déterminer les comparaisons les mieux adaptées à un patient spécifique, il est conseillé de se baser sur sa situation particulière, la propre conception des risques du patient et de ses parents ou aidants ainsi que sur les préférences personnelles et la capacité du professionnels de santé. Le message ne se limite pas aux faits mais il englobe la façon dont les faits sont présentés (voir **Encadré 3.2**).

Encadré 3.2 Message : deux exemples de présentation des faits relatifs aux risques associés à une exposition aux rayonnements

Après un scanner pelvien réalisé sur une patiente enceinte au service d'urgence pour évaluer un traumatisme à la suite d'un accident de la route, elle est examinée par son médecin généraliste.

Laquelle des affirmations délivre la réponse la plus appropriée concernant le risque pour le fœtus ?

A. « Le scanner que vous avez passé avant-hier a peut-être doublé le risque pour votre enfant de développer un cancer avant l'âge de 19 ans. »
[0,6 % contre 0,3 %]

B. « Le scanner était un examen important qui a permis aux médecins d'évaluer et de traiter rapidement vos blessures sans quoi votre santé et celle de votre bébé auraient été en danger. Le risque d'effets secondaires est très faible et la probabilité de développement normal est toujours à peu près la même que pour tous les enfants. »
[96,7% contre 96,4 %]

Lorsque les bénéfices et les risques sont considérés, un risque important est assez souvent oublié : le risque de ne pas réaliser un examen qui peut empêcher de poser un diagnostic et entraîner un début de traitement trop tardif pour améliorer les résultats médicaux. Le potentiel d'amélioration de l'espérance de vie d'un patient grâce à un diagnostic et un traitement rapides doit être pris en compte en comparant l'ampleur du risque de cancer et sa période de latence par rapport à l'âge du patient et d'autres comorbidités.

Les patients et les aidants personnalisent souvent ces risques, même si les scientifiques tentent de les dépersonnaliser. C'est notamment le cas si le public a une faible connaissance des concepts de radioprotection et des statistiques en général. Par exemple, « un sur un million » pour exprimer un risque de cancer pourrait être perçu comme un risque faible par la communauté scientifique. Toutefois, les patients, leurs parents et aidants peuvent personnaliser ces risques et imaginer que le « un » pourrait être eux ou ceux qu'ils aiment (EPA, 2007). Cette tendance à personnaliser le risque s'observe le plus souvent dans des situations de stress, lorsqu'une procédure d'imagerie est nécessaire pour un enfant par exemple. Le **Tableau 12** présente quelques exemples de questions cliniques sur les risques liés à des examens radiologiques, et les réponses proposées. La **section 3.1.6** fournit d'autres exemples.

Tableau 12. Questions cliniques sur les risques liés à un examen radiologique et réponses possibles.

Question	Possible réponses
« Pourquoi recommandez-vous cet examen radiologique? »	« Nous avons besoins de plus d'informations pour clarifier le diagnostic de votre enfant et orienter notre traitement. Cet examen radiologique peut fournir rapidement et précisément ces informations. »
« Cet examen radiologique comporte-t-il des risques? »	« L'une des préoccupations est la possibilité de cancer induit par les rayonnements de cet examen. »
« Quel est le degré de risque? »	« Le risque pour cet examen radiologique est très faible, si tant est qu'il existe. Nous ne sommes pas certains qu'il y ait un risque à très faibles doses, comme pour la plupart des procédures radiologiques ou des scanners. »
« Quel est le risque de cet examen radiologique comparé à celui de [la maladie de mon enfant]? »	« J'ai étudié attentivement votre situation actuelle, en tenant compte de plusieurs facteurs. » Selon les circonstances : <ul style="list-style-type: none"> • « Je pense que votre enfant est blessé ou dans un état de santé inquiétant. Le risque de cet examen radiologique est très faible en comparaison, c'est donc le bon examen à réaliser. » • « À ce stade, l'état de santé de votre enfant est peu inquiétant. Bien que les risques potentiels dus à l'examen radiologique soient très faibles, ce n'est pas l'examen le plus recommandé pour le moment. Si l'état de votre enfant s'aggrave, cet examen pourra devenir nécessaire. »
« Quand ces risques surviendront-ils? »	« Le risque de passer à côté d'un diagnostic grave existe maintenant, dans les minutes/heures/jours à venir. » Les effets potentiels dus à de faibles doses d'irradiation telles que celles reçues lors de cet examen radiologique pourraient être plus longs (plusieurs années).
« Quelle est la conduite à tenir la plus sûre? »	« En comparant les risques potentiels de cet examen radiologique au risque que présente l'état de votre enfant, le plus sûr est de... »
« Quelles sont mes options? »	« Vous pouvez réaliser cet examen radiologique maintenant, ou attendre. Ou vous pouvez réaliser un autre examen médical, comme une échographie ou une IRM, opter pour une chirurgie ou un traitement médical basé(e) sur les informations que nous connaissons (sans examen radiologique), ou surveiller l'évolution de l'état de votre enfant. Si son état s'aggrave, cet examen peut devenir nécessaire. »

Source: adapté, avec autorisation, de Broder & Frush (2014)

En résumé, la communication sur les doses d'irradiation et les risques associés pour les patients/parents utilise plusieurs approches :

1. Comparaison de l'exposition aux rayonnements avec :
 - l'exposition au rayonnement naturel
 - des heures de vol commercial en avion
 - un nombre de radiographies thoraciques
 - d'autres cas d'exposition aux rayonnements.
2. Présentation du risque lié aux rayonnements par :
 - des estimations quantitatives (par exemple 1 sur 10 000 ou 0,01 %)
 - une estimation qualitative (par exemple faible risque)
 - une comparaison avec le niveau de risque de base (par exemple un risque supplémentaire de 0,01 % qui s'ajoute au risque moyen de référence d'incidence du cancer de 40 %)
 - une comparaison à d'autres risques de la vie quotidienne (par ex. conduire une voiture).

3.1.5.1 Cartographie des messages

La cartographie des messages est née au début des années quatre-vingt-dix comme outil de communication sur les risques pour la santé publique. La table des messages affiche des couches d'informations organisées en réponses de façon hiérarchiques pour anticiper les questions ou inquiétudes de façon claire, concise, transparente et accessible. Une cartographie des messages requiert :

1. d'anticiper les questions et les inquiétudes des parties prenantes ;
2. d'organiser les pensées et les idées en réponse à ces questions et inquiétudes ; et
3. de formuler les messages clés et les informations à l'appui.

Un modèle de table des messages est une grille constituée de cases. Le premier tiers de la grille identifie le public et la question ou l'inquiétude à laquelle on tente de répondre. Le deuxième tiers de la grille contient trois messages clés qui répondent à la question ou inquiétude. Le troisième tiers contient des informations à l'appui par groupe de trois sous chacun des messages clés, sous forme de visuels, d'analogies, d'exemples, d'histoires et/ou de sources d'informations. Le **Tableau 13** fournit un exemple de table des messages utilisant ce modèle en imagerie pédiatrique.

3.1.6 Questions et réponses pour la communication destinée au patient

3.1.6.1 Questions générales sur les rayonnements et l'imagerie pédiatrique

a) Qu'est-ce qu'une procédure d'imagerie médicale ?

- Une procédure d'imagerie médicale est une procédure qui crée des images pour établir un diagnostic ou orienter un traitement.
- Les procédures d'imagerie médicale qui utilisent des rayonnements ionisants comprennent notamment les radiographies et la scanographie (images par rayons X), la fluoroscopie (films par rayons X), les examens de médecine nucléaire (imagerie fonctionnelle des os, des reins ou des poumons) ainsi que des systèmes d'imagerie hybrides (qui associent deux modes d'imagerie, comme la tomographie par émission de positons couplée à la scanographie, ou TEP-scanner).
- Il existe d'autres procédures d'imagerie médicale, telles que l'échographie et l'imagerie par résonance magnétique (IRM) qui n'utilisent pas de rayonnements ionisants.

b) Quelle est la quantité de rayonnements considérée comme trop importante ?

- Lorsqu'une procédure d'imagerie radiologique est justifiée et appropriée, le bénéfice pour l'enfant compense les risques. C'est pourquoi il n'y a pas de limitation pour des doses d'irradiation relativement faibles utilisées pour diagnostiquer et prendre en charge une maladie.

Tableau 13. Exemple de cartographie des messages en imagerie pédiatrique

Partie prenante : parents		
Question anticipée : Quelle quantité de rayonnements mon enfant recevra-t-il lors de ce scanner du crâne ?		
Message clé 1	Message clé 2	Message clé 3
Ce scanner est recommandé aujourd'hui pour aider à poser le diagnostic et orienter le traitement de votre enfant	Votre enfant recevra la dose la plus faible possible, sans diminuer la qualité diagnostique des images	Ce scanner est indiqué sur le plan médical et sera réalisé correctement. Les bénéfices compenseront donc les risques liés aux rayonnements.
Informations à l'appui 1-1	Informations à l'appui 2-1	Informations à l'appui 3-1
Nous avons évalué l'état clinique de votre enfant et convenons qu'il faut confirmer le diagnostic pour prendre une décision concernant le traitement (exemples/histoires)	Il existe de nombreuses techniques pour diminuer la dose sans compromettre le diagnostic (exemples, communication visuelle)	La dose d'irradiation sera faible, équivalente à plusieurs mois d'exposition au rayonnement naturel (analogies, tableaux, communication visuelle)
Informations à l'appui 1-2	Informations à l'appui 2-2	Informations à l'appui 3-2
Nous avons envisagé des tests alternatifs et sommes d'accord que c'est l'examen indiqué pour votre enfant (recommandations relatives aux demandes d'examen)	Ce centre d'imagerie utilise des appareils, protocoles et techniques adaptés aux enfants (accréditation, audits)	Le risque lié aux rayonnements est faible et la probabilité d'effets secondaires (risque de cancer) sera quasiment la même que celle de tout autre enfant : un risque vie entière d'incidence du cancer de 35-40 % (analogies, tableaux, ressources illustrées pour une communication visuelle)
Informations à l'appui 1-3	Informations à l'appui 2-3	Informations à l'appui 3-3
Cet examen doit être réalisé maintenant pour éviter tout retard dans le traitement, si le diagnostic se confirme (exemples, données scientifiques)	Ce centre compare régulièrement ses doses avec les valeurs nationales et internationales de référence et reste dans ces plages de valeurs (NRD pédiatriques)	Le scanner sera interprété par des spécialistes de l'imagerie formés pour identifier les anomalies et leur signification. Le rapport sera communiqué au médecin demandeur, qui prendra les décisions de traitement et de suivi (histoires, exemples)

- Les faibles doses d'irradiation associées au diagnostic médical et aux interventions guidées par l'imagerie présentent tout au plus un faible risque. Le risque potentiel est faible par rapport aux bénéfices reconnus et démontrés de l'imagerie médicale, ce qui est pris en compte dans le processus de justification.
- Les risques liés aux faibles doses d'irradiation utilisées dans les procédures diagnostiques de radiologie sont généralement faibles. Le risque vie entière de développer un cancer si vous n'avez jamais passé d'examen radiologique est de plus de 1 sur 3. Les faibles doses d'irradiation utilisées dans les procédures diagnostiques de radiologie peuvent augmenter légèrement ce risque. À des doses plus importantes, comme celles utilisées pour certaines interventions très complexes et pour la radiothérapie, des lésions tissulaires telles que des rougeurs de la peau peuvent survenir très rarement chez les enfants.

c) Quelles procédures d'imagerie médicale utilisent des rayonnements ionisants ?

- Les procédures d'imagerie médicale les plus courantes qui utilisent des rayonnements ionisants sont la radiographie, la scanographie ou tomomodensitométrie (TDM), la fluoroscopie, les examens de médecine nucléaire, dont la tomographie par émission de positons (TEP) et la tomographie d'émission monophotonique (TEMP), ainsi que des techniques hybrides associant ces différents modes (la TEP-scanner par exemple)

d) Quelles procédures d'imagerie médicale n'utilisent pas de rayonnements ionisants ?

- Les ultrasons (échographie) et l'imagerie par résonance magnétique (IRM) sont deux techniques d'imagerie courantes qui n'utilisent pas de rayonnements ionisants.

e) Pourquoi ne peut-on pas opter plutôt pour une procédure sans rayonnements ?

- Le médecin de votre enfant (pédiatre, médecin traitant) peut discuter avec le spécialiste en imagerie pour l'aider à déterminer le type d'examen le plus approprié.
- Nous avons envisagé un examen sans rayonnements, mais nous avons déterminé qu'il ne nous donnerait pas les informations nécessaires.
- Après examen approfondi des besoins médicaux spécifiques de votre enfant, il s'agit de la meilleure procédure pour répondre à la question clinique.
- Bien qu'il existe d'autres procédures qui n'utilisent pas de rayonnements, cette procédure sera la plus à même de nous fournir les informations nécessaires pour orienter notre plan de traitement.

f) Mon enfant en a-t-il besoin ? En a-t-il besoin maintenant ?

- Le médecin demandeur et le radiologue ont fait une analyse des bénéfices et des risques pour la procédure d'imagerie recommandée. Ils ont envisagé des examens alternatifs et cette procédure spécifique est recommandée pour aider à poser le diagnostic et/ou préciser le traitement de votre enfant.
- Même si certaines pathologies peuvent guérir d'elles-mêmes et que les examens pour ces états de santé peuvent être retardés ou finalement annulés, d'autres affections nécessitent une investigation précoce pour aider à la prise en charge thérapeutique de votre enfant.

g) Cette procédure est-elle dangereuse ? Devons-nous envisager des effets à long terme ou un risque accru ?

- Les procédures d'imagerie fournissent des informations très importantes qui permettent aux professionnels de santé de prendre des décisions éclairées concernant les soins de votre enfant (même si l'examen est normal) et de sauver des vies. Les risques liés aux rayonnements pour les procédures d'imagerie diagnostique sont faibles. Lorsqu'une investigation est justifiée, le risque associé au fait de ne pas subir la procédure radiologique est plus important que le risque lié aux rayonnements.
- Il a été démontré une augmentation, quoique très faible, du risque de développer un cancer chez les personnes exposées à de faibles doses d'irradiation.
- La possibilité qu'un enfant a de développer un cancer au cours de sa vie est supérieure à 1 sur 3 (il est d'environ 40 % dans certains pays).¹ Cette prédisposition naturelle à développer un cancer peut augmenter très légèrement du fait d'un examen radiologique.
- Les risques sont en général supérieurs pour des enfants de plus jeune âge, c'est-à-dire qu'ils sont plus élevés chez les nouveau-nés que chez les nourrissons ou les enfants plus âgés.

¹. Le risque de base vie entière d'incidence du cancer varie selon les pays. Dans certains pays, comme aux États-Unis, ce pourcentage est supérieur à 40 % (BEIR, 2006). Si des données nationales/locales sont disponibles, cette réponse peut être adaptée.

h) Quels sont les bénéfices par rapport aux risques ?

- Les bénéfices de l'imagerie médicale sont nombreux. Par exemple, un diagnostic juste, l'orientation précise du traitement, la surveillance de la progression ou rémission de la maladie, ou la mise en évidence de la guérison.
- Les risques liés aux faibles doses d'irradiation utilisées dans les procédures diagnostiques de radiologie sont généralement faibles. La possibilité que chacun a de développer un cancer au cours de sa vie est supérieure à 1 sur 3 (il est supérieur à 40 % dans certains pays). Les faibles doses d'irradiation utilisées dans les procédures diagnostiques de radiologie peuvent augmenter légèrement ce risque. À des doses plus importantes, comme celles utilisées pour certaines interventions très complexes et pour la radiothérapie, des réactions tissulaires telles que des rougeurs peuvent survenir.

i) Quelles sont les conséquences en cas de non réalisation de cette procédure ?

- Les procédures d'imagerie radiologique doivent aider à poser un diagnostic rapide et précis pour améliorer l'état de santé. Ne pas réaliser les procédures recommandées à juste titre peut avoir des conséquences négatives pour la santé, car le diagnostic ou le traitement peuvent être incorrects ou réalisés tardivement.

j) Qui interprète les résultats et comment peut-on les obtenir ?

- Les procédures d'imagerie sont interprétées par des spécialistes formés pour identifier des anomalies et leur signification sur des images, et à fournir un avis en vue de la prise en charge du patient ou du recours à d'autres examens. Ces experts sont généralement des radiologues, médecins nucléaires et, dans certains pays, d'autres médecins accrédités ou manipulateurs/techniciens en radiologie spécialisés.
- Les comptes-rendus d'imagerie sont communiqués au médecin demandeur, qui les partage et en discute avec les patients/aidants et les autres membres de l'équipe de soins.
- Certains centres d'imagerie envoient les comptes-rendus directement aux patients, mais il faut rester prudent et s'assurer qu'ils peuvent être expliqués et remis dans le contexte pour le patient/aidant par un clinicien compétent et expérimenté.

k) Quelle quantité de rayonnements mon enfant recevra-t-il lors d'une procédure radiologique ?

- Il est important de maintenir les doses reçues par les enfants au plus bas niveau raisonnablement réalisable, tout particulièrement car les tissus des enfants sont plus radiosensibles et que les enfants ont plus de temps devant eux pour développer des effets tardifs tels que des cancers.
- Il existe de nombreux moyens de diminuer les doses et les risques associés à l'imagerie pédiatrique sans compromettre la qualité des données d'imagerie diagnostique et l'interprétation des images.
- La dose d'irradiation reçue par votre enfant sera ajustée en fonction de la procédure et des détails des images nécessaires pour poser le diagnostic, en tenant compte de la taille de votre enfant. Les enfants plus petits nécessitent moins de rayonnements pour obtenir une image acceptable.

l) La dose peut-elle être ajustée pour que mon enfant reçoive la dose la plus faible possible ?

- Oui, il existe de nombreuses techniques pour diminuer les doses et les risques associés à l'imagerie pédiatrique sans compromettre la qualité diagnostique des images.
- Notre établissement utilise des protocoles spécifiques pour les enfants lors des examens radiologiques.

m) Comment être sûr que cette procédure utilisera le protocole spécifique pour les enfants ?

- Lorsqu'une procédure de radiologie est nécessaire et justifiée, il est possible de vérifier que le centre d'imagerie utilisera les protocoles et techniques appropriés pour s'assurer que des doses optimisées sont délivrées.

- Nous comparons régulièrement nos doses avec des normes et valeurs de référence nationales et internationales, et nous les maintenons dans la plage de valeurs établie.

n) Comment saurai-je si la dose d'irradiation correcte est utilisée pour mon enfant?

- La dose réelle varie en fonction de la taille de votre enfant et des informations nécessaires au diagnostic.
- Des recommandations utiles aux centres d'imagerie sont disponibles par le biais de ressources nationales et internationales (protocoles recommandés par Image Gently² par exemple) et, dans certains pays, des registres de doses qui fournissent des valeurs de référence appelées niveaux de référence diagnostiques (NRD).
- Le manipulateur/technicien en radiologie qui réalise la procédure radiologique sur votre enfant sera en mesure d'aider à confirmer que les bonnes dispositions sont ou ont été prises pour utiliser la plus faible quantité de rayonnements nécessaire pour obtenir les informations recherchées.

o) À qui les parents peuvent-ils parler de leurs inquiétudes?

- De nombreux professionnels médicaux sont impliqués dans les soins pédiatriques. Le premier point de contact pour les questions relatives aux soins de l'enfant est le professionnel de santé (pédiatre, médecin traitant), car c'est lui qui connaît le mieux l'état et les antécédents médicaux de l'enfant, et le plan de traitement en place.
- Le spécialiste de l'imagerie ou médecin radiologique ainsi que leur équipe (physicien médical, manipulateur/technicien en radiologie) sera en mesure de répondre à des questions spécifiques sur la sécurité de la procédure, la dose spécifique à l'enfant et le risque dû aux rayonnements.
- Le personnel infirmier et tout autre personnel auxiliaire de soins peut faciliter une communication supplémentaire avec les professionnels de santé et fournir des dépliants/brochures d'information.

3.1.6.2 Scanographie ou Tomodensitométrie (TDM)

a) Qu'est-ce qu'un scanner?

Un scanner est une procédure radiologique qui utilise des rayons X pour produire des images détaillées des organes et structures internes de votre enfant.

b) Quels sont les bénéfices d'un scanner?

- Les scanners fournissent des images en coupe et 3D du corps, montrant les organes et détails internes non visibles sur les radiographies classiques.³
- Ils donnent rapidement et de façon fiable des informations médicales précieuses qui sauvent des vies. Ils sont particulièrement utiles pour obtenir des images de la tête, du thorax, de l'abdomen/pelvis et des os.
- Lorsque son usage est approprié et que la dose d'irradiation est optimisée, le bénéfice d'un scanner compense largement le préjudice potentiel. Le risque associé au fait de ne pas passer une TDM *justifiée* est bien supérieur au risque associé aux rayonnements.

c) Quelle est la quantité de rayonnements utilisée durant un scanner?

- La dose d'irradiation dépend des informations nécessaires pour répondre à la question clinique et de la taille du patient.
- La dose réelle utilisée sera déterminée en fonction de la procédure spécifique, de la qualité d'image nécessaire pour le diagnostic et de la taille du patient. La plupart des équi-

² <http://www.imagegently.org/>

³ Certaines personnes peuvent connaître davantage le terme « rayons X » pour désigner de façon informelle les radiographies classiques (bien que le scanner utilise aussi des rayons X).

pements de scanographie sont pourvus d'une technologie de réduction automatique des doses pour aider à optimiser les doses, y compris pour les enfants.

- Certains organes sont plus radiosensibles chez les enfants que chez les adultes, et les enfants ont une espérance de vie plus longue au cours de laquelle ils peuvent développer des effets tardifs, comme un cancer. Mais tous les centres d'imagerie qui disposent de scanner appliquent le principe de maintien des doses aussi basses que raisonnablement possible (principe ALARA), notamment pour les enfants.
- La réduction de la dose ne doit pas compromettre la qualité diagnostique des images. Il existe de nombreuses techniques pour diminuer les doses et les risques associés à l'imagerie pédiatrique sans compromettre la qualité diagnostique.
- Notre établissement utilise des protocoles spécifiques pour les enfants lors des examens radiologiques.

d) Pourquoi recommandez-vous un scanner ?

- Compte-tenu des besoins médicaux spécifiques de votre enfant, il s'agit de la meilleure procédure permettant d'obtenir les informations dont nous avons besoin pour prendre soin de lui, et les techniques de radiographie conventionnelle ne permettent pas d'obtenir cette information.⁴
- Le scanner est idéalement adapté à l'imagerie de certaines zones du corps (tête, thorax, abdomen).
- Ces examens sont très rapides et sont donc particulièrement bien adaptés aux patients très jeunes ou malades qui ont des difficultés à rester longtemps immobiles.

e) Qu'est-ce qu'un scanner vous dira sur mon enfant et notre plan de traitement que d'autres options/alternatives ne diront pas ?

- Le scanner est idéalement adapté à certaines zones du corps (tête, thorax, abdomen).
- Ces examens sont très rapides et sont donc particulièrement bien adaptés aux patients très jeunes ou malades qui ont des difficultés à rester immobiles.
- Bien qu'il existe d'autres procédures qui n'utilisent pas de rayonnements, cette procédure sera la plus à même de nous fournir les informations nécessaires pour orienter notre plan de traitement.

3.1.6.3 Fluoroscopie

a) Qu'est-ce que la fluoroscopie ?

- La fluoroscopie est comme un film en rayons X. Les procédures de fluoroscopie utilisent des impulsions de rayons X pour visualiser les organes et leurs mouvements dans l'organisme en temps réel.
- La fluoroscopie est utilisée à la fois en imagerie diagnostique et pour guider un traitement (positionnement de cathéter/ballonnet, autres interventions au niveau du cœur, cerveau et autre partie du corps par exemple).
- La quantité de rayonnements reçue durant des procédures de fluoroscopie est généralement supérieure à celle d'une radiographie (radiographie thoracique par exemple) et dépend du type de procédure et de la taille du patient.

b) Pourquoi recommandez-vous une fluoroscopie ?

- Compte-tenu des besoins médicaux spécifiques de votre enfant, il s'agit de la meilleure procédure pour prendre soin de lui.

⁴. Certaines personnes peuvent connaître davantage le terme « rayons X » pour désigner de façon informelle les radiographies conventionnelles (bien que la scanner utilise aussi des rayons X

- Il est nécessaire, pour le positionnement sûr et précis des cathéters ou la réalisation de certaines interventions, de voir en temps réel le colorant liquide (« produit de contraste ») passer par différents organes et/ou objets en mouvement à l'intérieur de l'organisme.

c) Quelle est la quantité de rayonnements utilisée durant ces examens ?

- La dose d'irradiation varie en fonction de la procédure spécifique, la qualité de l'image nécessaire pour le diagnostic, la taille du patient, la difficulté de la procédure et le réglage de l'appareil d'imagerie.
- Mais tous les centres de fluoroscopie appliquent le principe de maintien des doses aussi basses que raisonnablement possible (ALARA), notamment pour les enfants, car certains organes sont plus radiosensibles chez les enfants que chez les adultes, et les enfants ont une espérance de vie plus longue au cours de laquelle ils peuvent développer des effets tardifs, comme un cancer.
- Il existe de nombreuses techniques pour diminuer les doses et les risques associés à l'imagerie pédiatrique sans compromettre la qualité diagnostique des images.
- Notre centre utilise des protocoles spécifiques pour les enfants lors des procédures de fluoroscopie.

d) Quels sont les bénéfices des examens sous fluoroscopie chez les patients pédiatriques ?

- Il s'agit d'une procédure extrêmement utile qui peut fournir des images du corps en temps réel, permettant ainsi le bon positionnement de dispositifs médicaux internes et l'étude des processus internes (par exemple avec un produit de contraste dans le tube digestif).
- Lorsque la procédure est demandée de façon appropriée et qu'elle est optimisée, la fluoroscopie apporte bien plus de bénéfices que le préjudice qu'elle représente.
- Outre le risque lié aux rayonnements, le danger potentiel associé aux procédures de fluoroscopie inclut les risques liés à la procédure pour l'intervention, tels qu'une infection ou un saignement.⁵ Tandis que l'intervention présente plus de risques que les rayonnements, le bénéfice d'une intervention justifiée est supérieur à tous les risques. L'intervention peut sauver des vies dans certaines circonstances (par exemple les cardiopathies congénitales).

3.1.6.4 Médecine nucléaire

a) Qu'est-ce que la médecine nucléaire ?

- La médecine nucléaire⁶ évalue la fonction d'un organe après administration au patient d'une substance radioactive (un traceur, un radiopharmaceutique). Les examens de médecine nucléaire aident à identifier un fonctionnement anormal (de la thyroïde par exemple) ou des sites présentant un fonctionnement anormal (scintigraphie osseuse pour un cancer par exemple).
- Les procédures de médecine nucléaire incluent aussi des techniques d'imagerie hybrides (c'est-à-dire combinées) telles que la tomographie par émission de positons (TEP) et la tomographie d'émission monophotonique (TEMP) associées à un scanner ou une IRM.

b) Pourquoi recommandez-vous une procédure de médecine nucléaire ?

- Compte-tenu des besoins médicaux spécifiques de votre enfant, il s'agit de la meilleure procédure pour obtenir les informations nécessaires pour prendre soin de lui.
- Les examens de médecine nucléaire fournissent des informations uniques sur le fonctionnement d'un organe qui n'est pas visible par d'autres examens d'imagerie.

⁵. Ce phénomène peut être expliqué plus en détail par des exemples spécifiques à la procédure, et par exemple « ... tels qu'une infection ou un saignement dans le cas d'interventions ou d'examens de vaisseaux sanguins au cours desquels le produit de contraste (colorant) est administré directement dans les organes ou structures »

⁶. Également appelée imagerie isotopique ou imagerie nucléaire.

c) Quelle est la quantité de rayonnements utilisée durant un examen de médecine nucléaire ?

- La dose d'irradiation varie en fonction de la procédure spécifique, des données nécessaires pour le diagnostic, la taille du patient et du réglage de l'appareil d'imagerie. La plupart des examens de routine de médecine nucléaire réalisés chez les enfants délivrent de faibles doses d'irradiation (c'est-à-dire une faible quantité de rayonnements), souvent bien moins que des fluoroscopies.
- Tous les centres de médecine nucléaire appliquent le principe de maintien des doses aussi basses que raisonnablement possible (ALARA), notamment pour les enfants, car certains organes sont plus radiosensibles chez les enfants que chez les adultes, et les enfants ont une espérance de vie plus longue au cours de laquelle ils peuvent développer des effets tardifs, comme un cancer.
- La réduction de la dose ne doit pas compromettre la qualité diagnostique des images. Il existe de nombreuses techniques pour diminuer les doses et les risques associés à l'imagerie pédiatrique sans compromettre la qualité diagnostique.
- Notre centre utilise un dosage pédiatrique de radiopharmaceutiques en fonction du poids conformément aux recommandations établies.⁷

d) Quels sont les bénéfices des examens de médecine nucléaire chez les patients pédiatriques ?

- C'est un mode d'examen spécifique et utile capable de fournir des informations fonctionnelles importantes sur les processus de l'organisme et l'activité des maladies.
- Lorsqu'ils sont prescrits correctement et que le dosage est optimisé, ils apportent bien plus de bénéfices que de risques.

e) Combien de temps la radioactivité reste-t-elle dans l'organisme du patient ?

- La radioactivité varie. Les différents traceurs ont une période différente (temps nécessaire pour que la moitié de la radioactivité soit éliminée de l'organisme). Par exemple, le radioisotope le plus utilisé, le Technetium-99m, a une période de 6 heures, et à toutes fins utiles, il s'élimine en deux jours et demi (60 heures).⁸
- Bien que la radioactivité après une procédure diagnostique puisse être détectée grâce à un appareil sensible, les niveaux de rayonnements constituent très rarement un risque pour les autres. L'équipe de médecine nucléaire vous informera, dans les très rares cas où les aidants doivent prendre garde à une exposition due à leur enfant.

f) Existe-t-il d'autres risques pour ma famille ? Existe-t-il d'autres précautions à prendre ?

- Il est inhabituel, à la suite des procédures diagnostiques de médecine nucléaire, que les membres de la famille aient besoin de prendre des précautions supplémentaires (voir ci-dessus).
- Les femmes enceintes présentes dans l'entourage doivent demander conseil au centre de médecine nucléaire.

3.1.7 Exemples de messages clés

3.1.7.1 Premier message de la campagne d'Image Gently

Voici des exemples de trois messages clés (et messages associés) adaptés, avec autorisation, de la campagne Image Gently (<http://www.imagegently.org/Procedures/Computed-Tomography>).

⁷ Cette réponse peut être adaptée au contexte local en faisant référence aux critères utilisés dans le centre. L'Association européenne de médecine nucléaire (EANM) et la Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging (SNMMI) des États-Unis ont formulé des recommandations sur la médecine nucléaire pédiatrique (Gelfand, Parisis & Treves, 2011 ; Lassmann et al. 2007 ; Lassmann et al., 2008)

⁸ e n'est qu'un exemple, et cette réponse peut être adaptée à la procédure et la période spécifiques du radionucléide à utiliser.

- a) **Le scanner nous aide à sauver la vie de vos enfants !**
- b) **Mais en imagerie, les rayonnements comptent.**
 - i. Les enfants sont plus sensibles aux rayonnements.
 - ii. Ce que nous faisons maintenant dure toute leur vie.
- c) **Donc, l'imagerie oui, mais en douceur !**
 - i. Plus ne signifie généralement pas mieux.
 - ii. Si un scanner est indiqué :
 1. Adaptez les kV et les mA à la taille de l'enfant.
 2. Un seul balayage (unique) suffit généralement.
 3. Balayez uniquement la zone indiquée.

3.1.7.2 Exemple d'informations pour faciliter les discussions sur les risques radiologiques d'un scanner pédiatrique

Voici des exemples d'informations proposées comme base pour une discussion sur les risques radiologiques d'un scanner pédiatrique (adapté de Brody et al., 2007).

1. Les rayonnements sont une composante essentielle d'un examen par scanographie.
2. Le niveau d'exposition aux rayonnements qui résulte d'un scanner est faible.
3. Le rapport de cause à effet entre une exposition aux rayonnements à faible dose, comme dans le cas d'un scanner, et un cancer n'est pas certain, mais des groupes d'experts ayant étudié cette question ont suggéré qu'il existe un faible risque qui augmente lorsque la dose augmente.
4. Bien que certaines études aient indiqué que les scanners puissent augmenter le risque de développer un cancer ultérieurement, le niveau exact de ces risques n'est pas encore connu. Ainsi les risques associés aux scanners doivent être estimés et ces estimations varient en fonction des informations utilisées.
5. La quantité de rayonnements délivrée par un scanner dépend de nombreux facteurs, notamment des protocoles utilisés et du réglage des appareils pour l'examen donné.
6. En règle générale, des scanners pédiatriques correctement réalisés devraient exposer un enfant à une dose de rayonnements bien inférieure à celle pour la même procédure réalisée chez un adulte.
7. Le bénéfice potentiel d'un scanner indiqué d'un point de vue clinique est bien documenté et largement supérieur au risque de cancer potentiel.

3.2 Considérations éthiques

Cette section souligne l'importance d'une communication efficace sur les risques liés aux rayonnements pour aider le processus de décision éclairé en imagerie pédiatrique du point de vue éthique, en abordant les principes plutôt que les implications juridiques.

En s'appuyant sur les principes de non-malfaisance et de bienfaisance (premièrement ne pas faire de mal, deuxièmement faire du bien), les professionnels de santé ont la responsabilité éthique d'optimiser le rapport bénéfices-risques de toutes les interventions. L'obligation de bénéfice pour le patient doit être contrebalancée par l'obligation de ne pas faire de mal, en gardant pour objectif de garantir que les bénéfices compensent le préjudice. Appliquer ces principes éthiques peut s'avérer difficile si les risques sont incertains, ce qui est souvent le cas lorsque

l'on évalue les risques liés aux rayonnements à faible dose des procédures d'imagerie. Surestimer les risques peut conduire à renoncer à une procédure d'imagerie dont le bénéfice pour le patient serait supérieur au risque associé aux rayonnements. Il existe d'autres moyens pour les professionnels de santé de mal évaluer le rapport bénéfices-risques de l'imagerie au détriment de leurs patients (Brody & Guillerman, 2014).

Dans le contexte de l'éthique et de la santé, le respect de la dignité des personnes inclut le droit à faire des choix autonomes, éclairés et libres. Une décision éclairée n'est valable que si la décision finale est libre de toute contrainte et basée sur des informations compréhensibles et transparentes fournies au patient. Il existe différents moyens de donner son consentement. En imagerie pédiatrique, le processus de décision éclairée passe généralement par un échange verbal entre les professionnels de santé et le patient et son aidant. Il est important de noter qu'un formulaire de consentement écrit ne documente que la discussion, et que le fait de signer un formulaire de consentement ne remplace pas une discussion riche en informations. Le consentement écrit est souvent inutile pour les procédures d'imagerie diagnostique. Le consentement ne doit pas nécessairement être exprimé de façon explicite (il peut s'agir d'un « consentement implicite »).

Le médecin demandeur doit fournir des informations sur l'utilité clinique et l'impact de la procédure sur la prise en charge du patient. L'accès à des informations transparentes sur les bénéfices et les risques est un droit fondamental des patients. Il est important dans cet échange de maintenir la confidentialité des informations personnelles et de la vie privée. Le cas échéant, les mesures prises pour réduire les doses d'irradiation et les risques associés peuvent être abordés durant la discussion avec les patients/parents. Les informations devront également décrire d'autres aspects pratiques de la procédure pouvant être une source de gêne ou d'anxiété. La discussion doit envisager d'autres options, avec les bénéfices et risques respectifs comme des modes d'imagerie alternatifs (IRM ou échographie), une prise en charge sans imagerie (examen clinique) ou un report de la procédure si l'état du patient évolue. Cette discussion a pour objectif de gagner la confiance des aidants (parents/tuteurs) en articulant le plan d'action de la façon la plus sûre et efficace pour le patient pédiatrique, plutôt que d'insister sur le risque de cancer potentiel associé à la procédure radiologique.

Le patient et le parent/tuteur ont le droit d'accepter ou de s'opposer à la procédure. Le processus de décision éclairée en soins de santé pédiatriques inclut le consentement (explicite ou implicite) des parents et la capacité de l'enfant à donner son assentiment. Les processus d'assentiment et de consentement doivent être le fruit d'une conversation suivie et interactive entre les professionnels de santé, l'enfant et les aidants. Pour obtenir l'assentiment des enfants, les professionnels de santé doivent fournir des informations adaptées à leur âge pour les aider à comprendre la nature de l'examen et son importance dans le cadre de leurs soins médicaux. Des enfants plus âgés ou adolescents peuvent être en capacité de participer activement aux décisions de soins.

En situations d'urgence, bien que le temps nécessaire pour obtenir le consentement ou l'assentiment puisse faire défaut en raison de la nécessité médicale (besoin immédiat de réaliser une procédure pour sauver une vie par exemple), il est important de fournir une explication et des informations sur la procédure à l'enfant (adaptées à son âge) et aux parents, rétrospectivement.

3.3 Établir un dialogue au sein de la communauté médicale

3.3.1 Participants

La communication avec les patients et les aidants est l'une des exigences imposées par les nouvelles normes fondamentales internationales de protection contre les rayonnements ionisants et de sûreté des sources de rayonnements (BSS, 2014). La communication sur les bénéfices et risques des interventions médicales constitue la base des bonnes pratiques médicales. Il est dans l'intérêt des parties prenantes de fournir des soins de haute qualité à un patient pédiatrique qui subit une procédure d'imagerie (**Fig. 16**). Il est essentiel pour eux de participer au dialogue bénéfices-risques. Au-delà des trois parties prenantes majeures – le médecin demandeur, le patient/aidant et le praticien radiologue – d'autres professionnels de santé⁹ sont concernés. Le manipulateur en radiologie est souvent le premier contact au moment de la réalisation de l'examen et les physiciens médicaux donnent généralement des conseils sur les procédures à doses plus élevées ou sur l'optimisation de la dose. La formation du personnel infirmier en communication et soins au patient est inestimable pour l'enfant ou les parents inquiets, et d'autres acteurs plus éloignés du soin direct, comme les régulateurs ou les payeurs, devraient aussi être impliqués dans le processus de communication pour aider à garantir des soins médicaux de haute qualité et une communication efficace.

Il s'agit d'une opportunité pour communiquer et éduquer la communauté de soins au sens large aux bénéfices d'une imagerie pédiatrique correctement justifiée et optimisée. La santé publique a pour rôle d'exploiter l'opportunité de créer et nourrir un dialogue avec la communauté. Cette capacité à communiquer et éduquer ne concerne pas que les professionnels de santé, mais elle s'étend également aux organismes de recherche, sociétés professionnelles, autorités compétentes, décideurs politiques et décisionnaires. En bref, tous les responsables de l'évaluation, minimisation et/ou régulation des risques liés aux rayonnements dans le cadre des soins de santé sont inclus dans cette dimension de santé publique.

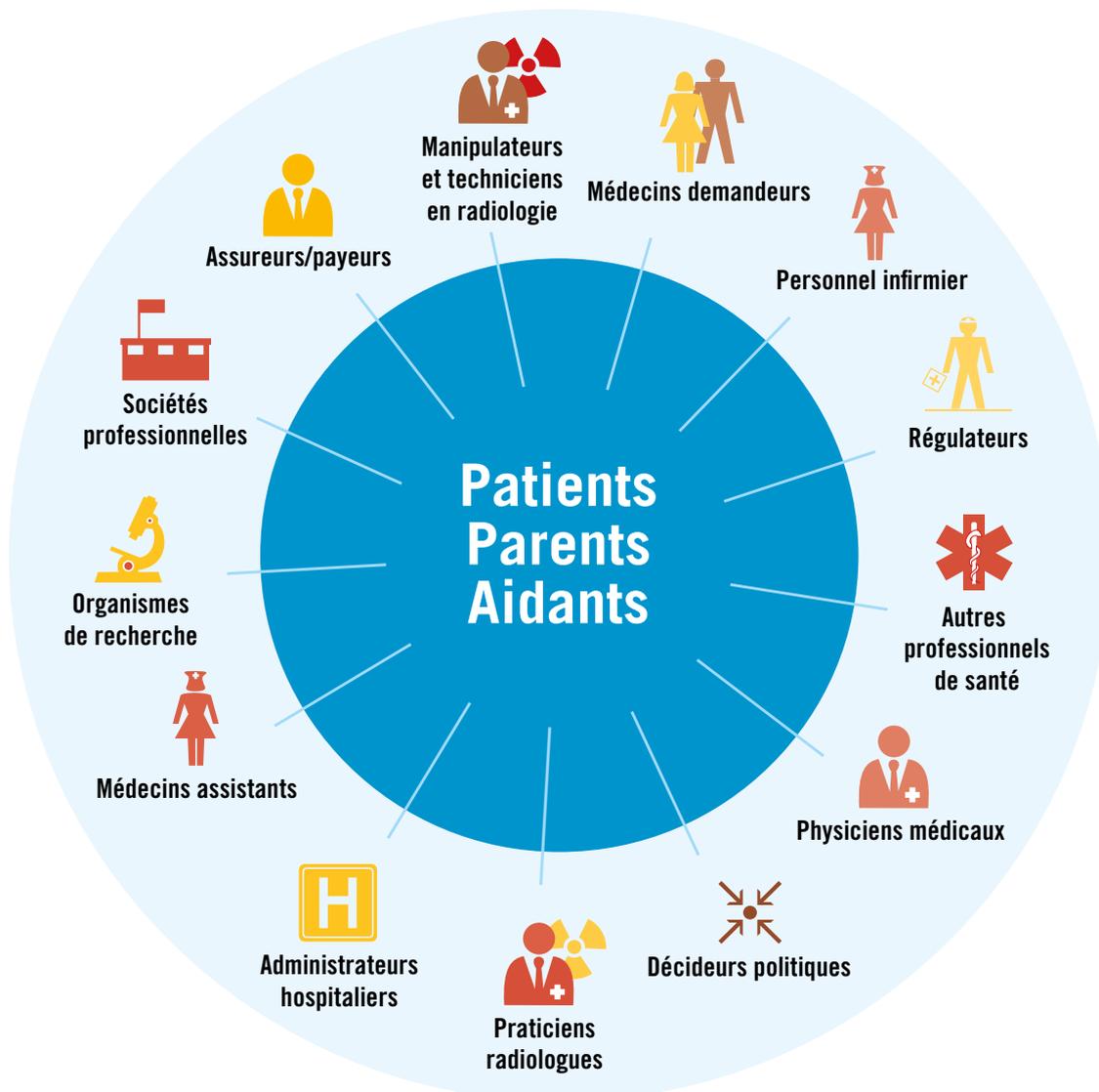
3.3.2 Dialogue entre les médecins demandeurs et praticiens radiologues

Il existe une communication à sens unique du médecin demandeur vers le centre d'imagerie concernant les patients et leur examen. Il existe aussi une communication plus générale du centre d'imagerie vers le médecin demandeur pour les informations relatives à la dose et au risque concernant les grandes catégories d'examens (radiographies thoraciques, séries de clichés pour scoliose, scanner du crâne, etc.). Mais la communication réciproque est tout aussi importante. Il est essentiel que la communication fonctionne dans les deux sens entre les médecins demandeurs et les praticiens radiologues pour transmettre les informations cliniques, formuler les questions cliniques, prendre en compte les avantages des différentes procédures et justifier la procédure demandée.

La première étape de cette communication réciproque porte sur l'orientation ou la demande. Il s'agit d'une demande d'avis du médecin demandeur au praticien radiologue concernant le meilleur examen diagnostique et pour l'interprétation de cet examen. La demande doit présenter les informations cliniques pertinentes destinées à communiquer l'éventualité d'un état de santé, et la question clinique à laquelle la procédure doit répondre. En émettant une demande, le médecin demandeur doit se demander si l'examen est vraiment nécessaire, s'il est nécessaire maintenant et s'il s'agit de l'examen le plus approprié pour ce patient spécifique (voir **Tableau 9**). Il doit être fait référence à des diagnostics précédents pour éviter de dupliquer les doubles emplois et

⁹ Tels que défini à la **section 2.1.1** : « Individu officiellement reconnu apte, au travers de procédures nationales adaptées, à pratiquer une profession en rapport avec la santé (médecine, dentisterie, chiropraxie, podologie, soins infirmiers, physique médicale, électroradiologie médicale, radiopharmacie, santé au travail) » (BSS, 2014)

Figure 16 : plusieurs parties prenantes sont impliquées dans la communication sur les bénéfices et les risques liés aux rayonnements en imagerie pédiatrique



préciser l'éventualité de la maladie. Le choix de la procédure demandée peut être évident pour la pratique courante, mais il faut suivre les conseils des recommandations relatives aux demandes d'examen, le système d'aide à la décision clinique ou autres règles des systèmes électroniques de demandes. Dans le cas de procédures à dose élevée et/ou inhabituelles (ou si les recommandations existantes sont limitées), une discussion directe lors de réunions pluridisciplinaires ou par téléphone peut être utile.

Si une discussion directe est impossible ou inutile, le praticien radiologue justifiant l'examen doit pouvoir continuer le dialogue par le biais des plateformes systèmes électroniques de demande, notamment lorsque la modification d'une procédure demandée est essentielle pour les soins au patient. Participer dans un dialogue basé sur l'efficacité de l'examen et la sécurité radiologique aidera le cas individuel du patient et encouragera aussi la culture de sécurité radiologique en

général. L'implication du patient pédiatrique ou des parents/aidants dans ces discussions est susceptible de faciliter la prise de décision, de faciliter un processus décisionnel éclairé et d'améliorer la compréhension de la procédure ainsi que les bénéfices recherchés.

3.3.3 Dialogue entre le personnel d'imagerie médicale et l'administration du centre médical

Des discussions entre le personnel d'imagerie médicale et les responsables du centre médical peuvent aider à maximiser les bénéfices et minimiser le risque associé à l'exposition des patients pédiatriques aux rayonnements. Ces discussions doivent porter sur différents sujets :

1. Planification et équipement des installations d'imagerie pour garantir que les appareils disposent de la technologie nécessaire pour encourager l'optimisation de la radioprotection des enfants.
2. Création d'un environnement dans les centres d'imagerie qui ne soit pas inquiétant et aide à calmer les patients pédiatriques, grâce à une conception et une décoration appropriées.
3. Garantie de mise en place et de respect des mesures appropriées d'assurance et d'amélioration de la qualité par tout le personnel impliqué dans l'imagerie pédiatrique.
4. Encouragement à utiliser les recommandations fondées sur des preuves pour justifier des examens d'imagerie pédiatrique.
5. Garantie que les appareils et protocoles d'imagerie fournissent une qualité d'image adéquate aux fins cliniques à la plus faible dose acceptable et que les niveaux de référence diagnostiques en pédiatrie sont appliqués, lorsqu'ils sont disponibles.
6. Prise en compte de l'éducation et de la formation à la radioprotection, la prévention des risques et la communication sur les risques pour faciliter le dialogue bénéfices-risques sur les rayonnements dans un cadre clinique pédiatrique.
7. Application de programmes d'audit clinique qui incluent l'imagerie pédiatrique.
8. Gestion des conflits potentiels entre les pressions financières et la pertinence des examens.
9. Garantie du respect par l'établissement des normes et protocoles de radioprotection.
10. Promotion et mise en place d'une culture de sécurité dans des centres d'imagerie.

3.3.4 Dialogue entre les autres professionnels de santé impliqués dans les soins de santé pédiatriques

La sécurité et la qualité en imagerie pédiatrique requièrent l'implication de plusieurs professionnels de santé. Le personnel d'imagerie médicale compte une équipe pluridisciplinaire de professionnels de santé, dont des praticiens radiologues, manipulateurs/techniciens en radiologie, physiciens médicaux et du personnel infirmier. Certains examens d'imagerie pour les enfants sont parfois réalisés à l'extérieur des services de radiologie. Comme abordé à la section 2.1, le terme praticien radiologue inclut non seulement les spécialistes classiques qui utilisent les rayonnements ionisants dans le cadre des soins de santé (radiologues, médecins nucléaires, médecins interventionnels), mais également les dentistes, cardiologues, urologues, gastroentérologues, orthopédistes, chirurgiens, neurologues et autres. Dans certains pays, les cliniciens réalisent des procédures d'imagerie classiques, comme des radiographies thoraciques, dans leurs propres locaux. Tous les spécialistes ont un rôle à jouer dans le dialogue bénéfices-risques sur les rayonnements.

Ce dialogue important doit s'installer entre les médecins urgentistes et les praticiens radiologues, en amont de la situation d'urgence sur le point d'intervention. Les examens d'imagerie ne devraient pas être demandés avant que le patient ait consulté un médecin. Les recommandations relatives aux demandes d'examen et à leur pertinence devraient être suivies lors de la demande d'un examen. Cette discussion est essentielle pour établir un parcours de soins sûr pour le pa-

tient lorsque l'urgence des soins immédiats empêche une discussion approfondie avec le patient. Les questions incluent la justification et l'optimisation d'un scanner de l'enfant souffrant de blessures multiples ou le choix d'une échographie et d'un scanner pour une douleur abdominale aiguë chez un patient pédiatrique.

D'autres professionnels impliqués dans les soins au patient sont les décideurs politiques, les régulateurs, les fabricants de matériels et le personnel de l'assistance informatique médicale. Par exemple, le dialogue entre les fabricants, les praticiens radiologues et les médecins médicaux devrait porter sur la façon de garantir que le matériel d'imagerie est conçu en vue de l'imagerie des adultes et des enfants, et qu'ils incluent les bons protocoles et algorithmes de réduction des doses pédiatriques.

Les examens d'imagerie pour les patients pédiatriques, quel que soit l'endroit où ils sont réalisés, doivent prendre en compte les besoins spécifiques de ces patients. La plupart sont réalisés dans des centres principalement conçus pour l'imagerie adulte. L'imagerie pédiatrique est idéalement réalisée dans des services de radiologie qui incluent un service pédiatrique normal.

3.3.5 Le rôle de la santé publique dans le dialogue bénéfices-risques

Les organisations internationales, autorités de santé, instances réglementaires et organismes de recherche jouent un rôle important dans la communication et l'explication des bénéfices et des risques associés à l'imagerie médicale. Comme indiqué à la section 3.3.1, les nouvelles normes BSS abordent explicitement le dialogue bénéfices-risques entre les patients et les professionnels de santé. Ainsi, les BSS exigent qu'aucun patient, qu'il soit symptomatique ou asymptomatique, ne soit exposé médicalement à moins, entre autres, que le patient ou son représentant légal ait été informé du diagnostic ou des bénéfices thérapeutiques attendus de la procédure radiologique ainsi que des risques liés aux rayonnements. Il est donc de la responsabilité des gouvernements et des instances réglementaires de soutenir les dispositions de radioprotection et de sécurité. Considérés généralement comme une source fiable d'informations, les décideurs politiques et décisionnaires ont l'opportunité d'encourager toutes les parties prenantes à reconnaître les bénéfices et les risques associés à une exposition médicale des enfants aux rayonnements et à joindre leurs efforts en vue d'une utilisation appropriée de l'imagerie pédiatrique afin d'améliorer la sécurité radiologique et la qualité des soins de santé. Les étudiants en médecine et autres professionnels de santé en formation sont un public spécifique que les autorités de santé peuvent toucher par différents canaux de communication. Il est essentiel d'apprendre aux étudiants en médecine et aux autres professionnels de santé en formation à la fois les bénéfices et les risques associés aux examens d'imagerie, car cela les aidera à comprendre le besoin de justification de tous les examens d'imagerie, en leur inculquant une culture d'un usage justifié des modalités d'imagerie.

Grâce à une stratégie efficace de communication sur les risques, les sociétés et associations professionnelles et d'autres organisations concernées (associations de patients par exemple) peuvent faire valoir que tous les examens d'imagerie sont justifiés et que les stratégies de réduction des doses sont mises en œuvre pour toute l'imagerie pédiatrique. Les autorités de santé ont la responsabilité d'encourager l'optimisation des doses, l'utilisation des registres de dose pour les niveaux de référence diagnostiques et l'application des recommandations relatives aux demandes d'examen en médecine. Ils ont également l'opportunité d'éduquer le public par le biais de campagnes efficaces d'éducation et de sensibilisation. Les patients doivent savoir qu'ils peuvent, et doivent, demander à leur médecin pourquoi un examen d'imagerie est recommandé, et éviter ceux qui ne sont pas justifiés. Il est de la plus haute importance que les patients et leurs familles comprennent les bénéfices et les risques associés aux procédures d'imagerie pour ne pas refuser les examens d'imagerie médicale nécessaires, ni compromettre ou retarder inutilement une intervention rapide et des soins optimisés chez un enfant malade.

Références

- Accorsi R, Karp JS, Surti S (2010). Improved dose regimen in pediatric PET. *J Nucl Med.* 51(2):293-300.
- ACR (2015). American College of Radiology's Appropriateness Criteria® guidance for right lower quadrant pain, variant 4. (<http://www.acr.org/~media/ACR/Documents/AppCriteria/Diagnostic/RightLowerQuadrantPainSuspectedAppendicitis.pdf>, accessed 26 December 2015).
- Alqerban et al. (2009). In-vitro comparison of 2 cone-beam computed tomography systems and panoramic imaging for detecting simulated canine impaction-induced external root resorption in maxillary lateral incisors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 136(6):764.e1- 11; discussion 764-5.
- Bacher K et al. (2005). Patient-specific dose and radiation risk estimation in pediatric cardiac catheterization. *Circulation.* 111:83-89.
- Baker DP et al. (2005). The role of teamwork in the professional education of physicians: current status and assessment recommendations. *Jt Comm J Qual Patient Saf.* 31(4):185- 202.
- Baker DP et al. (2006). Teamwork as an essential component of high-reliability organizations. *Health Serv Res.* 41(4 pt 2):1576-1598.
- BEIR (2006). Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation: BEIR VII Phase 2. Washington DC: National Academy of Sciences.
- Boice Jr JD (2015). Radiation epidemiology and recent pediatric computed tomography studies. *Ann ICRP.* 44(1):236-248.
- Bourguignon et al. (2005). Genetic and epigenetic features in radiation sensitivity. Part II: implications for clinical practice and radiation protection. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 32:351-368.
- Brenner D, Elliston C, Hall E, Berdon W (2001). Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT. *Am J Roentgenol.* 176:289-96.
- Brenner D (2002). Estimating cancer risks from pediatric CT: going from the qualitative to the quantitative. *Pediatr Radiol.* 32:228-231.
- Brenner D et al. (2003). Cancer risks attributable to low doses of ionizing radiation: assessing what we really know. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 100(24):13761-13766.
- Brenner D, Hall EJ (2007). Computed tomography – an increasing source of radiation exposure. *N Engl J Med.* 357:2277-2284.
- Broder JS et al. (2007). Increasing utilization of computed tomography in the pediatric emergency department 2000-2006. *Emerg Radiol.* 14:227-232.
- Broder JS and Frush DP (2014). Content and style of radiation risk communication for pediatric patients. *J Am Coll Radiol.* 11:238-242.
- Brody AS, Frush DP, Huda W, Brent RL (2007). Radiation risk to children from computed tomography. *Pediatrics.* 120(3):677-682.

- Brody AS and Guillerman RP (2014). Don't let radiation scare trump patient care: 10 ways you can harm your patients by fear of radiation-induced cancer from diagnostic imaging. *Thorax*. 69(8):782-784.doi:10.1136/thoraxjnl-2014-205499.
- BSS (2014). International Atomic Energy Agency, Radiation protection and safety of radiation sources: International Basic Safety Standards. IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3, IAEA, Vienna (<http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/8930/Rayonnement-Protection-and-Safety-of-Rayonnement-Sources-International-Basic-Safety-Standards>, accessed 14 January 2016).
- Butikofer R and Fluckiger EO (2011). Radiation doses along selected flight profiles during two extreme solar cosmic ray events. *Astrophys Space Sci Trans*. 7:105-109 (<http://www.astro-physics-space-sci-trans.net/7/105/2011/astra-7-105-2011.pdf>, accessed 20 December 2015).
- Chodick G, Ronckers CM, Shalev V, Ron E (2007). Excess lifetime cancer mortality risk attributable to radiation exposure from computed tomography examinations in children. *Israel Medical Association Journal*. 9:584-587.
- Dauer LT et al. (2011). Fears, feelings, and facts: interactively communicating benefits and risks of medical radiation with patients. *AJR*. 196:756-761.
- Double EB et al. (2011). Long-term radiation -related health effects in a unique human population: lessons learned from the atomic bomb survivors of Hiroshima and Nagasaki. *Disaster Med Public Health Preparedness*. 5:S122-S133.
- European Commission (2004). European guidelines on radiation protection in dental radiology - The safe use of radiographs in dental practice. Issue N° 136 of Radiation Protection. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities (<https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/136.pdf>, accessed 20 December 2015).
- European Commission (2012). Radiation Protection 172, 2012; Cone beam CT for dental and maxillofacial radiology – Evidence-based guidelines. Issue N° 172 of Radiation Protection. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities (http://www.se-dentext.eu/files/rayonnement_protection_172.pdf, accessed 21 December 2015).
- EPA (2007). Communicating radiation risks. Washington DC: U.S. Environmental Protection Agency.
- Eccles S et al. (2001). Effect of audit and feedback, and reminder messages on primary-care radiology referrals: a randomised trial. *Lancet*. 357:1406-1409.
- Fahey FH, Treves ST & Adelstein SJ (2011). Minimizing and communicating radiation risk in pediatric nuclear medicine. *J Nucl Med*. 52:1240-1251. (<http://www.imagegently.org/Portals/6/Nuclear%20Medicine/Rayonnement%20dose%20and%20risk%20ref%202.%20J%20Nucl%20Med-2011-Fahey-1240-51%20.pdf>, accessed 15 December 2015).
- Frush DP, Applegate K (2004). Computed tomography and radiation: understanding the issues. *J Am Coll Radiol*. 1:113-119.
- Frush DP, Donnelly LF & Rosen NS (2003). Computed tomography and radiation risks: what pediatric health care providers should know. *Pediatrics*. 112:951-957.
- Galanski M, Nagel HD & Stamm G. Paediatric CT exposure practice in the Federal Republic of Germany – results of a nation-wide survey in 2005/06. (http://www.mh-hannover.de/fileadmin/kliniken/diagnostische_radiologie/download/Report_German_Paed-CT-Survey_2005_06.pdf, accessed 20 December 2015).
- Gelfand MJ, Parisi MT & Treves T (2011). Pediatric Radiopharmaceutical Administered Doses: 2010 North American Consensus Guidelines. *J Nucl Med*. 52:318-322. (http://www.imagegently.org/Portals/6/Procedures/Pediatric_dose_consensus_guidelines_Final_2010.pdf, accessed 23 December 2015).

- Guillerman RP (2014). From “Image Gently” to image intelligently: a personalized perspective on diagnostic radiation risk. *Pediatr Radiol.* 44(3):S444-S449.
- Hadley JL, Agola J & Wong P (2006). Potential impact of the American College of Radiology appropriateness criteria on CT for trauma. *AJR.* 186:937-942.
- ICRP (2001). Explanatory note: Diagnostic reference levels in medical imaging: review and additional advice. International Commission on Radiological Protection (http://www.icrp.org/docs/DRL_for_web.pdf, accessed 25 December 2015).
- ICRP (2007a). ICRP Publication 103: The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection [Recommandations 2007 de la Commission internationale de protection radiologique]. *Ann ICRP.* 37(2-4).
- ICRP (2007b). ICRP Publication 105: Radiological protection in medicine. *Ann ICRP.* 37(6).
- ICRP (2012). ICRP Publication 118: ICRP statement on tissue reactions / early and late effects of radiation in normal tissues and organs – threshold doses for tissue reactions in a radiation protection context. *Ann ICRP.* 41(1/2).
- ICRP (2013a). ICRP Publication 120: Radiological protection in cardiology [Protection radiologique en cardiologie]. *Ann ICRP.* 42(1).
- ICRP (2013b). ICRP Publication 121: Radiological protection in paediatric diagnostic and interventional radiology. *Ann ICRP.* 42(2).
- Miller D et al. (2010). Clinical radiation management for fluoroscopically guided interventional procedures. *Radiology.* 257(2):321-332.
- Johnson JN et al. (2014). Cumulative radiation exposure and cancer risk estimation in children with heart disease. *Circulation.* 130(2):161-167 (<http://pubs.rsna.org/doi/full/10.1148/radiol.10091269>, accessed 26 December 2015).
- Kawamoto K et al. (2005). Improving clinical practice using clinical decision support systems: a systematic review of trials to identify features critical to success. *BMJ.* 330(7494):765.
- Lam DL et al. (2015). Communicating potential radiation-induced cancer risks from medical imaging directly to patients. *AJR.* 205:1-9. doi:10.2214/AJR.15.15057.
- Larson DB et al. (2007). Informing parents about CT radiation exposure in children: it’s ok to tell them. *AJR.* 189:271-275.
- Larson DB et al. (2015). Toward large-scale process control to enable consistent CT radiation dose optimization. *AJR.* 204(5):959-66.
- Lassmann M et al. (2007). The new EANM paediatric dosage card. *Eur J Nucl Med Mol Imag.* 34(5):796-798.
- Lassmann M et al. (2008). The new EANM paediatric dosage card: additional notes with respect to F-18. *Eur J Nucl Med Mol Imag.* 34(5):796-798.
- Lassmann M et al. (2014). Paediatric radiopharmaceutical administration: harmonization of the 2007 EANM paediatric dosage card (version 1.5.2008) and the 2010 North American consensus guidelines. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 41(5):1036-1041.
- Lau L & Ng KH, eds. (2014). *Radiological safety and quality – paradigms in leadership and innovation.* London: Springer.
- Levetown M (2008). Communicating with children and families: from everyday interaction to skill in conveying distressing information. *Pediatrics.* 121(5):e1441-1460.
- Lee C et al. (2004). Diagnostic CT scans: assessment of patient, physician, and radiologist awareness of radiation dose and possible risks. *Radiology.* 231(2):393-398.

- Linton OW & Mettler FA (2003). National conference on dose reduction in CT, with emphasis on pediatric patients. *AJR*. 181:321-329 (<http://imaging.cancer.gov/programmesandresources/reportsandpublications/NationalConferenceonDoseReductioninCT>, accessed 22 December 2015).
- Lonelly LF et al. (2008). IRQN Award Paper: Operational rounds: a practical administrative process to improve safety and clinical services in radiology. *J Am Coll Radiol*. (5)11:1142-1149.
- Lonelly LF et al. (2009). Improving patient safety: effects of a safety program on performance and culture in a department of radiology. *AJR*.193:165-171.
- Matthews JD et al. (2013). Cancer risk in 680000 people exposed to computed tomography scans in childhood or adolescence: data linkage study of 11 million Australians. *BMJ*. 346:f2360 (<http://www.bmj.com/content/346/bmj.f2360>, accessed 27 December 2015).
- McCullough CH, Bushberg JT, Fletcher JG, Eckel LJ (2015). Answers to common questions about the use and safety of CT scans. *Mayo Clin Proc*. 90(10):1380-1392.
- Mettler FA Jr, Wiest PW, Locken JA, Kelsey CA (2000). CT scanning: patterns of use and dose. *J Radiol Prot*. 20:353-359.
- Mettler FA Jr, Huda W, Yoshizumi TT, Mahesh M (2008). Effective doses in radiology and diagnostic nuclear medicine: a catalogue. *Radiology*. 248(1):254-263.
- Michie S & Johnston M (2004). Changing clinical behaviour by making guidelines specific. *BMJ*. 328:343-345.
- Miglioretti DL et al. (2013). The use of computed tomography in pediatrics and the associated radiation exposure and estimated cancer risk. *JAMA Pediatrics*. 167(8):700-707. doi:10.1001/jamapediatrics.2013.311 (<http://archpedi.jamanetwork.com/article.aspx?articleid=1696279>, accessed 22 December 2015).
- Muhogora WE et al. (2010). Paediatric CT examinations in 19 developing countries: frequency and radiation dose. *Radiation Protection Dosimetry*. 140(1):49-58.
- Mulkens TH et al. (2005). Comparison of effective doses for low-dose MDCT and radiographic examination of sinuses in children. *AJR*.184:1611-1618.
- NCRP (2003). Report 145: Radiation protection in dentistry. Bethesda: National Council on Radiation Protection and Measurements.
- NCRP (2009). Report 160: Ionizing radiation exposure of the population of the United States. Bethesda: National Council on Radiation Protection and Measurements.
- NCRP (2011). Report 168: Radiation dose management for fluoroscopically-guided interventional medical procedures. Bethesda: National Council on Radiation Protection and Measurements.
- NHS (2000). An organisation with a memory – Report of an expert group on learning from adverse events in the NHS. London: Department of Health.
- Oakeshott P, Kerry SM, Williams JE (1994). Randomized controlled trial of the effect of the Royal College of Radiologists' guidelines on general practitioners' referrals for radiographic examination. *Br J Gen Pract*. 44(382):197-200.
- Oikarinen H, Meriläinen S, Pääkkö E, Karttunen A, Nieminen MT, Tervonen O (2009). Unjustified CT examinations in young patients. *Eur Radiol*. 19:1161-1165 (<http://link.springer.com/article/10.1007/s00330-008-1256-7#page-1>, accessed 14 January 2016).
- Pearce M et al. (2012). Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study. *Lancet*. 380(9840):499-505 ([http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60815-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60815-0), accessed 21 December 2015).

- Perez MR (2015). Referral criteria and clinical decision support: radiological protection aspects for justification. *Ann ICRP*. 44(1):276-287.
- Picano E (2004). Informed consent and communication of risk from radiological and nuclear medicine examinations: how to escape from a communication inferno. *BMJ*. 329(7470):849-851.
- Raja AS et al. (2012). Effect of computerized clinical decision support on the use and yield of CT pulmonary angiography in the emergency department. *Radiology*. 262(2):468-74 (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3267081/>, accessed 19 December 2015).
- RCR (1993). Royal College of Radiologists Working Party. Influence of Royal College of Radiologists' guidelines on referral from general practice. *BMJ*. 306(6870):110-1 ([http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8435606?ordinalpos=1&itool=EntrezSyst...\\$=relatedarticles&logdbfrom=pubmed](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8435606?ordinalpos=1&itool=EntrezSyst...$=relatedarticles&logdbfrom=pubmed), accessed 25 December 2015).
- RCR (1994). Royal College of Radiologists' guidelines on general practitioners' referrals for radiographic examination. *Br J Gen Pract*. 44(386):427-8 (<http://www.pubmedcentral.nih.gov/picrender.fcgi?artid=1238864&blobtype=pdf>, accessed 23 December 2015).
- RCR (2012). The Royal College of Radiologists. iRefer: making the best use of clinical radiology, 7th edition. London: The Royal College of Radiologists (<http://www.rcr.ac.uk/content.aspx?PageID=995>, accessed 23 December 2015).
- Rehani M & Frush DP (2010). Tracking radiation exposure of patients. *Lancet*. 376(9743):754-755.
- Rehani M & Frush DP (2011). Patient exposure tracking: the IAEA smart card project. *Radiat Prot Dosimetry*. 147:314-316.
- Rehani M, Frush DP, Berris T, Einstein AJ (2012). Patient radiation exposure tracking: worldwide programs and needs—results from the first IAEA survey. *Eur J Radiology*. 81(10):968-976.
- Riccabona M (2006). Modern paediatric ultrasound: potential applications and clinical significance. A review. *Clinical Imaging*. 30(2):77-86.
- Sandman P (1993). Responding to community outrage: strategies for effective risk communication. Falls Church (VA): American Industrial Hygiene Association (<http://psandman.com/media/RespondingtoCommunityOutrage.pdf>, accessed 25 January 2016).
- Scally G and Donaldson LJ (1998). The NHS's 50 anniversary. Clinical governance and the drive for quality improvement in the new NHS in England. *BMJ*. 317(7150):61-5.
- Seuri R et al. (2013). How Tracking Radiologic Procedures and Dose Helps: Experience From Finland. *AJR*. 200(4):771-775.
- Shenoy-Bhangle A, Nimkin K, Gee MS (2010). Pediatric imaging: current and emerging techniques. *J Postgrad Med*. 56(2):98-102.
- Sidhu M. et al. (2010). Radiation safety in pediatric interventional radiology. *Tech Vasc Inter Radiol*. 13:158-166.doi: 10.1053/j.tvir.2010.03.004.
- Sistrom CL, Dang PA, Weilburg JB, Dreyer KJ, Rosenthal DI, Thrall JH (2009). Effect of computerized order entry with integrated decision support on the growth of outpatient procedure volumes: seven-year time series analysis. *Radiology*. 251(1):147-155. (<http://pubs.rsna.org/doi/abs/10.1148/radiol.2511081174>, accessed 23 December 2015).
- Sistrom CL, Weilburg JB, Rosenthal DI, Dreyer KJ, Thrall JH (2014). Use of imaging appropriateness criteria for decision support during radiology order entry: the MGH experience. In : Lau L and Ng KH, eds. *Radiological safety and quality – Paradigms in leadership and innovation*. London: Springer.

- Smans K et al. (2008). Calculation of organ doses in x-ray examinations of premature babies. *Med Phys.* 35(2):556-68.
- Sokol DK (2013). "First do no harm" revisited. *BMJ.* 347:f6426. doi:<http://dx.doi.org/10.1136/bmj.f6426>.
- Strauss KJ et al. (2010). Image Gently: ten steps you can take to optimize image quality and lower CT dose for pediatric patients. *AJR.* 194:868-873.
- Strauss KJ, Frush DP and Gosse MJ (2015). Image Gently campaign: making a world of difference. *Medical Physics International Journal* 3(2) (<http://mpijournal.org/pdf/2015-02/MPI-2015-02-p094.pdf>, accessed 8 February 2016).
- Swanick CW et al. (2013). Comparison of Conventional and Simulated Reduced-Tube Current MDCT for Evaluation of Suspected Appendicitis in the Pediatric Population. *AJR Am J Roentgenol.* 201(3): 651–658.
- Tsapaki V et al. (2009). Radiation exposure to patients during interventional procedures in 20 countries: initial IAEA project results. *AJR.* 193(2):559-569. doi: 10.2214/AJR.08.2115.
- Thomas KE et al. (2006). Assessment of radiation dose awareness among paediatricians. *Pediatric Radiology.* 36(8):823-832.
- Thornton RH et al. (2015). Patient perspectives and preferences for communication of medical imaging risks in a cancer care setting. *Radiology.* 275(2):545-52.
- Uffmann M & Schaefer-Prokop C (2009). Digital radiography: the balance between image quality and required radiation dose. *Eur J Radiol.* 72:202-208.
- UNSCEAR (2000). Sources and effects of ionizing radiation. Volume I: Sources. UNSCEAR 2000 Report. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. 2000 Report to the General Assembly, with scientific annexes. New York: United Nations.
- UNSCEAR (2008). UNSCEAR 2006 Report. Effects of ionizing radiation. Volume I: Report to the General Assembly, Scientific Annexes A and B. UNSCEAR 2006 Report. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. New York: United Nations.
- UNSCEAR (2010). UNSCEAR 2008 Report. Sources and effects of ionizing radiation. Volume I: Sources: Report to the General Assembly, Scientific Annexes A and B. UNSCEAR 2008 Report. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. New York: United Nations.
- UNSCEAR (2013). UNSCEAR 2013 Report. Sources, effects and risks of ionizing radiation. Volume II: Scientific Annex B: Effects of radiation exposure of children. UNSCEAR 2013 Report. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. New York: United Nations.
- Vassileva J et al. (2012). IAEA survey of pediatric CT practice in 40 countries in Asia, Europe, Latin America, and Africa: Part 1, frequency and appropriateness. *AJR.* 198(5):1021- 1031. doi:10.2214/AJR.11.7273.
- WHO (2006). Quality of care – a process for making strategic choices in health systems. Geneva: World Health Organization.
- WHO (2015a). World Health Statistics. Luxembourg: World Health Organization.
- WHO (2015b). Tracking universal health coverage: first global monitoring report. Geneva: World Health Organization.
- Zou L et al. (2011). Medical students' preferences in radiology education a comparison between the Socratic and didactic methods utilizing PowerPoint features in radiology education. *Acad Radiol.* 18(2):253-6. doi: 10.1016/j.acra.2010.09.005.

Annexes

Annexe A: Abréviations

Annexe B: Glossaire

Annexe C: Ressources complémentaires

Annexe A. Abréviations

ALARA	aussi bas que raisonnablement possible
BSS	<i>basic safety standards</i> (normes fondamentales de sûreté)
CBCT	<i>cone-beam computed tomography</i> (tomographie par faisceau conique)
CDS	<i>clinical decision support</i> (aide à la décision clinique)
CR	<i>computed radiography</i> (radiographie numérique)
TDM	tomodensitométrie ou scanographie
DITTA	<i>Diagnostic Imaging, Healthcare IT and Radiation Therapy Trade Association</i>
DPS	désintégrations par seconde
DR	<i>digital radiography</i> (radiographie numérique)
NRD	niveau de référence diagnostique
FDG	fluorodésoxyglucose
CIPR	Commission internationale de protection radiologique
IOMP	Organisation internationale de physique médicale
ISR	Société internationale de radiologie
ISRRT	Société internationale des manipulateurs et techniciens en radiologie
LAR	risque attribuable vie entière
LBR	risque de base vie entière
IRM	imagerie par résonance magnétique
MSCT	scanner multiscoupe
PA	postérieur antérieur
TEP	tomographie par émission de positons
PFPS	<i>Patients for Patients Safety</i> (Patients pour la sécurité des patients)
RCR	Collège Royal des Radiologues
TEMP	tomographie d'émission monophotonique
ONU	Organisation des Nations Unies
UNICEF	Fonds des Nations Unies pour l'enfance
UNSCEAR	Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants
US	ultrasons
OMS	Organisation mondiale de la Santé
WONCA	Organisation mondiale des collèges nationaux, académies et associations académiques des généralistes et des médecins de famille

Annexe B. Glossaire

Ce document contient des termes couramment utilisés dans le domaine de la radioprotection mais qui ne sont pas nécessairement bien connus des professionnels de santé. Le présent glossaire en contient quelques-uns pour expliquer leur sens au lecteur dans le contexte de ce document. Les définitions d'autres termes pertinents figurent dans d'autres publications telles que les BSS (2014) citées dans le rapport et :

- OMS (2009). Cadre conceptuel de la Classification internationale pour la sécurité des patients. Genève : Organisation mondiale de la Santé (http://www.who.int/patientsafety/implementation/taxonomy/icps_technical_report_en.pdf, accessible le 28 janvier 2016).
- AIEA (2007). Glossaire de sûreté de l'AIEA Terminologie utilisée en sûreté nucléaire et radioprotection. Vienne : Agence internationale de l'énergie atomique (http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1290_web.pdf, accessible le 28 janvier 2016).

Âge à l'exposition : âge d'un individu au moment de l'exposition aux rayonnements. Les modèles de risque de cancer basés sur les données épidémiologiques humaines prédisent que les risques vie entière sont plus grands pour une exposition à des âges plus jeunes qu'à des âges plus élevés.

Aidant : personne qui aide volontairement et bénévolement (autre que dans le cadre professionnel) aux soins, soutient et réconforte des patients qui subissent des procédures médicales radiologiques. On les appelle aussi « soignants » ou « auxiliaires de vie ». Annexes

Becquerel : unité d'activité égale à une désintégration par seconde dans le système international.

Cancer : groupe de maladies apparentées caractérisées par le développement incontrôlé de cellules anormales.

Carcinogène : agent physique, chimique ou biologique capable de provoquer un cancer.

Coefficients de dose : facteurs utilisés pour convertir la quantité de substances radioactives incorporées (incorporation des radionucléides) en dose présente dans les tissus ou les organes, ou dans l'ensemble de l'organisme. Ces facteurs (aussi appelés « facteurs de conversion de dose ») peuvent dépendre du radionucléide, du mode d'incorporation (inhalation, ingestion), du composé chimique et de l'âge de la personne. S'exprime généralement en dose par unité d'incorporation, par exemple en sieverts par becquerel (Sv/Bq).

Danger : type et nature des effets indésirables d'un agent, capacité inhérente de nocivité dans un organisme, un système ou une (sous-)population. L'identification des dangers constitue la première étape du processus d'évaluation des risques.

Débit de dose : dose délivrée par unité de temps.

Demandeur : également appelé « médecin demandeur ». Professionnel de santé qui, conformément aux exigences nationales, peut orienter un individu vers un praticien radiologue pour une procédure médicale utilisant des rayonnements ionisants (par exemple pour une procédure radiologique diagnostique ou thérapeutique).

Dose à un organe : dose absorbée moyenne à un tissu ou un organe spécifié de l'organisme humain. Parfois appelée « dose au tissu ».

Dose absorbée: énergie moyenne transmise par le rayonnement ionisant à un milieu irradié par unité de masse.

Dose efficace: somme des produits de la dose absorbée à chaque organe multipliée par un facteur de pondération radiologique et un facteur de pondération tissulaire qui tient compte de la radiosensibilité des tissus et des organes. Terme associé: dose absorbée.

Dose équivalente: dose absorbée moyenne à l'organe ou au tissu à laquelle s'applique un facteur de pondération radiologique qui varie en fonction du type de rayonnement et qui est lié à la densité d'ionisation créée.

Dose: terme général indiquant la quantité de rayonnements ou d'énergie absorbée par une cible. Termes associés: dose absorbée, dose engagée, estimation de la dose, dose efficace.

Effet stochastique: effet indésirable des rayonnements ionisants dû à la transformation d'une cellule unique, qui peut entraîner un risque accru de maladie longtemps après une exposition. Ces effets sont probabilistes et incluent le cancer et des effets héréditaires. À faibles doses, les risques liés aux rayonnements sont essentiellement stochastiques, notamment le cancer.

Effet sur la santé: modification de l'état de santé d'un individu ou d'une population, identifiable grâce à des méthodes diagnostiques ou épidémiologiques.

Effets à long terme: effets indésirables qui surviennent durant une longue période de temps après une exposition (de quelques années à la vie entière).

Effets aigus: effets indésirables qui surviennent après une courte période de temps (de quelques minutes à quelques jours) après une exposition.

Effets déterministes: effet sanitaire dont la gravité varie en fonction de la dose et qui ne survient généralement que lorsqu'un niveau de dose (seuil) est dépassé. Les effets déterministes sont également appelés « réactions tissulaires » ou effets non stochastiques.

Effets tardifs: effets des rayonnements qui apparaissent après une période de latence sans symptôme de plusieurs mois ou plusieurs années.

Enfant: dans le contexte de ce document, personne de moins de 18 ans. Dans le contexte de la loi et des droits humains, l'UNICEF définit un enfant comme une personne de moins de 18 ans, sauf si les lois d'un pays fixent l'âge de la majorité à un plus jeune âge.

Estimation de la dose: valeur représentative de la dose reçue dans une situation particulière d'exposition. Ce sont des calculs approximatifs de valeurs types plus que des doses réelles (par exemple, des estimations de la dose d'un patient pour différentes procédures d'imagerie médicale). Voir également « dose ».

Estimation du risque de cancer: probabilité de développer un cancer dû à une exposition à des rayonnements sur une période de temps.

Évaluation de la dose: évaluation de la dose reçue par un individu ou un groupe d'individus.

Exposition aiguë: exposition de courte durée par rapport à la vie d'une personne ou d'un organisme, consistant généralement en une exposition ou dose unique administrée à des êtres humains pendant 24 heures ou moins.

Exposition externe (voir « exposition »)

Exposition interne (voir « exposition »)

Exposition: Fait ou situation de soumission à une irradiation provenant d'une source externe (exposition externe) ou interne (exposition interne) à l'organisme.

Famille: parents ou autre proches impliqués dans les soins d'un enfant (voir aidants).

Latence: durée entre l'exposition à un danger potentiel (par exemple une exposition aux rayonnements) et l'apparition d'un effet sur la santé associé.

Limite de dose : dans les situations d'exposition planifiées, valeur de la dose efficace ou de la dose équivalente à des individus qui ne doit pas être dépassée. Les limites de dose s'appliquent aux expositions de travailleurs ou de la population, mais pas aux expositions médicales.

Manipulateur en électroradiologie : (voir « technicien en radiologie »)

Médecin généraliste : médecin qui exerce la médecine de famille/générale en tant que spécialité clinique orientée vers les soins primaires. Voir également « médecin traitant ».

Médecin nucléaire : médecin qui utilise les matières radioactives, ou radiopharmaceutiques, pour produire des images des organes du corps ou traiter une maladie.

Médecin traitant : médecin qui exerce la médecine de famille/générale en tant que spécialité clinique orientée vers les soins primaires. Voir également « médecin généraliste ».

Modèle de risque : fonction mathématique qui permet de calculer l'importance des risques associés à une exposition donnée.

Modèle linéaire sans seuil : modèle de risque qui suppose que les effets sur la santé sont directement proportionnels à la dose pour tous les niveaux de dose (c'est-à-dire une relation dose-réponse linéaire), sans seuil au-dessous duquel les effets ne sont pas attendus.

Modélisation (modélisation des risques) : relation quantitative établie grâce à des fonctions mathématiques pour calculer l'importance des risques associés à une exposition estimée.

Pédiatre : médecin qui prend en charge la santé physique, comportementale et mentale des enfants de la naissance jusqu'à l'âge de 18 ans dans le cadre d'une spécialité orientée vers les soins primaires à l'enfant. Des médecins sont spécialisés dans différentes sous-spécialités pédiatriques (par exemple cardiopédiatrie, neuropédiatrie, chirurgie pédiatrique, etc.). La radiologie pédiatrique est une sous-spécialité de la radiologie.

Pédiatrie : se réfère aux enfants (c'est-à-dire aux patients de moins de 18 ans).

Période (voir également période effective) : temps nécessaire pour qu'une quantité de matière déterminée (par exemple un radionucléide) dans un endroit déterminé soit réduite de moitié par un ou des processus déterminé(s) suivant la même loi exponentielle que la décroissance radioactive.

Période effective (voir également « période ») : temps nécessaire pour que l'activité d'un radionucléide dans l'organisme soit réduite de moitié par tous les processus en jeu (décroissance radioactive, période biologique). La période physique est le temps nécessaire pour que l'activité d'un radionucléide spécifique soit réduite de moitié, par un processus de décroissance radioactive. La période biologique est le temps nécessaire pour qu'une quantité de matière radioactive dans un tissu, un organe ou une partie du corps soit réduite de moitié par des processus biologiques.

Physicien médical : professionnel de santé ayant une éducation et une formation spécialisées dans les concepts et les techniques d'application de la physique à la médecine et compétent pour pratiquer indépendamment un ou plusieurs sous-domaines (spécialités) de la physique médicale (par exemple la radiologie diagnostique, la radiothérapie, la médecine nucléaire).

Praticien radiologue : Professionnel de santé qui a reçu une formation théorique et pratique spécialisée aux utilisations médicales des rayonnements et qui est qualifié pour exécuter de manière indépendante ou superviser des actes radiologiques dans une spécialité déterminée (par exemple la radiologie, radiothérapie, médecine nucléaire, dentisterie, cardiologie, etc.).

Procédure : dans le contexte de ce document, ce terme désigne un examen diagnostique ou une intervention guidée par l'imagerie.

Professionnels de santé : dans le contexte de ce document, cela désigne les professionnels de santé comme par exemple des médecins, assistants médecins, manipulateurs ou techniciens en électroradiologie, physiciens médicaux, spécialistes en ostéopathie, podologues, dentistes, chiropracteurs, psychologues, optométristes et le personnel infirmier.

Radioactivité (également appelée « activité »): propriété du noyau d'atomes instables qui les conduit à libérer spontanément de l'énergie sous forme de photons (par exemple des rayons gamma) ou de particules subatomiques (par exemple des particules alpha ou bêta). La quantité de radioactivité se définit comme le nombre moyen de désintégrations par unité de temps. L'unité d'activité dans le système international est l'inverse de la seconde (s⁻¹), appelée becquerel (Bq).

Radionucléide: forme radioactive d'un atome caractérisée par la constitution de son noyau.

Radiopharmaceutiques: molécules ou éléments chimiques fixés à de faibles quantités d'isotope radioactif et qui peuvent, une fois administrés au patient, cibler spécifiquement des organes et/ou systèmes organiques.

Rayonnement ionisant: rayonnement ayant une énergie suffisamment élevée pour arracher les électrons des atomes et donc capable de produire des paires d'ions dans la matière biologique. Les rayons X générés par les machines utilisées pour les radiographies ou les scanners en sont un exemple.

Rayonnement naturel: rayonnements issus de sources naturelles auxquels une population est exposée, comme le rayonnement terrestre émis par les radionucléides naturellement présents dans le sol, les rayonnements cosmiques provenant de l'espace extra-atmosphérique.

Rayonnement non ionisant: ondes électromagnétiques qui ne transportent pas assez d'énergie pour ioniser des atomes ou des molécules. L'échographie qui utilise des ondes sonores et l'imagerie par résonance magnétique (IRM) qui utilise une combinaison de puissants champs magnétiques, ondes radio et gradients de champ magnétique sont des exemples de l'utilisation médicale des rayonnements non ionisants.

Rayonnement: énergie qui traverse la matière. Dans le contexte de ce document, ce terme désigne le rayonnement ionisant. Les rayonnements utilisés en imagerie médicale sont les rayonnements électromagnétiques qui se propagent sous forme de « paquets » d'une taille minimale, appelés quantum d'énergie ou photon. Les photons se caractérisent par leur longueur d'onde et leur énergie: plus la longueur d'onde est courte, plus l'énergie du photon est importante. Voir également « rayonnement ionisant » et « rayonnement non ionisant ».

Réactions tissulaires (voir « effets déterministes »)

Relation dose-réponse: relation entre une dose délivrée et la réponse biologique dans un organisme, un système ou une (sous-)population. Terme associé: relation dose-effet.

Risque attribuable vie entière (LAR, Lifetime attributable risk): probabilité d'une incidence prématurée de cancer attribuable à une exposition aux rayonnements chez une personne représentative de la population.

Risque de base vie entière (LBR, Lifetime baseline risk): probabilité d'apparition d'une maladie spécifique au cours de la durée de vie, en l'absence d'exposition à des rayonnements.

Risque pour la santé: potentiel ou probabilité qu'un effet sur la santé se produise dans des circonstances déterminées ou du fait d'une exposition à un certain danger (par exemple des rayonnements).

Risque: possibilité de conséquences préjudiciables associées à des expositions ou expositions potentielles. Dans le contexte de ce document, ce terme désigne les risques pour la santé associés à une exposition aux rayonnements en imagerie médicale. Cela inclut les risques reconnus (c'est-à-dire les procédures à dose élevée) ainsi que les risques potentiels (c'est-à-dire la grande majorité des procédures d'imagerie diagnostique).

Santé: état de bien-être physique, mental et social complet, et pas seulement l'absence de maladie ou d'infirmité (définition fournie dans la Constitution de l'OMS).

Seuil (ou « dose seuil »): dose d'irradiation absorbée minimale qui donnera lieu à un effet pouvant être détecté.

Sievert: unité de la dose équivalente et de la dose efficace, égale à 1 J/kg, dans le système international.

Source: tout ce qui peut provoquer une exposition à des rayonnements par émission de rayonnements ionisants ou rejet de substances ou de matières radioactives, et qui peut être considéré comme une entité unique à des fins de protection et sûreté.

Technicien en radiologie: également appelé « manipulateur en électroradiologie ». Personnel de santé qui réalise des examens d'imagerie diagnostique, participe à des interventions guidées par l'imagerie et/ou administre des traitements par radiothérapie.

Tumeur solide: cancer siégeant dans des organes solides, par opposition aux cancers du sang comme la leucémie.

Annexe C.

Ressources complémentaires

Chapitre 1

Unités d'irradiation, sources d'exposition radiologique

Commission internationale des unités et des mesures de radiation (ICRU)

<http://www.icru.org/>

Agence australienne de radioprotection et de sûreté nucléaire

<http://www.arpsa.gov.au/rayonnementprotection/basics/units.cfm>

Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail

http://www.ccohs.ca/oshanswers/phys_agents/ionizing.html

Public Health England – comparaisons de doses

<https://www.gov.uk/government/publications/ionising-rayonnement-dose-comparisons/ionising-rayonnement-dose-comparisons>

Dictionnaire sur les rayonnements des Centres américains de contrôle et de prévention des maladies <http://www.bt.cdc.gov/rayonnement/glossary.asp>

Health Physics Society

<https://hps.org/publicinformation/ate/faqs/rayonnementdoses.html> <http://hps.org/publicinformation/ate/faqs/rayonnement.html>

Département de la Santé et des Services sociaux des États-Unis

http://www.remm.nlm.gov/remm_RadPhysics.htm

Commission américaine de la réglementation nucléaire (NRC)

<http://www.nrc.gov/about-nrc/rayonnement/health-effects/measuring-rayonnement.html>

Agence américaine pour la protection de l'environnement (EPA)

<http://www.epa.gov/rayonnement>

Doses d'irradiation et risques des procédures d'imagerie pédiatrique

Campagne Image Gently

<http://www.imagegently.org/>

Site Internet RpOP de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA)

<https://rpop.iaea.org/>

Site d'informations commun de l'American College of Radiology (ACR) et la Radiological Society of North American (RSNA) <http://www.radiologyinfo.org/>

National Cancer Institute du National Institutes of Health

<http://www.cancer.gov/cancertopics/causes/rayonnement/rayonnement-risks-pediatric-CT>

Site d'informations du Collège Royal des Radiologues d'Australie et de Nouvelle Zélande (RAN-ZCR) <http://www.insideradiology.com.au/pages/faq.php>

Risques liés aux rayonnements d'un scanner chez les enfants

Brody AS, Frush DP, Huda W, Brent RL (2007). Risques liés aux rayonnements d'un scanner chez les enfants 120(3):677-682.doi: 10.1542/peds.2007-1910
<http://pediatrics.aappublications.org/content/120/3/677.short>

Informations du Public Health England (PHE) sur les expositions médicales

<https://www.gov.uk/government/collections/medical-rayonnement-uses-dose-measurements-and-safety-advice>

Chapitre 2

Justification, pertinence, recommandations relatives aux demandes d'examen

Appropriateness Criteria® de l'American College of Radiology (ACR)

<http://www.acr.org/Quality-Safety/Appropriateness-Criteria>

Société internationale de radiologie

Version pilote des « Recommandations relatives aux demandes d'examen »

http://www.isradiology.org/isr/quality_guidelines.php

iRefer du Collège Royal des Radiologues du Royaume-Uni

<https://www.rcr.ac.uk/clinical-radiology/being-consultant/rcr-referral-guidelines/about-irefer>

Association canadienne des radiologues (CAR) – Recommandations relatives aux demandes d'examen [en anglais et français] <http://www.car.ca/en/standards-guidelines/guidelines.aspx>

Société Française de Radiologie. Guide de bon usage des examens d'imagerie médicale [en français]

<http://www.sfrnet.org/sfr/professionnels/5-referentiels-bonnes-pratiques/guides/guide-bon-usage-examens-imagerie-medicale/index.phtml>

Orientierungshilfe Radiologie Austrian Referral Guidelines [en allemand]

https://www.researchgate.net/publication/258836950_Orientierungshilfe_Radiologie_Anleitung_zum_optimalen_Einsatz_der_klinischen_Radiologie_4_Auflage_Hrsg_FFruhwald_DTscholakoff_FKainberger_KWicke_Verlagshaus_der_Arzte_GmbH_Wien_2011

Parcours d'imagerie diagnostique – Australie

<http://www.imagingpathways.health.wa.gov.au/index.php/imaging-pathways>

Société argentine de radioprotection (SAR)

Guía para la correcta solicitud de pruebas de diagnóstico por imágenes [en espagnol]

http://www.sar.org.ar/web/educ_guias.php

Optimisation

Campagne Image Gently <http://www.imagegently.org/>

Site Internet Rpop de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA)

<https://rpop.iaea.org/>

Radioprotection en radiologie pédiatrique (Collection rapports de sûreté n° 71)

http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1543_web.pdf

Informations de l'Administration américaine chargée des aliments et des médicaments (FDA) sur l'imagerie pédiatrique

<http://www.fda.gov/Rayonnement-EmittingProducts/RayonnementEmittingProductsandProcedures/MedicalImaging/ucm298899.htm>

Journal de l'American College of Radiology (JACR) – Optimisation de la dose d'irradiation en tomodensitométrie : centre de ressources en ligne pour les radiologues

<http://doseoptimization.jacr.org/Home/Pediatrics>

Culture de la radioprotection

Appel de Bonn – 10 actions pour améliorer la radioprotection en médecine (brochure)
http://www.who.int/ionizing_rayonnement/medical_exposure/bonncallforaction2014.pdf

IRPA (Association internationale de radioprotection)

Principes directeurs pour la mise en place d'une culture de la radioprotection

<http://www.irpa.net/members/IRPA-Guiding%20Principles%20on%20RP%20Culture%20-2014%20.pdf>

Projet conjoint IRPA-IOMP-OMS sur la culture de la radioprotection

<http://www.irpa.net/page.asp?id=179>

Patients pour la sécurité des patients de l'OMS – outils d'éducation

<http://www.who.int/patientsafety/education/en/>

Chapitre 3

Informations complémentaires pour les professionnels de santé et les patients

Site Internet Image Gently <http://www.imagegently.org/>

Site internet de l'AIEA sur la radioprotection des patients

Informations aux patients et professionnels de santé :

<https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/InformationFor/Patients/index.htm>

<https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/InformationFor/HealthProfessionals/index.htm>

Info aux patients sur la radiologie <http://www.radiologyinfo.org/>

RADAR Calculateur des doses d'irradiation d'une procédure médicale et générateur de formulation de consentement <http://www.doseinfo-radar.com/RADARDoseRiskCalc.html>

FDA : Imagerie pédiatrique par rayons X

<http://www.fda.gov/Rayonnement-EmittingProducts/RayonnementEmittingProductsandProcedures/MedicalImaging/ucm298899.htm>

Commission internationale de protection radiologique (CIPR) – Les rayonnements et votre patient – Guide pour les praticiens http://www.icrp.org/docs/Rad_for_GP_for_web.pdf

Site Internet d'imagerie diagnostique

<http://www.diagnosticimaging.com/low-dose/communicating-rayonnement-risk-pediatric-patients>

COMMUNIQUER SUR LES RISQUES LIÉS AUX RAYONNEMENTS IONISANTS EN IMAGERIE PÉDIATRIQUE

L'utilisation de rayonnements ionisants en imagerie pédiatrique sauve des vies et évite, dans bien des cas, de recourir à des procédures plus invasives.

Mais, alors que chaque jour les rayons X utilisés en imagerie médicale aident des millions de patients dans le monde, une utilisation inappropriée peut entraîner des risques inutiles et évitables liés aux rayonnements, notamment chez les enfants. Il convient d'adopter une approche mesurée qui reconnaît les multiples bénéfices en termes de santé, tout en examinant les risques et en garantissant leur minimisation. Les patients et leurs familles doivent prendre part aux discussions sur les bénéfices et les risques dans le domaine de l'imagerie pédiatrique quand, où et de la façon dont ils en ont besoin afin de mieux comprendre les informations et pouvoir ainsi faire des choix éclairés. Il est également nécessaire d'établir cette communication précise et efficace sur les risques liés aux rayonnements entre les différents professionnels de santé qui demandent ou réalisent des procédures radiologiques médicales chez des enfants. En favorisant un processus de décision éclairé, la communication efficace sur les risques liés aux rayonnements contribue à garantir le plus grand bénéfice possible de l'imagerie pédiatrique tout en limitant les risques.

Ce document doit constituer pour les professionnels de santé un outil de communication sur les risques connus ou potentiels liés aux rayonnements et associés aux procédures d'imagerie pédiatriques afin de faciliter le dialogue bénéfices-risques lorsque des soins de santé sont dispensés à des enfants.

