

La radioprotection en orthodontie : données utiles

Jean-Michel FOUCART *, Rufino FELIZARDO, Christophe PIZELLE

CHU Hôtel Dieu (AP-HP), 1 place du Parvis Notre-Dame, 75181 Paris Cedex 4, France

MOTS CLÉS :

Radioprotection /
Principe ALARA /
Relation linéaire
sans seuil /
Dose effective

RÉSUMÉ – Depuis ces 30 dernières années, l'imagerie est au cœur des révolutions médicales. Elle permet un diagnostic fiable et précis à l'origine d'une prise en charge individuelle, mais aussi de suivre les évolutions liées au traitement. L'orthodontie a naturellement bénéficié des innovations en imagerie médicale. Parallèlement, la connaissance des risques liés à l'utilisation des rayonnements ionisants a progressé et l'utilisation de ces derniers repose sur le principe « ALARA » : « Aussi bas qu'il est raisonnablement possible » (« *As Low As Reasonably Achievable* »). Si ce principe est inscrit dans les différentes législations nationales et européennes, la connaissance de son origine scientifique permet une utilisation quotidienne des rayons X.

KEYWORDS:

Radiation protection /
ALARA principle /
Linear no-threshold
model /
Effective dose

ABSTRACT – *Radiation Protection in Orthodontics: relevant data. For the past 30 years X-Ray images have effected a veritable revolution in medical practice. Using them practitioners cannot only make reliable and precise diagnoses when they begin a course of treatment but also accurately follow the progress of therapy. Orthodontics is one of the specialties that has benefited from the innovations in medical radiography. At the same time we have learned more about the risks that the use of ionizing radiation entails and are, accordingly, basing our radiological practice on the ALARA principle (“As Low As Reasonably Achievable”). Even though this concept is embodied in much national and European legislation, practitioners will enhance their daily use of radiology by acquiring an understanding of the scientific basis for ALARA.*

1. Introduction

Très rapidement après la découverte fortuite des rayons X par William Conrad Roentgen en 1895, les premiers effets d'une exposition incontrôlée ont été observés. En odontologie, le *Texas Dental Journal* rapporte ainsi l'anecdote suivante : « En 1897, une certaine Demoiselle McDonald se rend chez son dentiste pour l'aider à préciser la cause de ses douleurs dentaires. Quelques jours après l'examen, la peau de la jeune femme se couvre de vésicules et finalement desquame au niveau du visage, de l'épaule, du bras et du sein gauches. Une oreille se mit à gonfler pour atteindre trois fois ses dimensions normales et elle perdit l'audition de ce côté. En plus de ces brûlures, Mlle McDonald vit tomber ses cheveux en larges placards. Deux clichés avaient été pris : pour l'un, la durée d'exposition avait été de 8 minutes, pour l'autre, de 13 minutes » [7].

Si les images radiologiques ont révolutionné la médecine et l'odontologie, ces dernières années ont

été marquées par une prise de conscience collective des risques inhérents à l'utilisation des rayonnements ionisants. En orthopédie dento-faciale, cette prise de conscience est d'autant plus importante que la majorité des patients sont des enfants ou des adolescents dont la sensibilité à ce type de rayonnement n'est plus à démontrer.

Plutôt que de détailler les principes de radioprotection comme une succession de recommandations tatillonnes, ce chapitre se propose de détailler les informations utiles à l'origine des règles de prescription actuellement en vigueur.

2. Organisation de la radioprotection

L'organisation de la radioprotection dépend des directives et des recommandations de plusieurs organisations nationales et supranationales (européennes ou mondiales), ce qui favorise une harmonisation générale des différentes législations.

* Auteur pour correspondance : foucart@univ-paris-diderot.fr

Suite aux premières observations de cancers radio-induits fut créé en 1921, par des radiologues anglais, le premier Comité pour la protection contre les rayons X et le radium. En 1928, le premier organisme international fut fondé sous le nom de Commission internationale de protection contre les rayons X et le radium. De nos jours, émanant de ce premier organisme, créé en 1950 sous l'égide des Nations-Unis, la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR ou ICRP, selon son acronyme anglais) est à l'origine de recommandations et de rapports réguliers sur les normes de radioprotection. Ses recommandations sont reprises au niveau de la plupart des états membres de l'ONU, car elles proposent un système socio-technico-économique efficace et évolutif de protection contre les rayonnements ionisants. Dans notre domaine, la dernière publication majeure date de 2007 et porte le nom usuel de CIPR 103 [10].

En Europe, ces recommandations mondiales sont reprises par la Communauté Européenne de l'Énergie Atomique (EURATOM). Créée en 1957 par le traité de Rome, Euratom contrôle au sein de l'Union Européenne l'organisation de la radioprotection de la population (et donc des patients) aussi bien que des travailleurs contre les rayonnements ionisants. En s'appuyant sur les recommandations de la CIPR, elle émet des directives qui s'imposent à tous les États membres.

Actuellement, deux directives concernent les praticiens :

- La directive 96/29 qui détermine les normes de base relatives à la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants [2].
- La directive 97/43, plus spécifique à la prescription d'un examen radiologique, qui organise la protection sanitaire des personnes contre les rayonnements ionisants lors d'expositions à des fins médicales [3].

En France, depuis 2002, l'organisation de la radioprotection a été confiée à l'Autorité de Sécurité Nucléaire (ASN). Organisation administrative indépendante depuis 2006, l'ASN propose et met en œuvre la politique nationale en matière de sûreté nucléaire et radiologique. Dans notre domaine, l'ASN élabore la réglementation technique, prend en charge le suivi des installations de radiodiagnostic et organise le contrôle de ces dites installations.

Pour répondre à ses missions, l'ASN s'appuie sur l'expertise de l'Institut de Radioprotection et de Sûreté

Nucléaire (IRSN), également créé en 2002. Organisme de recherche, l'IRSN participe également à la surveillance et à la formation des travailleurs, des professionnels de santé ainsi qu'à la surveillance radiologique de l'environnement.

La transposition des différentes recommandations internationales dans la réglementation française est actuellement achevée. Ces différentes dispositions sont malheureusement reprises à travers un nombre disparate de codes (Code de la santé publique, Code de la sécurité sociale, Code du travail, Convention collective nationale des cabinets dentaires...), ce qui rend leur mise en œuvre parfois difficile.

Pourtant la réglementation repose sur un principe simple, efficace et international, le principe ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*), acronyme anglo-saxon d'« aussi bas qu'il est raisonnablement possible ». Selon ce principe, tout rayonnement ionisant est susceptible d'induire statistiquement un effet néfaste. Au regard du bénéfice attendu, le risque d'induire un dommage doit être maintenu au niveau le plus faible possible et ceci pour tous les intervenants. La réglementation française organise et contrôle donc (Tab. 1) :

- L'installation radiologique de l'infrastructure de la salle et de l'installation jusqu'au tube radiogène. À cela s'ajoute pour ce dernier l'obligation d'une maintenance et d'un contrôle de qualité régulier.
- La radioprotection des travailleurs en prévoyant que la manipulation et l'utilisation des générateurs électriques doivent se faire sous la surveillance d'une personne compétente en radioprotection du personnel (PCR).
- La justification individuelle des examens radiologiques pour chaque patient et l'optimisation de chaque acquisition. Pour ces deux derniers principes, il a été mis en place une formation obligatoire décennale de radioprotection du patient pour tous les praticiens et un *Guide des indications et des procédures des examens radiologiques en odontostomatologie* a été réalisé sous l'égide de l'ASN et de l'HAS (2006).

3. Les rayonnements ionisants

Un rayonnement est dit ionisant lorsqu'il est susceptible d'arracher des électrons à la matière. Deux types de rayonnement peuvent produire ces effets : les flux de particules et les rayonnements électromagnétiques dont font partie les rayons X.

Tableau 1
Tableau récapitulatif de la réglementation française : appareils de radiographie endobuccale et exobuccale hors appareils mobiles ou transportables.

Contrôle	Fréquence	Personne/Organisme habilité	Référence
Contrôle technique interne	<ul style="list-style-type: none"> • À la réception dans l'établissement • Avant la première utilisation • En cas de modification majeure de l'installation • Tous les ans 	<ul style="list-style-type: none"> • PCR • Organisme agréé par l'ASN • IRSN 	Décision n°2010-DC-0175 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 4 février 2010
Contrôle technique externe	<ul style="list-style-type: none"> • Avant la première utilisation • Tous les 5 ans 	<ul style="list-style-type: none"> • Organisme agréé par l'ASN (différent de celui réalisant le contrôle technique interne) • IRSN 	Décision n°2010-DC-0175 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 4 février 2010
Contrôle technique d'ambiance interne	<ul style="list-style-type: none"> • Trimestriel 	<ul style="list-style-type: none"> • PCR • Organisme agréé par l'ASN • IRSN 	Décision n°2010-DC-0175 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 4 février 2010
Contrôle technique d'ambiance externe	<ul style="list-style-type: none"> • Avant la première utilisation • Tous les 5 ans 	<ul style="list-style-type: none"> • Organisme agréé par l'ASN (différent de celui réalisant le contrôle technique interne) • IRSN 	Décision n°2010-DC-0175 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 4 février 2010
Contrôle de qualité interne	<ul style="list-style-type: none"> • Initial • Trimestriel 	<ul style="list-style-type: none"> • Exploitant • Prestataire au choix de l'exploitant 	Décision du 8 décembre 2008 de l'AFSSAPS
Audit externe du contrôle de qualité interne	<ul style="list-style-type: none"> • Annuel 	<ul style="list-style-type: none"> • Organisme agréé par l'AFSSAPS 	Décision du 8 décembre 2008 de l'AFSSAPS
Contrôle de qualité externe	<ul style="list-style-type: none"> • Quinquennal (± 3 mois) 	<ul style="list-style-type: none"> • Organisme agréé par l'AFSSAPS 	Décision du 8 décembre 2008 de l'AFSSAPS
Formation PCR (Personne Compétente en Radioprotection du personnel)	<ul style="list-style-type: none"> • Quinquennal 	<ul style="list-style-type: none"> • IRSN • Organisme agréé par l'ASN 	Arrêté du 26 octobre 2005
Formation portant sur la radioprotection des patients exposés aux rayonnements ionisants (praticien)	<ul style="list-style-type: none"> • Tous les 10 ans 	<ul style="list-style-type: none"> • Universités • Organismes de formation continue 	Arrêté du 18 mai 2004

Lors d'un examen radiologique, les rayons X utilisés vont :

- soit traverser la matière pour aller impressionner le film ou le récepteur numérique (« noir » de l'image radiologique),
- soit être partiellement ou totalement absorbés (respectivement « gris » et « blanc » de l'image radiologique). Se faisant, ils transfèrent une partie de leur énergie aux tissus traversés, ce transfert étant susceptible de créer une ionisation.

Au niveau tissulaire, ces ionisations sont susceptibles d'induire :

- des effets déterministes : effets précoces, réversibles (si les lésions ne sont pas trop sévères), qui apparaissent toujours à partir d'une dose seuil et dont la gravité augmente proportionnellement avec la dose (radiodermite, cataracte, stérilité...),
- des effets stochastiques ou aléatoires : résultant de l'altération des molécules d'ADN, ils induisent, sur une cellule somatique, une radio-cancérogenèse et,

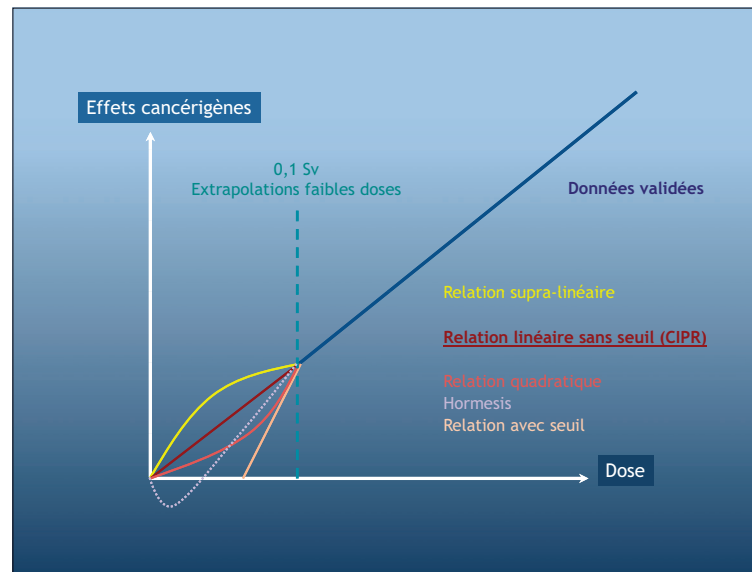


Figure 1
Relations dose/effets cancérogènes.

sur une cellule germinale, une mutation génétique. Ils sont tardifs, ne présentent pas de dose seuil et leur fréquence augmente avec la dose.

En radiodiagnostic odonto-stomatologique, et donc orthodontique, seul des effets stochastiques somatiques sont susceptibles d'être observés. Leur probabilité de survenue est régie par les lois de la statistique, ce qui implique que le « risque zéro » n'existe pas. Prenant appui sur les enquêtes épidémiologiques concernant des populations exposées à différents taux de radiation (travailleurs de l'industrie nucléaire, maison à forte teneur en radon, survivants d'Hiroshima et de Nagasaki...), plusieurs modèles statistiques de relation entre les effets cancérogènes et les doses reçues ont été proposés. La CIPR retient l'un des plus pessimistes afin de ne pas sous-estimer le risque : la relation linéaire sans seuil (Fig. 1). Ce modèle est à l'origine de la majorité des politiques de santé à travers le monde, même si, en l'absence de données valides, certains organismes ont émis des réserves pour son usage concernant les faibles et les très faibles doses (domaine du radiodiagnostic odonto-stomatologique). Ainsi, en 1999, l'Académie Nationale de Médecine rappelait que « depuis quatre milliards d'années la vie s'est développée dans un bain de rayonnements capables de léser l'ADN : rayonnements ionisants et rayons ultraviolets du soleil. Les êtres vivants sont dotés de mécanismes puissants de réparation de l'ADN qui expliquent que la vie ait pu s'épanouir dans cet

environnement. La dose de rayonnements ionisants d'origine naturelle reçue annuellement en France par l'homme se situe entre 1,5 milliSievert (mSv)/an et 6 mSv/an selon les régions, mais elle atteint parfois 10 à 20 mSv. Dans de vastes régions du globe, des millions d'êtres humains sont exposés à des rayonnements naturels délivrant des doses pouvant atteindre 100 mSv/an. L'utilisation des rayonnements ionisants en médecine (radiodiagnostic, médecine nucléaire, etc.) délivre en moyenne, en France, une dose d'environ 1 mSv/an par personne (allant de 0 à 50 mSv selon les examens effectués) » [1].

Toutefois, comme l'absence d'effets détectables ne permet pas d'exclure totalement leur existence, le principe de précaution, par ailleurs inscrit dans la Constitution française, implique que tout praticien doit considérer que toute exposition, quelque soit la dose utilisée, est susceptible d'induire un changement cellulaire malin et donc un cancer létal. Cet éventuel effet carcinogène s'applique à partir du taux naturel de mortalité par cancer. Celui-ci est de 25 %, l'excès maximal (la relation linéaire sans seuil ne donnant pas une estimation du risque mais sa limite supérieure) pour une dose de 0,1 Sv délivrée à un million d'individu est de 0,55 % soit 251 375 morts par cancers au lieu de 250 000. « Cette relation linéaire sans seuil est donc à comprendre comme un risque plafond, permettant des comparaisons de risques, en estimant un nombre maximal de cancers sur des effectifs induits par une irradiation à une dose donnée » [4].

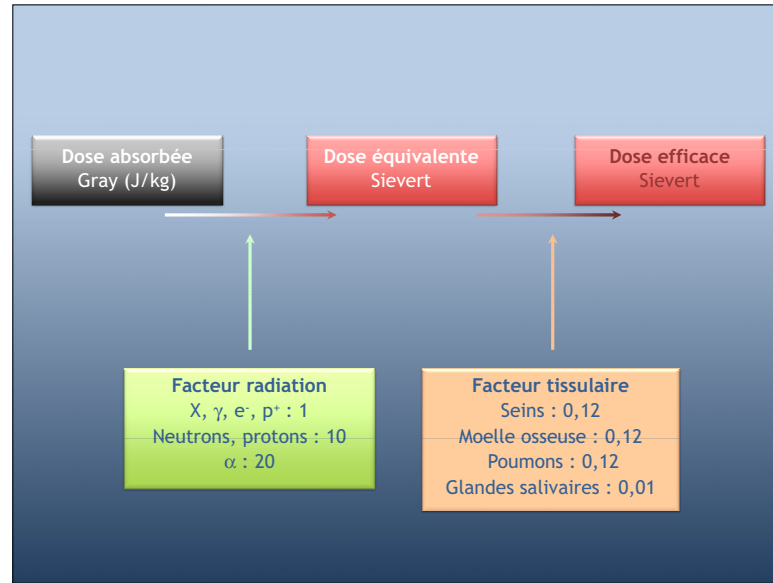


Figure 2
Unités utiles en radioprotection.

4. Radio-exposition humaine et risques

La compréhension des risques inhérents à chaque examen de radiodiagnostic passe par l'évaluation des doses induites.

Plusieurs grandeurs et unités sont utilisées en radioprotection [8] (Fig. 2) :

- La *dose absorbée* (mesurée en Gray, Gy) qui évalue la quantité d'énergie absorbée (exprimée en Joule, J) par unité de masse (exprimée en kilogramme, kg). Cette grandeur physique est directement liée aux paramètres de l'exposition radiologique (kilo-voltage, kV et milliAmpère × seconde, mAs).
- La *dose équivalente*, plus explicite car elle prend en compte la nocivité propre de chaque rayonnement ionisant. Ainsi, à dose absorbée égale, un rayonnement de neutrons est en moyenne 10 fois plus dangereux qu'un faisceau de rayons X. La dose équivalente (exprimée en Sievert, Sv) correspond ainsi à la dose absorbée multipliée par un facteur de pondération radiologique correspondant à chaque rayonnement. En radiodiagnostic, le facteur de pondération des rayons X est de 1 : une dose absorbée de 1 Gy correspond donc à une dose équivalente de 1 Sv.
- La *dose effective (ou efficace)* qui prend en compte la susceptibilité de chaque tissu à un rayonnement ionisant. La dose efficace correspond à la dose équivalente multipliée par le facteur de pondération

Tableau 2
Facteurs de pondération tissulaire [10].

Organes	Facteurs
Moelle osseuse rouge	0,12
Côlon	0,12
Poumons	0,12
Estomac	0,12
Seins	0,12
Gonades	0,08
Vessie	0,04
Foie	0,04
Œsophage	0,04
Thyroïde	0,04
Peau	0,01
Surfaces osseuses	0,01
Cerveau	0,01
Glandes salivaires	0,01
Reste de l'organisme	0,12
Total de l'organisme	1

tissulaire de chaque tissu exposé (Tab. 2). Il permet de rapporter à l'individu la probabilité d'effets stochastiques existant au niveau d'un organe.

Ainsi, dans notre domaine, la dose efficace totale est calculée à partir de capteurs thermo-luminescents placés dans un fantôme constitué d'un crâne osseux

Tableau 3
Comparaison des doses efficaces selon les techniques de radiographie odonto-stomatologique [9].

Techniques	Dose efficace (µSv) ¹	Risque théorique max. (cancer létal / million)
Cliché rétro-alvéolaire/rétrocoronaire	1-8	≤ 0,5
Bilan rétro-alvéolaire (20 films)	30-150	≤ 8
Cliché occlusal maxillaire	8	≤ 0,5
Panoramique dentaire	4-30	≤ 2
Téléradiographie de profil	2-3	≤ 1
Tomographie (1 coupe)	1-190	≤ 14
Tomodensitométrie max. ou mand.	75-100	≤ 10
Tomodensitométrie du crâne	400-1000	≤ 75
Tomographie volumique « grand champ » ²	70-550	≤ 50
Tomographie volumique « moyen champ » ²	70-550	≤ 50
Tomographie volumique « petit champ » ²	5-500	≤ 45

¹ CIPR, 2007.

² les doses efficaces varient énormément selon les différentes machines proposées par les constructeurs.

et de résines simulant l'absorption des différents tissus. Elle correspond à la somme des doses efficaces reçues par chaque organe exposé et est calculée selon la formule rapportée ci-dessous.

Dose efficace en odontologie =

$D_{\text{équivalente}}(\text{moelle osseuse}) \times 0,165 \times 0,12$
 + $D_{\text{équivalente}}(\text{thyroïde}) \times 0,04$
 + $D_{\text{équivalente}}(\text{œsophage}) \times 0,01 \times 0,04$
 + $D_{\text{équivalente}}(\text{surface osseuse}) \times 0,165 \times 0,01$
 + $D_{\text{équivalente}}(\text{glandes salivaires}) \times 0,01$
 + $D_{\text{équivalente}}(\text{peau}) \times 0,05 \times 0,01$
 + $D_{\text{équivalente}}(\text{cerveau}) \times 0,01$
 + $D_{\text{équivalente}}(\text{ndx lymph./5 \%}, \text{ muscles/5 \%}, \text{ muq. oral, voies aér.})$

En pratique, il revient à chaque constructeur d'appareil radiologique de faire évaluer son dispositif radiogène par un organisme reconnu. Les fabricants doivent fournir les doses efficaces moyennes pour les examens les plus fréquemment réalisés, ce qui permet au praticien, lors du choix de l'appareil et lors de son utilisation, de comparer à la fois les performances techniques (définition des images, modulation du champ d'exposition...) et les performances en termes de radioprotection. Cet aspect est particulièrement indispensable à prendre en compte pour la tomographie volumique à faisceau conique (*Cone Beam* ou CBCT) qui s'adresse, en orthopédie dento-faciale, principalement à des enfants ou des adolescents.

Tableau 4
Influence de l'âge sur les risques d'apparition des effets stochastiques [10].

Âges (années)	Coefficient multiplicateur
< 10	3,0
10-20	2,0
20-30	1,5
30	1,0
30-50	0,5
50-80	0,3
> 80	Risque négligeable

À partir de la dose effective, utilisant la relation linéaire sans seuil, il est possible pour chaque examen de radiodiagnostic de calculer un risque théorique maximum de cancer létal par million d'individus, risque qui aide à justifier, ou non, un examen pour une situation clinique donnée (calcul bénéfice/risque) (Tab. 3).

Ce calcul est réalisé pour un individu adulte de 30 ans et doit être pondéré par l'âge du patient, la radiosensibilité des tissus diminuant avec l'âge et la diminution de l'espérance de vie rendant moins probable l'expression des effets stochastiques (Tab. 4). À tous les âges de la vie, les risques sont légèrement supérieurs chez les femmes et inférieurs chez les hommes [6, 11].

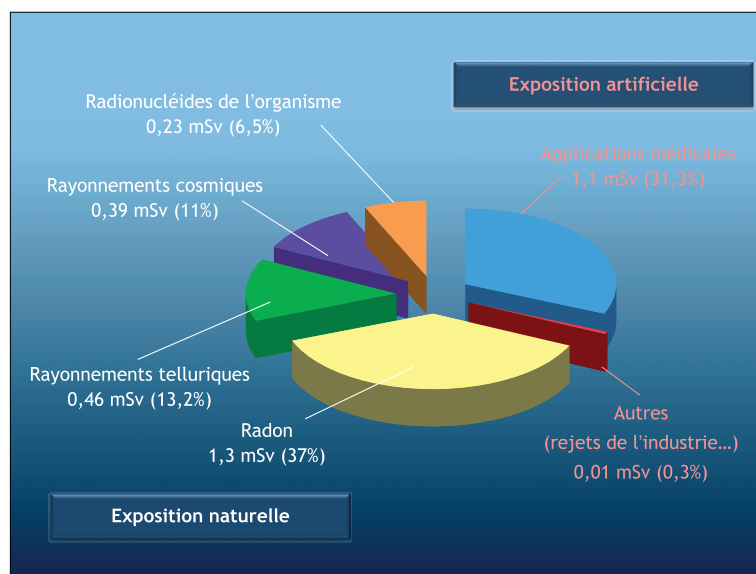


Figure 3
Radio-exposition française humaine moyenne.

Tableau 5
Équivalence des risques en radiodiagnostic odontologique [8].

Techniques	Dose efficace (µSv)	Jours et heures d'irradiation naturelle	Jours de vol/séjour à 3 000 m	Nombres de cigarettes/jour
Cliché rétro-alvéolaire/rétrocoronaire	1-8	4 h-1 j	1-2	1-2
Bilan rétro-alvéolaire (20 films)	30-150	5-20 j	8-40	10-40
Cliché occlusal maxillaire	8	1 j	2	2
Panoramique dentaire	4-30	10 h-5 j	1-8	1-10
Téléradiographie de profil	2-3	12 h	1	1
Tomographie (1 coupe)	1-190	4 h-30 j	1-50	1-50
Tomodensitométrie max. ou mand.	75-100	12-15 j	24-30	24-30
Tomodensitométrie du crâne	400-1000	60-150 j	120-285	120-300
Tomographie volumique « grand champ »	70-550	10-85 j	20-150	20-165
Tomographie volumique « moyen champ »	70-550	10-85 j	20-150	20-165
Tomographie volumique « petit champ »	5-500	18 h-75 j	2-145	2-150

Néanmoins, en pratique, il est difficile lors de la prescription d'un examen de radiodiagnostic d'expliquer à un patient le mode de calcul qui conduit à la justification d'un examen radiologique. Il est plus aisé d'expliquer, si nécessaire, les risques induits en les comparant à l'irradiation naturelle reçue par un individu (3,5 mSv en France en moyenne) (Fig. 3) ou aux autres risques induits par les activités de la vie courante (Tab. 5).

5. Conclusions

Ainsi que le rappelait en 1999 l'Académie nationale de médecine [1] « *La communication sur les problèmes de radioprotection est difficile et très peu satisfaisante actuellement, et ce pour de multiples raisons :*

- *Il s'agit d'un domaine techniquement complexe où interviennent des notions délicates de physique, de biologie, de médecine, d'épidémiologie et de gestion socio-politique des risques [...],*

- Les unités utilisées sont peu parlantes, nombreuses [...],
- L'image que donnent les médias des incidents ou accidents impliquant l'industrie nucléaire est souvent erronée et « sensationnalisée » [...],
- Les limites réglementaires en matière de radioprotection sont mal perçues par le public qui croit qu'elles sont fondées sur la nécessité d'éviter un risque sanitaire. Or, celles-ci (qu'il s'agisse par exemple de la dose aux personnes du public ou des autorisations de rejets) sont volontairement placées à des valeurs extrêmement basses, dépourvues de signification sanitaire [...],
- La communication autour de la radioprotection n'est pas centrée sur l'aspect médical [...],
- L'enseignement des intervenants potentiels que sont les médecins et les autres professions de santé, reste insuffisant dans le domaine de la radioprotection, de la santé publique et de la gestion des risques sanitaires. »

Si la radioprotection est souvent analysée à travers une série de textes législatifs peu explicites et contraignants, elle repose en réalité sur un principe simple « aussi bas qu'il est raisonnablement possible », qui peut être résumé en quelques tableaux et quelques figures.

En orthopédie dento-faciale, le principe de radioprotection est renforcé par le fait que la majorité de nos patients sont des enfants, des adolescents et de jeunes adultes. Ainsi que le démontre un rapport récent IRSN/InVS [5] :

« C'est l'enfant de moins d'un an qui reçoit en moyenne, chaque année, le plus de rayonnement ionisant avec 0,35 mSv/an. De 1 à 10 ans, le nombre d'actes, et donc la dose reçue, diminue (0,2 mSv/an chez les 1-4 ans, 0,15 mSv chez les 5-9 ans), pour augmenter à nouveau à partir de 10 ans, du fait des examens des membres, plus fréquents dans cette tranche d'âge, et des panoramiques dentaires (0,2 mSv chez les 10-14 ans et 0,3 mSv chez les 15-17 ans). »

Comme tous les autres intervenants en imagerie médicale (fabricants, radiologues...), les orthodontistes ont donc un rôle majeur dans la protection des populations sensibles. Ce rôle repose finalement sur quelques règles simples, basées sur la logique et le bon sens : justification de toutes les acquisitions, limitation des expositions utiles et formation continue des praticiens.

Bibliographie

- [1] Académie Nationale de Médecine. Avis au nom de la commission : Énergie nucléaire et santé. Paris : Académie nationale de médecine, 1999, 14 p.
- [2] Commission Européenne. Directive Euratom 96/29. Bruxelles, 1996.
- [3] Commission Européenne. Directive Euratom 97/43. Bruxelles, 1997.
- [4] Cordoliani YS, Foehrenbach H. Radioprotection en milieu médical : Principes et mise en pratique. Paris : Elsevier Masson, 2008, 215 p.
- [5] Etard C, Sinno-Tellier S, Aubert B. Exposition de la population française aux rayonnements ionisants liée aux actes de diagnostic médical en 2007. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire/Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire, 2010, 104 p.
- [6] European Commission. Radiation Protection 136: European guidelines on radiation protection in dental radiology. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2004, 120 p.
- [7] Fields RT, Goaz PW. Notes on the history of dental radiology. Texas Dental J 1995;112(2):15-22.
- [8] Foucart JM, Felizardo R, Bidange G. La radioprotection en odontologie: Réglementation française et nouvelles normes européennes. Paris : Editions CdP, 2007, 126 p.
- [9] Foucart JM, Felizardo R, Bourriau J, Bidange G. La tomographie volumique à faisceau conique (CBCT) : du mythe à la réalité... Clinics 2009;30:483-493.
- [10] ICRP. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Annals of the ICRP 2007; 37(2-4):35-332.
- [11] SEDENTEXCT. Radiation protection: Cone beam CT for dental and maxillofacial radiology. Evidence Based Guidelines. www.sedentexct.eu, 2011, 139 p.