
Histoire fantasmatique de la radioactivité et des rayons X : de l'attraction à la répulsion

Robert CAVÉZIAN

Docteur en médecine, radiologue, ancien praticien hospitalier, membre libre de l'Académie nationale de chirurgie dentaire.

Correspondance :
Cabinet de Radiologie dentaire
Échelle-Saint Honoré
179, rue Saint Honoré
75001 Paris
(cavezian@club-internet.fr)

Résumé

Les radiations ionisantes, et plus particulièrement l'utilisation des rayons X pour le diagnostic médical, suscitent chez les patients et les praticiens, des craintes sur leurs effets. À l'adhésion admirative première s'est substituée une méfiance et, pour certains, un rejet. L'histoire de la perception des rayonnements ionisants tient en grande partie du fantasme qui, par un glissement progressif, a changé la confiance en défiance.

Mots-clés : radioactivité, rayons X, irradiation, radioprotection, directives européennes

Naturels ou artificiels comme les rayons X, les rayonnements ionisants sont capables de phénomènes d'ionisation avec une possibilité d'effets biologiques sur les cellules vivantes. Perçues comme bénéfiques au début du XX^e siècle, ces radiations ont été progressivement considérées comme potentiellement dangereuses. Au-delà du fantasme, faisons le point...

La découverte des rayons X et de la radioactivité

Le 8 novembre 1895, **Wilhelm Conrad Roentgen** découvre une « nouvelle sorte de rayonnement », mystérieux, qu'il appellera X [2]. Le 22 novembre, il réalise la première image radiographique : la main de son épouse Bertha. Il obtiendra le premier Prix Nobel de physique, en 1901 (fig. 1). En mars 1896, **Henri Becquerel** met en évidence les « rayons uraniques » (fig. 2). En 1898, **Pierre et Marie Curie**, découvrent le polonium et le radium. Becquerel et les époux Curie (fig. 3) obtiendront conjointement, le Prix Nobel de physique en 1903. Le monde médical prend rapidement conscience de l'intérêt des rayons X. La radiographie trouve un intérêt majeur dans le dépistage et la surveillance de ce qui est alors un fléau : la tuberculose (fig. 4). Parallèlement, s'ouvrent des cabinets ludiques de « photographie Roentgen ». Des produits censés contenir (et pour certains contenant) des substances radioactives « bienfaites » sont commercialisées. En France, sous le patronage d'un Dr Alfred... Curie, Tho-Radia connaîtra un large succès jusqu'aux

Abstract

The phantasmic story of radioactivity and X-rays : from attraction to repulsion

Ionizing radiations, and more over the use of X-rays in medical radio diagnosis, induce for patients and doctors, fear about their effects. After an initial admiring period, defiance or rejection takes place in general people's mind. The story of the perception of ionizing radiations is phantasmic for a large part with a progressive replacing public confidence with mistrust.

Keywords : radioactivity, Xrays, irradiation, radioprotection, european laws

années 1940 (fig. 5). Les accidents cutanés des radiations ionisantes sont identifiés dès 1896. Au 12^e Congrès International de Médecine à Moscou, en 1897, 50 cas mondiaux sont rapportés par les Français Oudin, Barthélémy et Darier. En 1903, A. de Pissareff rédige, à Paris, une thèse sur « L'action des radiations nouvelles sur les êtres vivants ». Dès 1904, Antoine Bécclère insiste sur les « Moyens de protection des médecins et de leurs patients contre l'action nocive des nouvelles radiations ». C'est en 1906 que la loi de Bergognié et Tribondeau, piliers de la radiobiologie, est formulée : *Les rayons X agissent avec d'autant plus d'intensité sur les cellules que l'activité reproductrice de ces cellules est grande, que leur devenir caryocinétique est plus long, que leur morphologie et leurs fonctions sont moins définitivement fixées*. On admire le « glorieux martyrologe » des scientifiques victimes de la radiologie. La perception des rayonnements ionisants va changer à la suite du bombardement d'Hiroshima et de Nagasaki (6 et 9 août 1945) et sera renforcée par l'accident de Tchernobyl (26 avril 1986). La confusion va vite s'établir entre les désastres nucléaires et le radiodiagnostic.

Fortes doses : effets déterministes (obligatoires)

Aux fortes doses (sans rapport avec celles du radiodiagnostic), les effets déterministes sont caractérisés par une dose-seuil au-dessus de laquelle ils sont obligatoires. Au-



Fig. 1. Röntgen



Fig. 4. La tuberculose



Fig. 2. Becquerel

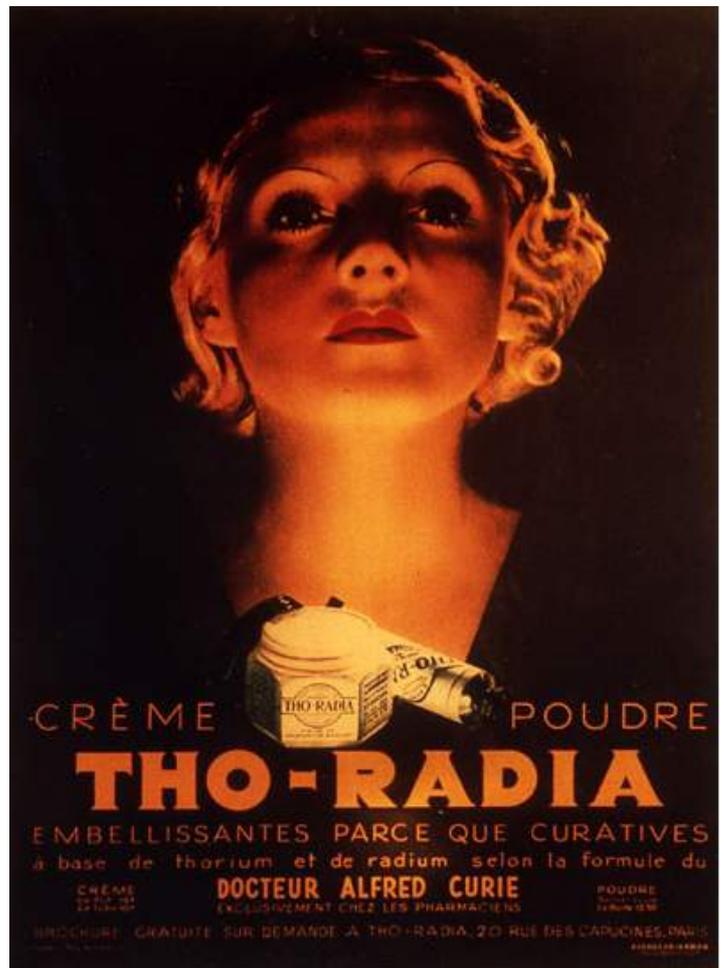


Fig. 5. Tho-Radia



Fig. 3. Pierre et Marie Curie

dessous de la dose-seuil aucun effet n'est observable. Ces effets varient avec le volume de tissu irradié, et la gravité augmente avec la dose (les manifestations sont précoces d'autant plus rapides que la dose est importante). En cas d'irradiation globale aiguë, délivrée dans un temps très bref, l'ensemble du corps humain est le « volume-cible ». Pour une dose létale 50 (DL 50) de 4 Gy, à une phase initiale de 1 à 2 heures avec céphalées, asthénie, hyperthermie, nausées et vomissements, succède une amélioration clinique trompeuse de 1 à 2 jours pendant laquelle s'installe insidieusement une aplasie médullaire. À la 2^e ou 3^e semaine survient une phase d'état associant syndromes infectieux, hémorragique, digestif et neurovasculaire. Enfin, une phase d'aggravation conduit à la mort en moins de 2 jours ou la rémission par restauration des lignées sanguines. La dose létale 100 (DL 100) se situe à 6 Gy. En cas de survie après une irradiation à forte dose, plusieurs années après l'exposition, peuvent se manifester, une fibrose et/ou un cancer des organes sensibles.

En cas d'irradiation localisée, la peau est la première cible (dépilation ou alopecie avec desquamation puis épidermite, radiodermite exsudative avec phlyctènes, né-

crose tissulaire).

Faibles doses : effets stochastiques (probalistiques ou aléatoires)

Le radiodiagnostic est concerné. L'absence de seuil résulte du caractère probalistique des effets qui pourraient apparaître même à très faible dose à moins que n'intervienne « un processus de réparation efficace jusqu'à une dose limite... » [6]. La notion de dose-seuil est remplacée par la notion de risque. L'appréciation du risque, statistique pour l'ensemble de la population, est difficile à mettre en évidence, d'autant que la dose est faible et qu'interviennent d'autres facteurs de risques dits « librement consentis ».

En France, en moyenne, chaque individu reçoit 2,4 mSv par an (6,5 µSv par jour) dont 58 % sont d'origine naturelle (cosmique, tellurique, radon, aliments, eaux minérales...). Les rayonnements artificiels représentent 42 % de la dose totale pour 1,1 mSv/an (d'origine médicale pour la quasi-totalité). L'IRSN et l'Institut de veille sanitaire estiment, qu'en 2002, en France, entre 61,3 et 73,6 millions d'actes médicaux utilisant les radiations ionisantes ont été pratiqués, soit une dose moyenne de 0,66 à 0,83

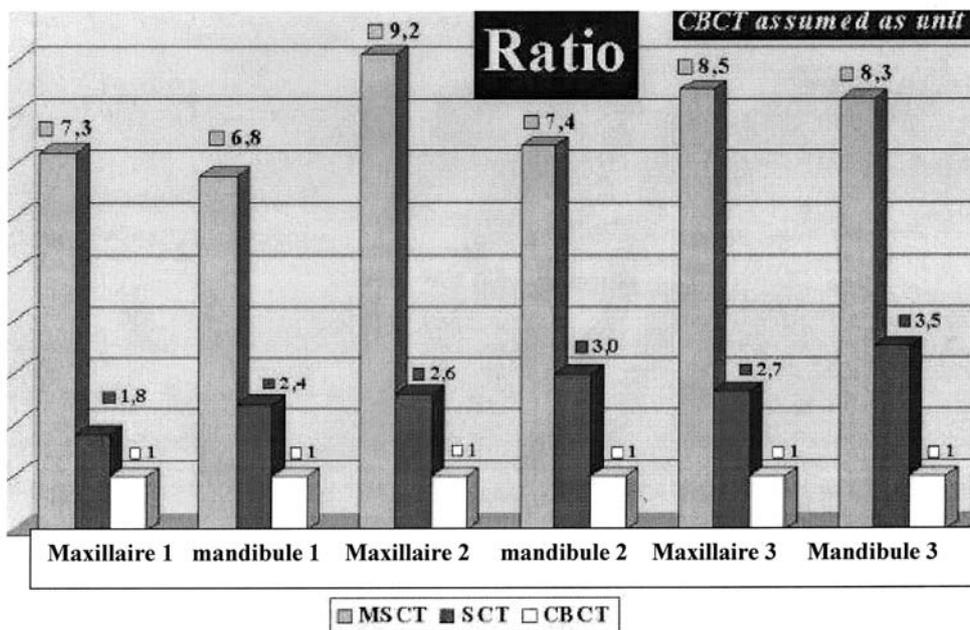


Tableau I. La comparaison des doses selon trois techniques sectionnelles : « cone beam » New-Tom®, tomographies, scanner est explicitée par S.D. Bianchi [1].

technique radiologique	doses efficaces (µSv)	équivalence irradiation naturelle	risque non prédictif de cancer par 10 ⁶ individus	équivalence du risque par nombre de cigarettes
cliché rétro alvéolaire (RA) ou rétrocoronaire (BW)	1-8	4 h -1 j	0,02-0,06	1-2
status complet RA	30-150	5-20 j	2-7,5	10-40
cliché occlusal maxill.	8	1 j	0,4	2
Panoramique(OPT)	4-30	10 h-5j	0,2-2	1-10
téléradio de profil	2-3	12 h	0,3-0,4	1
Scanner maxill.	100-500	15-75 j	8-40	30-155
Scanner mandib.	360-1200	55-185 j	18-88	100-350

Tableau II. Par comparaison avec la consommation de cigarettes (risque « librement consenti »), Jean-Michel Foucart rappelle dans le tableau suivant, d'autres équivalences [5].

mSv/an et par habitant (90 % des actes provenaient de la radiologie conventionnelle pour 40% de la dose totale, le scanner Rx recouvre 6% des actes pour un peu plus de 30% de la dose. 1% des actes auraient pour origine la radiologie interventionnelle qui représenterait 20% de la dose totale délivrée à la population). Cordoliani parle de « radiologie légère » pour le radiodiagnostic dentaire [3]. Sur 60 millions d'actes conventionnels, 15 millions concernaient la radiologie dentaire (25 %) pour < 0,01% de répartition des doses... (source BEH in *Le Figaro* du 18 avril 2006). Les tenants de l'absence d'innocuité des rayons X à faibles doses en radiodiagnostic postulent que si un dommage n'est pas démontrable, on ne saurait en écarter sa possibilité. « Il est raisonnable de choisir (...) les hypothèses pessimistes pour établir des réglementations » [9]. En extrapolant les effets connus des fortes doses, on prolonge de parti pris la courbe vers l'origine en appliquant un facteur de réduction de 2. Cette attitude revient à admettre que, quelle que soit la dose, il existe un risque qui conditionne les calculs ainsi que la législation de radioprotection. Elle est vivement combattue dans un rapport conjoint de l'Académie des sciences et de l'Académie de médecine [8].

Imagerie médicale et équivalents de doses

En prenant comme référence, en France, l'irradiation naturelle moyenne (2,4 mSv/an soit 6,5 μ Sv/j), on peut avancer des équivalents de doses des examens radiologiques. La dose délivrée pour un cliché de thorax est sensiblement l'équivalent de 15 jours d'irradiation naturelle, un cliché panoramique de 1 à 2 jours, un status « long-cône » (films F) de 4 à 5 jours, un scanner maxillaire de 8 à 20 jours (selon le protocole), un examen tomographique spirale sectoriel de 1,5 à 3 jours, un examen tomographique volumique des « cone beam » NewTom® des arcades de 3 jours. (Tableaux I-II)

Nous ajouterons que dans une population d'un million d'individus, le risque statistique d'un décès, dans cette population, est de... 20 minutes de la vie d'un homme de 60 ans [2].

Effets des radiations ionisantes sur l'embryon et le fœtus

L'embryon et le fœtus humains sont sensibles à l'irradiation avec des variations selon le stade de développement. Les effets restent « stochastiques », sans certitude, pour les faibles doses. Il n'a pas été relevé d'accroissement de malformation ou de retard mental chez les enfants de femmes enceintes irradiées à Hiroshima et Nagasaki (l'incidence naturelle de malformations ou de retard mental [QI < 70] dans la population générale est de 3% comme chez les sujets soumis à des rayonnements ionisants [source CIPR 84]). Il n'a pas été, non plus, constaté d'accroissement du nombre de cancers chez les enfants de femmes enceintes irradiées à Hiroshima et Nagasaki. On n'a pas relevé d'augmentation des malformations sur les descendants des survivants d'Hiroshima et Nagasaki (Life span study) ni d'effet génétique significatif chez les enfants de parents irradiés et leur descendance.

Il n'a pas été démontré à ce jour d'effet chez l'homme pour des doses inférieures à 100 mGy (dose supérieure à celle des procédures radiologiques ou de médecine nucléaire, à visée diagnostique) [7]. Le praticien qui demande ou réalise un examen radiographique dentaire à son cabinet ou le radiologue à qui l'examen est délégué a le devoir de rassurer la patiente en soulignant l'intérêt de l'examen, la modestie de la dose délivrée et l'éloignement du champ de rayons X de la région pelvienne. Le tablier plombé dont pourra être revêtue une patiente inquiète aura pour effet de la rassurer afin qu'elle puisse poursuivre sereinement sa grossesse.

Organismes de surveillance des radiations ionisantes

Aucun risque physique n'est mieux étudié que le risque des radiations ionisantes.

Organismes internationaux

En 1928, au 2^e Congrès International de Radiologie à Stockholm, est créée la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR), composée d'experts indépendants de plusieurs pays. Elle publie régulièrement des recommandations suivant l'évolution des connaissances. Les directives européennes Euratom 96/29 et 97/43 résultent de recommandations émises en 1990 (CIPR 60).

Après Hiroshima et Nagasaki (1945) sont installés l'UNSCAR (United Nations Scientific Committee on Effects of Atomic radiations), le BEIR (Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiations, américain), l'AIEA : Agence Internationale de l'Energie Atomique, de Vienne. En 1957 est signé le Traité de Rome. Du Conseil des Communautés européennes dépend l'Euratom (organisme européen chargé de la radioprotection) qui peut prendre des décisions qui s'appliquent obligatoirement aux pays membres. C'est ainsi qu'ont été promulguées la Directive Euratom 96/29 qui définit les bases de la radioprotection de la population et des travailleurs et la Directive Euratom 97/43 qui organise « la protection sanitaire des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants lors des expositions à des fins médicales » [4].

Organismes français

L'IRSN ou Institut de radioprotection et sûreté nucléaire (placé sous l'autorité des ministres de la Défense, de l'Environnement et de l'Industrie, de la Santé et de la Recherche) participe à la recherche et aux expertises internationales, à l'élaboration et recueil des niveaux de référence, à l'enregistrement, l'exploitation ainsi que la conservation des résultats de la dosimétrie des travailleurs.

La DGSNR ou Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection assure le contrôle de la sûreté nucléaire et la radioprotection du public des travailleurs et de l'environnement, sous l'autorité des ministres de l'Environnement, de l'Industrie et de la Santé.

La Direction des relations du travail est chargée, au sein du ministère du Travail, de l'élaboration de la réglemen-

tation concernant les travailleurs dont le contrôle revient à l'Inspection du travail. Sur 250.000 personnes professionnellement exposées aux radiations ionisantes, 110.000 travaillent dans le secteur médical pour environ 50.000 dispositifs de radiologie (hors scanner) dont près de 35.000 postes de radiologie dentaire.

Installation Radiologique	Dentaire	Médicale (hors scanner)	Total
Privée	33.859	9.737	43.596
Publique	881	6.364	7.245
Total	34.740	16.101	50.841

Tableau III : Évaluation des installations radiologiques au 31 décembre 2003 (source rapport gouvernement français)

La réglementation française : aspects spécifiques

L'ordonnance 2001-270 du 28 mars 2001 relative à la transposition des Directives européennes Euratom 96/29 et 97/43 a modifié le Code de la Santé publique et le Code du travail par plusieurs décrets et arrêtés qui en définissent les modalités. Ces Directives instituent deux principes fondamentaux : le principe de justification de l'examen (le bénéfice doit être supérieur au « risque » supposé) et le principe d'optimisation de l'examen (pour un même résultat, il faut recourir à la technique « la moins irradiante »).

Conclusion

L'imagerie en dento-maxillaire est particulièrement économe en doses d'irradiation. Le risque évoqué, pour ces faibles doses, est potentiel, sinon virtuel. L'adoption d'une position pessimiste s'applique avec la même rigueur, aux radiologues et aux chirurgiens-dentistes. La législation nationale intègre les directives Euratom 96/29 et 97/43. Il appartient aux acteurs de l'acte médical d'être

convenablement formés et informés afin de répondre aux interrogations du patient mais aussi de solliciter ou d'effectuer les examens diagnostiques utilisant les radiations ionisantes dans les conditions définies par la loi. Chirurgiens dentistes et radiologues, invités à un dialogue permanent pour une action concertée contributive et rationnelle, ont le devoir d'aider les patients à surmonter leur perception fantasmagorique et trop souvent erronée, du radiodiagnostic.

Bibliographie

1. **BIANCHI Silvio Diego, ANGLÉSIO S., CASTELLANO S., RIZZI L., MAGONA R.** "Absorbed doses and risk in implant planning : comparison between spiral CT and cone beam". 13th International Congress of Dento-Maxillo-facial Radiology. Glasgow, 5-8 août 2001. *Dentomaxillofac Radiol* 2001; 30 (suppl. 1). Elsevier, Berlin
2. **CAVEZIAN Robert, PASQUET Gérard, BEL Gilbert, BALLER Gilles.** *Imagerie dento-maxillaire : approche radio-clinique*, 3^e édition, Masson. Issy-les-Moulineaux 2006.
3. **CORDOLIANI Yves-Sébastien, FOEHRENBACH Hervé.** *Radioprotection en milieu médical*. Collection abrégée. Masson, Issy-les-Moulineaux 2005.
4. « Directive européenne, 97/43 Euratom du 30 juin 1997 relative à la protection sanitaire des personnes contre les dangers résultant des rayonnements ionisants ». *Journal officiel des Communautés Européennes* n° L 180, 9-07-1997.
5. **FOUCART Jean-Michel.** *La radioprotection en odontologie*. Collection Mémento. CdP, Vélizy 2004.
6. **GAMBINI D.-J., GRANIER R.** *Manuel pratique de radioprotection*. 3e édition. Tech. et doc. Lavoisier, Paris 2002.
7. ICPR « Publication 84 de la CIPR. Grossesse et irradiation médicale ». p. 8. IPSN. *EDP Sciences*, 2001
8. Rapport des Académies des sciences et de médecine consacré aux effets cancérigènes des faibles doses de rayonnements ionisants, Aurengo A., rapporteur, 11 mars 2005. http://www.academie-medecine.fr/upload/base/rapports_2288fichier_lie.rtf
9. **WAMBERSIE A.** « Radiologie et radioprotection en médecine dentaire. Première partie : Effets biologiques résultant d'une exposition aux rayons ionisants ». *Rev. Belge Méd. Dent.*, 1991, 46, p. 9-29.