

# Recommandations en imagerie médicale : objectifs, limites et radioprotection

## *Guidelines in medical imaging : objectives, limits and radiation protection*

**D. Tack<sup>1</sup> et N. Nicaise<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Service de Radiologie, EpiCURA, Ath, <sup>2</sup>Service de Radiologie, Hôpital civil Marie Curie, C.H.U. de Charleroi

### RESUME

**Contexte :** Les recommandations en imagerie médicale visent à augmenter la pertinence des prescriptions, éliminer les examens inutiles, réduire l'irradiation de la population et minimiser les coûts pour la santé publique.

**Méthode :** Notre analyse se base sur une recherche bibliographique et sur les discussions du groupe de travail " qualité " de la plateforme BELMIP.

**Résultats :** L'introduction en 2004 et sa révision en 2014 des recommandations en imagerie médicale en Belgique n'a pas eu d'effet mesurable sur la prescription d'imagerie. Ces recommandations sont en effet méconnues, incomplètes, mal construites et souvent inutilisables.

**Conclusion :** Les recommandations en imagerie médicale doivent être revues et le seront dans un avenir proche afin d'être mieux structurées et utilisables. Les contraintes légales et médico-légales devraient y être intégrées afin que la Belgique se mette en conformité par rapport à la directive européenne concernée.

*Rev Med Brux 2018 ; 39 : 399-405*

### ABSTRACT

**Context :** Guidelines in medical imaging are aimed at increasing the appropriateness of prescriptions, eliminating unnecessary examinations, reducing the exposure of the population and minimizing the costs to public health.

**Method :** Our analysis is based on a bibliographic search and the discussions of the " quality " working group of the BELMIP platform.

**Results :** The introduction in 2004 and its 2014 revision of the guidelines in medical imaging in Belgium had no measurable effect on the imaging prescription. These recommendations are in fact unrecognized, incomplete, poorly constructed and often unusable.

**Conclusion :** Recommendations in medical imaging need to be reviewed and will be reviewed in the near future in order to be better structured and usable. The legal and medico-legal constraints should be integrated in order for Belgium to comply with the relevant European directive.

*Rev Med Brux 2018 ; 39 : 399-405*

**Key words :** justification, guidelines, diagnostic imaging, ALARA

### INTRODUCTION

Il est généralement reconnu que les moyens d'imagerie à disposition pour le diagnostic médical sont sur-utilisés, malgré l'absence d'auto-prescription par les radiologues<sup>1</sup>. La limitation de ces moyens comme le contingentement et la restriction du nombre d'appareils lourds comme pour l'IRM est une des réponses que les responsables politiques ont tenté de donner à cette problématique. Il s'agit d'éviter les rayonnements ionisants non justifiés, de réduire les dépenses

publiques, de minimiser le surdiagnostic et les effets iatrogènes de l'utilisation abusive de ces moyens. Pour tenter de donner une réponse adaptée à chaque problématique clinique, les pouvoirs publics, en réponse à deux Directives européennes successives (97/43 et 2013/59) ont mis à disposition du corps médical des recommandations d'utilisation de l'imagerie médicale à des fins diagnostiques<sup>2,3</sup>. Celles-ci sont accessibles sur le site du SPF Santé publique et peuvent être importées sur support informatique (PC, tablette etc.)<sup>4</sup>. A travers toute l'Europe, ces " guidelines " ont cependant assez

peu de succès et sont largement méconnues<sup>5-7</sup>. Le but de cet article est d'en expliquer la genèse, le fonctionnement et la structure, d'en analyser les limites et d'en tracer les perspectives d'avenir.

## OBJECTIFS

Les objectifs de cet article sont d'une part de résumer les données actuelles de la littérature en ce qui concerne les risques des rayonnements ionisants utilisés en imagerie médicale diagnostique, d'expliquer la genèse et la structure des recommandations en imagerie médicale accessibles sur le site du Service public fédéral " Santé publique " et d'autre part de discuter les effets et le contenu de ces recommandations dans la pratique médicale de tous les jours.

## METHODOLOGIE

Il s'agit d'une analyse bibliographique assortie de commentaires basés sur l'expérience des auteurs et leur participation au groupe " Qualité " de la plateforme BELMIP qui élabore entre autre le projet de loi " *B-Quadril* " qui doit donner suite à la publication de la dernière Directive européenne en la matière.

## RESULTATS

### Risques des rayonnements ionisants utilisés en imagerie médicale diagnostique

La radiographie et la tomodensitométrie -les deux techniques fréquemment utilisées en imagerie- sont basées sur les rayons X qui pourraient engendrer des effets négatifs sur la santé<sup>8</sup>. A court terme, de fortes doses de rayons X peuvent en effet provoquer des lésions dermatologiques tels l'érythème et l'alopécie voire la nécrose cutanée. Ces effets, dits déterministes, observés exceptionnellement au cours de procédures thérapeutiques (dilatations coronaires, cholangiographies rétrogrades, angiographie thérapeutique, embolisations cérébrales, scanner de perfusion cérébrale) sont à distinguer des effets stochastiques caractérisés par une augmentation de risque, à long terme, de cancers. Le risque stochastique, ou carcinogénique, est considéré comme proportionnel à la dose d'irradiation, même lorsqu'elle est faible<sup>8-12</sup>. Cette théorie, appelée « linéaire sans seuil », est basée sur une hypothèse de proportionnalité de la relation dose-risque<sup>10-12</sup>. Cette théorie, et l'hypothèse qui la fonde, sont l'objet de débats car l'existence d'un seuil sous lequel le risque serait nul est très probable puisqu'il est observé dans de nombreux phénomènes biologiques, voire même un effet positif des faibles doses qui pourraient avoir un effet protecteur<sup>13,14</sup>. Cette inversion du signe de la relation dose-risque en fonction de la dose (positif à faibles doses et négatif à fortes doses) est appelée hormèse<sup>13-17</sup>.

A titre d'exemple et comme référence, l'irradiation radiographie thoracique est de l'ordre de 0,05 à 0,3 mSv. Elle est équivalente à trois jours d'irradiation naturelle. La comparaison des doses d'irradiation

délivrées par imagerie avec l'irradiation naturelle est cependant critiquable car si les doses sont identiques, leurs débits sont très différents. En tomodensitométrie, les doses peuvent être dix à cent fois plus élevées qu'en radiographie et fréquemment atteindre 3 à 10 mSv par examen<sup>17-19</sup>. Au cours de la vie, le cumul des doses d'irradiation délivrées par l'imagerie peut ainsi dépasser 100 mSv<sup>20</sup>. Au-delà de cette dose, une augmentation du risque de cancers a été observée chez les survivants des explosions nucléaires d'Hiroshima et de Nagasaki, mais il s'agissait d'irradiations uniques, totales et à très fort débits de dose sur des populations soumises à d'autres carcinogènes, notamment viraux.

Les principaux dommages moléculaires engendrés par les rayons X sont les fractures des brins d'ADN susceptibles d'induire des mutations oncogènes. Aucune étude épidémiologique n'a cependant montré que des examens radiographiques ou tomodensitométriques (< 10 mSv) pouvaient induire des cancers<sup>11,21-23</sup>. Plusieurs mécanismes de défenses cellulaires permettent en effet de réparer les dégâts provoqués par des agressions externes, notamment les rayonnements ionisants ; ces mécanismes assurent la réparation de l'ADN ou, si la dose est trop élevée, engendrent la mort cellulaire par apoptose<sup>13,14,24</sup>. Malgré ces arguments en défaveur de la théorie linéaire sans seuil, et compte tenu de l'incertitude persistante quant à l'effet des rayonnements ionisants tels qu'ils sont utilisés en imagerie médicale, le principe de précaution prévaut<sup>8</sup>. Apparue en France après l'affaire du sang contaminé, il s'est répandu comme norme au sein des institutions européennes et internationales et a pour règle de considérer le pire des effets possibles comme base pour établir une norme de protection. Pour les radiations ionisantes, il est résumé par l'expression anglaise " *As Low As Reasonably Achievable* " (ALARA) qui préconise d'utiliser la plus faible dose d'irradiation possible permettant d'obtenir un diagnostic fiable. En pratique, ce but peut être atteint par la réduction et le contrôle de l'utilisation des rayonnements, à la fois au travers de la prescription pertinente des examens, leur justification, et de la dose délivrée pour chacun d'eux, l'optimisation.

L'optimisation concerne essentiellement les praticiens qui réalisent des examens diagnostiques ou thérapeutiques avec l'aide des rayons X. Elle sort donc du contexte de cet article.

### Principe ALARA appliqué à la prescription en imagerie médicale

La justification supportée par le principe ALARA s'adresse quant à elle à tous les prescripteurs d'examens d'imagerie en plus des radiologues qui réalisent l'examen proposé. Elle vise à codifier les indications et à rendre les prescriptions les plus pertinentes possibles tout en tenant compte des risques (d'irradiation) et des coûts pour la santé publique. Il est en effet estimé qu'environ 15 à 30 % des examens d'imagerie seraient inutiles. En les supprimant,

l'économie de dose collective et l'économie des coûts en santé publiques pourraient être substantielles. Afin de structurer une bonne utilisation des moyens d'imagerie médicale, des " Recommandations " ont été élaborées d'abord au Royaume-Uni par le " *Royal College of Radiology* ", puis pas les autres sociétés savantes européennes. Aux USA, l' " *American College of Radiology* " (ACR) a élaboré ses propres " *Guidelines* " <sup>25</sup>. Dernièrement, les sociétés savantes nationales ont été fédérées au sein de la Société européenne de Radiologie (ESR) qui a collaboré avec l'ACR pour élaborer une plateforme électronique de recommandations en imagerie médicale, le I-Guide<sup>26</sup>.

En Belgique, les premières recommandations ont été publiées par le SPF Santé publique en 2004 et mises à jour en 2010.

### **Genèse et structure des recommandations en imagerie médicale**

Le texte en italique ci-dessous est extrait *in extenso* des recommandations belges en imagerie médicale<sup>4</sup>.

*" Ces recommandations relatives à l'imagerie médicale<sup>3</sup> sont issues des Guideline Summary Tables, Draft for consultation, 18<sup>th</sup> July 2002, proposées par l'Association européenne de Radiologie. Elles ont été élaborées par divers groupes d'experts de différents pays et des commentaires ont également été recueillis auprès de sociétés de radiologie et de spécialités cliniques des états membres. La version belge est basée sur la version française de 2005, adaptée en consensus entre radiologues, nucléaristes et les sociétés scientifiques des différentes spécialités cliniques. Elles ont été adaptées à la situation belge en 2010 par des experts mandatés par les différentes composantes de la radiologie belge en ce qui concerne la prescription des examens radiologiques.*

*Ces recommandations sont destinées à aider les cliniciens à faire le meilleur usage possible de l'imagerie médicale. Le respect systématique des recommandations contenues dans cet ouvrage permet de réduire les prescriptions inutiles et, donc, les expositions aux rayonnements ionisants à des fins médicales. L'objectif premier de cette brochure reste toutefois l'amélioration de la pratique clinique.*

*Les recommandations ont été proposées en faisant référence à une situation de libre accès à l'ensemble des modalités d'imagerie (IRM, CT, Echo-Doppler...). Il faut évidemment, en pratique quotidienne, s'adapter aux conditions locales lorsque ces différentes modalités ne sont pas toutes disponibles. On entend par " recommandations " des énoncés de caractère systématique visant à aider le praticien et le patient à prendre des décisions de soins appropriées dans des situations cliniques données.*

*Comme le mot l'indique, une recommandation ne vise pas à contraindre strictement l'exercice du clini-*

*en ; c'est une bonne pratique à la lumière de laquelle les besoins du patient doivent être considérés.*

*Le guide se présente sous la forme d'un tableau à 5 colonnes :*

*La première colonne énumère les symptômes et/ou pathologies pour lesquels l'examen d'imagerie médicale est envisagé ;*

*La seconde colonne spécifie la modalité d'imagerie envisagée dans ce contexte clinique ;*

*La troisième colonne mentionne l'indication de l'examen et le grade de la recommandation pour la situation clinique considérée ;*

*Dans la quatrième colonne, la fiabilité des éléments probants venant à l'appui des diverses affirmations est indiquée comme suit :*

- [A] essais avec répartition aléatoire des sujets, méta-analyses, passages en revue systématiques ; ou
- [B] travaux d'expérimentation ou d'observation fiables ; ou
- [C] autres éléments probants lorsque les conseils se fondent sur des avis d'experts et sont validés par des instances faisant autorité.

*Les recommandations sont de cinq types :*

1. **Indiqué.** Ce terme qualifie le ou les examens le(s) plus susceptible(s) d'aider à établir le diagnostic ou à conduire le traitement. Il peut différer de l'examen demandé par le clinicien (échographie plutôt que phlébographie pour une thrombose veineuse profonde, par exemple) ;
2. **Examen spécialisé.** Il s'agit d'examens complexes ou onéreux qui ne sont généralement pratiqués que sur la demande de médecins ayant l'expertise clinique requise pour interpréter les constatations cliniques et agir en fonction des résultats de l'imagerie. Ils réclament habituellement un entretien avec un spécialiste de radiologie ou de médecine nucléaire ;
3. **Non indiqué en première intention.** Ceci s'applique aux cas pour lesquels l'expérience a montré que le problème clinique disparaît généralement avec le temps.  
*Il est suggéré alors de différer l'examen de trois à six semaines et de ne le pratiquer que si les symptômes persistent. Les douleurs à l'épaule en sont un exemple typique ;*
4. **Non indiqué en routine.** Bien qu'aucune recommandation n'ait de caractère absolu, l'examen n'est pratiqué que si le clinicien avance des arguments convaincants. Par exemple, une radiographie simple peut être prescrite à un patient souffrant du dos et chez lequel l'examen clinique suggère autre chose qu'une maladie dégénérative (fracture vertébrale due à l'ostéoporose, par exemple) ;
5. **Contre-indiqué.** Il s'agit d'examens complexes ou onéreux qui ne sont généralement pratiqués que si, sur base des résultats de cet examen d'imagerie,

*l'on pourra faire et l'on fera des actions ultérieures. Ils réclament habituellement un entretien avec un médecin radiologue avant prescription et réalisation de l'examen ;*

**Enfin, la cinquième colonne** mentionne le niveau d'exposition induit par l'imagerie (cotation de 0 à IV avec une dose estimée en mSv). Les cinq niveaux sont représentés dans le tableau ci-dessous ".

Classe	Intervalle de dose efficace (mSv)	Exemples
0	0	Ultrasons, IRM
I	< 1	RX thorax, RX membre
II	1-5	RX Bassin, Rachis lombaire, CT du crâne et du cou
III	5-10	CT du thorax ou de l'abdomen, Scintigraphie myocardique, PET au FDG
IV	> 10	Certaines explorations en médecine nucléaire ou en TDM, ou en radiologie interventionnelle

La quantification du risque R de cancer peut être approchée par la formule suivante :  $R = \text{Dose efficace (mSv)} \times 5/100.000$ . Cette quantification n'est correcte que pour un homme de 50 ans et une femme de 55-60 ans. Les femmes ont un risque supérieur à celui des hommes tout au long de leur vie, essentiellement du fait du risque de cancers du sein. Les enfants ont un risque supérieur aux adultes, leur sensibilité étant maximale dans les premières années de vie. Il n'existe pas de quantification fiable du risque d'irradiation pour un fœtus pour lequel le risque diffère selon le trimestre de gestation. Au cours du premier trimestre, c'est un risque de tout ou rien (viabilité versus avortement spontané), le seuil du risque étant d'environ 100 mSv. Pour un scanner du pelvis, la dose sera entre 3 et 8 mSv. Pour le second trimestre, le risque est avant tout malformatif, non quantifiable. Pour le troisième trimestre, l'irradiation d'un fœtus par exemple par des isotopes radioactifs se traduira par des risques de dysthyroïdie et peut être de cancer de la thyroïde, mais seulement à hautes doses, non communément utilisées en imagerie diagnostique. Ce type de cancer a été observé en Bélarus après Tchernobyl<sup>27</sup>.

## DISCUSSION

L'introduction de recommandations repose sur l'idée que de nombreux examens d'imagerie sont réalisés alors qu'ils pouvaient être évités, soit parce que le résultat de l'examen n'a aucune influence sur la prise en charge thérapeutique, soit parce qu'il suffit d'attendre un peu pour que la plainte (souvent de type douleur) disparaisse spontanément ou sous traitement médical (scapulalgies, lombalgies). Le bénéfice attendu de l'utilisation des recommandations est double, d'une part l'économie de dose d'irradiation et d'autre part les

économies budgétaires dans les soins de santé.

Plusieurs problèmes se posent cependant. En effet, les recommandations ne sont quasiment pas connues et presque jamais utilisées<sup>5-7,28</sup>. On ne leur fait pas confiance ou bien elles ne sont de toute façon pas susceptibles d'influencer la décision médicale qui est gouvernée par d'autres contraintes<sup>28</sup>. A titre d'exemple, on peut mentionner la situation clinique du lumbago : l'imagerie n'est pas recommandée pour une lombalgie aiguë chez un adulte de moins de 55 ans. Elle est cependant très souvent prescrite car exigée comme préalable à l'obtention d'un rendez-vous chez un spécialiste orthopédiste. Celui-ci n'a pas le temps de voir le patient en consultation une première fois avant de lui prescrire éventuellement l'imagerie puis de le revoir en consultation une seconde fois pour établir le traitement. Ici, c'est bien l'accès restreint à certains soins (ou soignants) qui est le moteur de la surprescription en imagerie.

D'autre part, les recommandations actuelles sont souvent mal faites et incomplètes. Elles sont mal construites parce qu'elles partent très souvent non pas du symptôme clinique pour justifier l'usage de l'imagerie, mais du diagnostic final. Ainsi, on peut y trouver comme clé d'entrée " les cardiopathies congénitales ", la " péricardite ", la " dissection aortique ". Il semble bien évident que le patient ne se présente pas chez son médecin en lui disant, " Docteur, j'ai une dissection aortique ".

Autre exemple de recommandation mal faite : le " traumatisme thoracique mineur " pour lequel il n'existe pas de définition claire dans la littérature quant aux critères cliniques permettant de différencier un traumatisme thoracique mineur et un traumatisme thoracique majeur<sup>28</sup>. Les études sur le sujet ont toutes réalisé cette classification a posteriori, après avoir obtenu les examens d'imagerie<sup>28-35</sup>.

Les recommandations actuelles du SPF Santé publique belge sont incomplètes dans la mesure où des plaintes fréquentes comme la douleur abdominale non spécifique n'y figurent pas, ce qui est tout à fait paradoxal puisque la douleur abdominale est la cause la plus fréquente de réalisation d'un scanner de l'abdomen<sup>8</sup>.

Un autre problème lié aux recommandations réside dans le fait qu'elles négligent les aspects psychologiques, sociaux, légaux et médico-légaux de la prescription.

- Aspect psychologique et social : une jeune inspectrice de police souffre d'une douleur à l'épaule assez récente. Elle demande un avis à son médecin traitant qui lui prescrit (un peu sous la pression de la patiente qui est assez inquiète et revendicatrice) une échographie alors qu'elle n'est pas recommandée en première intention. L'examen échographique est négatif, mais a pour effet de la rassurer. Dès la fin de l'examen, la plainte s'est évanouie et cette fonctionnaire de police veut

reprendre son travail. Le bénéfice médical attendu et obtenu de cet examen est faible, non mesurable. Par contre, le bénéfice psychologique et social est majeur, mais jamais chiffré ni pris en compte dans les recommandations ;

- **Aspect légal et médicolegal** : nous avons mené une étude visant à évaluer les motivations à prescrire une radiographie de gril costal dans un traumatisme thoracique mineur<sup>27</sup>. Nous avons soumis un questionnaire à 112 médecins non radiologues, dont des médecins généralistes, des chirurgiens, des urgentistes, des internistes et des assistants en formation. Après leur avoir raconté l'histoire clinique d'une patiente, typique de traumatisme thoracique mineur, nous leur avons demandé s'ils lui prescriraient une radiographie du gril costal en leur proposant des raisons possibles de la prescrire. Deux tiers des participants à l'enquête auraient prescrit cet examen non recommandé. Seule une minorité l'aurait fait pour des raisons cliniques. Une majorité l'aurait fait pour des raisons légales (accident de la route ou du travail - assurance comme tierce partie pour obtenir une compensation financière du traumatisme), médico-légales (éviter une plainte) ou sociales (définir plus précisément la durée d'un arrêt de travail). Il y avait des différences significatives entre les spécialités des répondants.

Cette étude a le mérite de démontrer que les motivations légales et médico-légales existent et sont de puissants moteurs à la prescription. La médecine défensive est abondamment pratiquée aux USA et dans tous les services d'urgences de nos contrées. De ce point de vue, il est intéressant de constater que la Directive européenne Euratom 2013/59, reconnaît l'existence des motivations légales pour utiliser les radiations ionisantes<sup>3</sup>. Elle stipule que ces motivations doivent être traitées comme les indications médicales qui doivent elles-mêmes faire l'objet de recommandations mises à disposition du corps médical. Par conséquent, si les motivations légales doivent être selon la Directive européenne traitées comme les indications médicales, elles devraient faire l'objet de recommandations spécifiques ou adaptées qui en tiendraient compte. A ce jour, aucun état membre de l'Union européenne n'a établi des recommandations qui tiennent compte des contraintes légales. A ce titre, les états membres sont donc en faux par rapport à cette Directive européenne<sup>3</sup>.

Pratiquement, il est illusoire d'imposer l'utilisation de recommandations mal construites, incomplètes, mal définies, ne tenant pas compte de la réalité légale et médico-légale du terrain.

## PERSPECTIVES

Le caractère incomplet des recommandations est assez largement connu et reconnu au sein du SPF Santé publique. Pour y remédier, il est question de les revoir de fond en comble. Le modèle de recommandations préconisé par la Société belge de Radiologie est le " I-guide " élaboré par l'ESR

(*European Society of Radiology*) en collaboration avec l'ACR américaine. Ces recommandations seront d'ailleurs obligatoires pour toute prescription aux USA dès janvier 2019. La prescription sera exclusivement électronique. En introduisant les plaintes et symptômes, le prescripteur aura accès direct aux recommandations en rapport avec la situation clinique constatée. Il verra apparaître à l'écran une liste d'examen correspondant à cette situation clinique, assortis d'informations sur une échelle de 1 à 8 quant à leur pertinence (1 = contraindiqué ; 8 = recommandé). En sélectionnant un examen parmi cette liste, le prescripteur se verra attribuer un numéro par le système. Ce numéro sera associé à la facturation de la prestation d'imagerie. Ce système permettra donc de tracer la qualité de la prescription de tous les prescripteurs pour toutes leurs prescriptions. Il pourra aussi permettre aux organismes assureurs aux USA de moduler le remboursement de la prestation en fonction de sa pertinence. Il établira enfin un profil de chaque prescripteur quant à leur performance moyenne et permettra de les situer par rapport aux confrères de même discipline. Ce schéma proche d'être utilisé aux USA sera probablement tôt ou tard également installé en Europe et en Belgique car le SPF Santé publique en affiche clairement l'intention, les modalités devant encore être mieux définies.

L'introduction d'un tel système au *Massachusetts General Hospital* de Boston il y a 10 ans a permis de réduire le nombre de prescriptions de 20 %. Cependant, il n'a pas arrêté ni infléchi la courbe de croissance des besoins en examens d'imagerie qui est donc repartie à la hausse après l'introduction de ces guidelines. Ceci semble tout à fait justifié dans une population qui s'accroît et vieillit.

## CONCLUSION

L'introduction des recommandations en imagerie médicale en Belgique n'a pas eu d'effet sur la prescription d'imagerie. Elles sont en effet incomplètes, mal construites et souvent inutilisables. Elles doivent être et seront revues dans un avenir proche. Les contraintes légales et médico-légales n'y sont pas intégrées, mais devraient idéalement l'être pour que la Belgique se mette en conformité par rapport à la Directive européenne concernée.

Conflits d'intérêt : néant.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Hendee WR, Becker GJ, Borgstede JP, Bosma J, Casarella WJ, Erickson BA *et al.* Addressing overutilization in medical imaging. *Radiology*. 2010;257(1):240-5.
2. EUR-Lex. (Consulté le 15/03/17). Council Directive 97/43/Euratom on health protection of individuals against the dangers of ionizing radiation in relation to medical exposure. 1997. [Internet]. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:31997L0043>

3. Commission européenne. (Consulté le 15/03/17). Council Directive 2013/59/Euratom of 5 December 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, and repealing Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom and 2003/122/Euratom. 2014. Publié 17/01/2014. [Internet] <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/CELEX-32013L0059-EN-TXT.pdf>
4. Service public fédéral – Santé publique, Sécurité de la Chaîne alimentaire et Environnement. (Consulté le 15/03/17). Recommandation pour l'usage correct de l'imagerie médicale. [Internet]. [https://www.health.belgium.be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth\\_theme\\_file/recommandations\\_en\\_matiere\\_de\\_prescription\\_de\\_limagerie\\_medicale\\_pc.pdf](https://www.health.belgium.be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth_theme_file/recommandations_en_matiere_de_prescription_de_limagerie_medicale_pc.pdf)
5. EU Publications. (Consulté le 15/03/17). European Commission. Radiation Protection No 178 - Referral Guidelines for Medical Imaging. Availability and Use in the European Union. Euro. 2014. [Internet]. doi: <https://doi.org/10.2833/18118>
6. Remedios D, Drinkwater K, Warwick R. Clinical Radiology Audit Committee (CRAC), The Royal College of Radiologists, London. National audit of appropriate imaging. *ClinRadiol*. 2014;69:1039-44.
7. Remedios D, Hierath M, Ashford N, Cavanagh P, Grenier PA, Lloyd CM *et al*. European survey on imaging referral guidelines. *Insights Imaging*. 2014;5(1):15-23.
8. Hricak H, Brenner DJ, Adelstein SJ, Frush DP, Hall EJ, Howell RW *et al*. Wagner LK. Managing Radiation Use in Medical Imaging: A Multifaceted Challenge. *Radiology*. 2011;258(3):889-905.
9. Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography: an increasing source of radiation exposure. *N Engl J Med*. 2007;357(22):2277-84.
10. Little MP, Wakeford R, Tawn EJ, Bouffler SD, Berrington de Gonzalez A. Risks Associated with Low Doses and Low Dose Rates of Ionizing Radiation: Why Linearity May Be (Almost) the Best We Can Do. *Radiology*. 2009;251(1):6-12.
11. Pearce MS, Salotti J, Little MP, McHugh K, Lee C, Kim KP *et al*. Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study. *Lancet*. 2012; 380(9840):499-505.
12. Brenner DJ, Hall EJ. Cancer risks from CT scans: now we have data, what next? *Radiology*. 2012;265(2):330-1.
13. Cohen BL. Test of the linear-no threshold theory; rationale for procedures. *Nonlinear Biol Toxicol Med*. 2005;3:261-82.
14. Tubiana M, Feinendegen LE, Yang C, Kaminski JM. The linear no-threshold relationship is inconsistent with radiation biology and experimental data. *Radiology*. 2009;251:13-22.
15. Hendee WR, O'Connor MK. Radiation Risks of Medical Imaging: Separating Fact from Fantasy. *Radiology*. 2012;264(2):312-21.
16. Yang G, Li W, Jiang H, Liang X, Zhao Y, Yu D *et al*. Low-dose radiation may be a novel approach to enhance the effectiveness of cancer therapeutics. *Int J Cancer*. 2016;139(10):2157-68.
17. Calabrese EJ. On the origins of the linear no-threshold (LNT) dogma by means of untruths, artful dodges and blind faith. *Environ Res*. 2015;142:432-42.
18. Mettler FA, Huda W, Yoshizumi TT, Mahesh M. Effective Doses in Radiology and Diagnostic Nuclear Medicine: A Catalog 1. *Radiology*. 2008;248(1):254-63.
19. Mettler FA, Bhargavan M, Faulkner K, Gilley DB, Gray JE, Ibbott GS *et al*. Radiologic and Nuclear Medicine Studies in the United States and Worldwide: Frequency, Radiation Dose, and Comparison with Other Radiation Sources—1950–2007. *Radiology*. 2009;253(2):520-31.
20. Sodickson A, Baeyens PF, Andriole KP, Prevedello LM, Nawfel RD, Hanson R *et al*. Recurrent CT, cumulative radiation exposure, and associated radiation-induced cancer risks from CT of adults. *Radiology*. 2009;251(1):175-84.
21. Harvey HB, Brink JA, Frush DP. Informed Consent for Radiation Risk from CT Is Unjustified Based on the Current Scientific Evidence. *Radiology*. 2015;275(2):321-25.
22. Huang WY, Muo CH, Lin CY, Jen YM, Yang MH, Lin JC *et al*. Paediatric head CT scan and subsequent risk of malignancy and benign brain tumour: a nation-wide population-based cohort study. *Br J Cancer*. 2014;110(9):2354-60.
23. Journy N, Rehel JL, Ducou Le Pointe H, Lee C, Brisse H, Chateil JF *et al*. Are the studies on cancer risk from CT scans biased by indication? Elements of answer from a large-scale cohort study in France. *Br J Cancer*. 2015;112(1):185-93.
24. Cohen B. The cancer risk from low-level radiation. In: Tack D, Gevenois P, eds. *Radiation dose from adult and pediatric multidetector computed tomography*. Berlin, Germany: Springer-Verlag;2007.
25. American College of Radiology. (Consulté le 08/12/16). ACR Appropriateness Criteria: Blunt Chest Trauma. 2016. [Internet]. <https://acsearch.acr.org/docs/3082590/Narrative/>
26. ESR. (Consulté le 17/03/18). European Society of Radiology 2018. ESR I-Guide. [Internet]. <https://esociety.netkey.at/esr/myuserarea/index.php?module=esriguide&action=iframe&PHPSESSID=906jm6dncp0khotni914e6sjm7>
27. Lenoir Y. *La comédie atomique*. Paris: Ed La découverte. 2015.
28. Tack D, Louagé F, Van Muylem A, Howarth N, Gevenois PA. Radiation protection: Factors influencing compliance to referral guidelines in minor chest trauma. *Eur Radiol*. 2018;28(4):1420-6.
29. Davis S, Affatato A. Blunt chest trauma: utility of radiological evaluation and effect on treatment patterns. *Am J Emerg Med*. 2006;24:482-6.
30. Bokhari F, Brakenridge S, Nagy K, Roberts R, Smith R, Joseph K *et al*. Prospective evaluation of the sensitivity of physical examination in chest trauma. *J Trauma*. 2002;53(6):1135-8.
31. Rodriguez RM, Hendey GW, Marek G, Dery RA, Bjoring A. A pilot study to derive clinical variables for selective chest radiography in blunt trauma patients. *Ann EmergMed*. 2006;47:415-8.
32. Rodriguez RM, Hendey GW, Mower WR. Selective chest imaging for blunt trauma patients: The national emergency X-ray utilization studies (NEXUS-chest algorithm). *Am J EmergMed*. 2017;35:164-70.
33. Lee RB, Bass SM, Morris JA Jr, MacKenzie EJ. Three or more rib fractures as an indicator for transfer to a Level I trauma center: a population-based study. *J Trauma*. 1990;30:689-94.
34. Bansidhar BJ, Lagares-Garcia JA, Miller SL. Clinical rib fractures: are follow-up chest X-rays a waste of resources? *Am Surg*. 2002;68:449-53.
35. Jena AB, Seabury S, Lakdawalla D, Chandra A. Malpractice Risk According to Physician Specialty. *N Engl JMed*. 2001;365:629-36.
36. Expert Panel on Thoracic Imaging, Henry TS, Kirsch J, Kanne JP, Chung JH, Donnelly EF, Ginsburg ME *et al*. ACR Appropriateness Criteria® rib fractures. *J Thorac Imaging*. 2014;29(6):364-6.

**Correspondance :**

D. TACK  
Clos du Mélèze, 17  
1420 Braine-L'Alleud  
E-mail: denis.tack@skynet.be

Travail reçu le 26 avril 2018 ; accepté dans sa version définitive  
le 13 juin 2018.