

Les affections professionnelles provoquées par les rayonnements ionisants

Zerbib Jean Claude
(Expert-Senior CEA en Radioprotection)

Sommaire

1. La prévention

1.1 Les objectifs de la prévention

1.1.1 Les effets déterministes

- La prévention contre les effets déterministes
- La prise en charge des accidents

1.1.2 Les effets aléatoires

1.2 Les données relatives aux effets des rayonnements

2. Les maladies professionnelles provoquées par les rayonnements ionisants

2.1 L'évolution du tableau N° 6

2.2 Situation actuelle des affections cancéreuses radioinduites reconnues d'origine professionnelle (tableau n° 6 des MP du Régime Général)

2.3 Le bilan des affections reconnues en France pour les salariés du Régime Général de la Sécurité Sociale

2.3.1 Les conditions de la "reconnaissance" des maladies professionnelles

2.3.2 Les données statistiques relatives aux affections reconnues en France

2.3.3 Les bilans existants

- Ile de France
- La Belgique

3. Pour une révision de la liste des affections cancéreuses provoquées par les rayonnements ionisants

3.1 Les sarcomes des tissus conjonctifs

3.2 Le myélome multiple

Les premières affections professionnelles provoquées par les rayonnements ionisants ont suivi de très près la découverte du rayonnement X, faite par le professeur Conrad Röntgen, à Hambourg (Allemagne), en novembre 1895. Il s'agissait d'atteintes de l'organisme provoquées par des irradiations aiguës et uniques ou par des expositions chroniques, à des niveaux d'intensité généralement élevés. Ces atteintes sévères, ont très vite jalonné l'histoire de l'utilisation des rayonnements.

Elles étaient le fait de l'exposition des mains et des avant-bras par le rayonnement X émis par des générateurs électriques. Les lésions provoquées par ces irradiations consistaient en des brûlures radiologiques de la peau, qui allaient parfois jusqu'à la *nécrose* de la couche basale de l'épiderme, voire même des nécroses osseuses. Les premières atteintes de brûlures radiologiques, puis de cancers radio-induits, ont d'abord concerné, dans la première moitié du vingtième siècle, les réalisateurs de générateurs électriques de rayonnement et diverses catégories de chercheurs.

Par la suite, les développements du "*radiodiagnostic*"¹ puis de la "*radiothérapie*", ont entraîné l'exposition des professionnels du monde de la santé et tout particulièrement des radiologues, du personnel infirmier et des chirurgiens. Au cours des années cinquante, cette liste de professions à risque s'est étendue aux dentistes et aux vétérinaires [ZER88].

Dès les premières années qui suivirent l'utilisation des rayonnements X, plusieurs *cancérisations* survenues sur des radiodermites aiguës ou chroniques étaient signalées. Il s'agissait de *cancers de la peau* qui étaient souvent provoqués par l'irradiation répétée des extrémités².

¹ Le nombre de personnes exposées du fait des pratiques médicales continue d'augmenter. Il est voisin d'un acte diagnostique par an et par personne (55 millions d'examen en France en 1988) dans les pays ayant des systèmes de soins avancés [CIP96]. La dose moyenne par habitant est en France parmi les doses les plus élevées d'Europe (1,02 mSv.a⁻¹ en 1988 [MAC93]).

² Le premier cas fut signalé par Friebe à la "Société médicale de Hambourg" en 1902, soit 7 années après la découverte du rayonnement X. Il s'agissait d'un cancer professionnel : un homme de 33 ans, travaillant depuis 4 ans dans une fabrique de tubes à rayons X, testait sur sa main les appareils fabriqués [ZER94a].

Lorsque le nombre d'atteintes sévères rassemblées dans des publications³ était important, le taux moyen de dégénérescences malignes observées variait entre 15 et 75%, en étant souvent proche de 50%.

Ces atteintes se sont poursuivies dans la deuxième moitié du 20^{ème} siècle [ALE60], [LAC69], [LAG74], [RAD71], [ZER85], [ZER88] et il n'est pas exclu de les voir réapparaître chez quelques professionnels avec le développement de certaines techniques médicales (radiologie interventionnelle) qui conduisent à travailler, parfois plus d'une heure par patient, en ayant les mains proches du faisceau de rayonnement X. Notons également que le port de lunettes aux sels de plomb, de protège-thyroïde, voire même de tablier en caoutchouc au plomb adapté à la taille de l'opérateur est peu répandu.

La découverte par Pierre et Marie Curie, du polonium puis du radium, éléments⁴ plus "actifs" que l'uranium naturel, dont Henri Becquerel avait, deux ans auparavant, montré qu'il émettait un rayonnement pénétrant, devait également apporter, mais dans une moindre mesure⁵, son contingent de brûlures radiologiques. Les premières victimes de ces atteintes furent justement MM. Becquerel et Curie, qui décrivent d'ailleurs à l'Académie des Sciences (1901) la brûlure accidentelle du premier par une source de radium 226 et les conséquences de l'exposition volontaire⁶ et douloureuse du second.

Ainsi, quelques années après la découverte du rayonnement X, de la radioactivité naturelle de l'uranium puis de la mise en évidence du polonium et surtout du radium, les preuves étaient acquises que les rayonnements ionisants pouvaient provoquer chez l'homme des brûlures et induire des cancers.

En 1936, un monument était érigé par la "Société Röntgen" à la mémoire des 110 "Röntgenologues de tous les pays qui ont donné leur vie dans la lutte contre les maux de l'humanité". En 1959, les noms de 191 victimes furent ajoutés à cette première liste. Avec 65 noms, la France a été le pays qui a payé le tribut le plus lourd [ALE60], [ZER88], [COS97].

1. La prévention

³ Un chirurgien américain, Porter, qui s'est spécialisé dans le traitement de cancers de la peau provoqués par les rayonnements, recueille en 1907, dans la littérature médicale mondiale, 10 cas de cancers radioinduits. Un an plus tard, il en comptait 47. Les trois quarts des radiodermes observées avaient dégénéré.

⁴ Découvertes annoncées respectivement les 18 juillet et 26 décembre 1898 à l'Académie des sciences.

⁵ L'utilisation, sans protection, du radium 226 dans des peintures luminescentes, provoqua par contamination interne, des *sarcomes osseux*, mis en évidence dès 1929 chez des salariées de l'industrie horlogère américaine. Aux USA, il y avait encore environ 3600 utilisateurs de radium en 1975. Entre 1913 et 1964, il a été répertorié 396 incidents connus liés au radium, dont 261 pertes et 25 vols. La grande majorité (84%) de ces incidents concernait des sources à usage médical [LUB99].

⁶ Henri Becquerel avait mis dans une poche une fiole de verre scellée contenant du radium 226, empruntée aux époux Curie. Une rougeur, puis une brûlure, sont apparues au droit de la poche. Ayant changé de poche, la survenue de la 2^{ème} brûlure lui apporta la confirmation que les rayonnements émis par le radium produisent des rougeurs, puis des brûlures de la peau [BEC01]. Marie Curie avait, peu avant Becquerel, connu également la même mésaventure. Pierre Curie exposa volontairement, comme l'avait fait auparavant un chimiste allemand, son avant-bras à une source de radium pendant 10 heures. Il s'ensuivit une brûlure qui ne guérit qu'au bout de 4 mois.

La *radioprotection*⁷ a, vis-à-vis de la protection contre d'autres risques physiques, chimiques ou biologiques, un atout majeur : celui d'avoir été prit en charge, à l'échelon international, avant que ne se développent les grands projets industriels.

Dès 1928, les premières normes de radioprotection, inspirées des règles pratiques appliquées par les physiciens et radiologues anglais (1921) et allemands⁸ (1925), ont été proposées par une Commission, créée par des radiologistes, dénommée depuis 1950 : "Commission Internationale de Protection Radiologique" (CIPR).

Plusieurs pays ont pris en compte ces "règles de l'art", en matière de protection radiologique, rédigées par cette organisation non-gouvernementale. Quelques dizaines d'années plus tard, la grande majorité des pays intégraient dans leur réglementation nationale les "Normes de protection radiologique" proposées par la CIPR. Ces normes de base ont été publiées notamment en 1959, 1977 et 1991⁹ par la CIPR puis, reformulées par les organismes internationaux comme le BIT, l'OMS, l'AIEA, l'AEN/OCDE et par l'Union européenne (sous forme de "Directives").

1.1 Les objectifs de la prévention

La prévention vise principalement à empêcher la survenue de deux types d'effets :

► Les effets dits "déterministes", ainsi dénommés car ils surviennent chez l'ensemble des personnes exposées, de manière sure, après un certain délai de "latence", dès lors qu'une certaine dose de rayonnement a été reçue par le tissu ou l'organe considéré (brûlure de la peau, épilation, modification brutale de la formule sanguine, cataracte¹⁰ etc.) ou par l'organisme entier.

⁷ La "*radioprotection*" peut se définir comme étant l'ensemble des moyens mis en oeuvre pour éviter ou réduire à un niveau aussi bas que raisonnablement possible les expositions aux rayonnements ionisants, immédiates ou différées, des personnes professionnellement exposées et celles des personnes du public.

⁸ Dose annuelle fixée au 1/10^{ème} de la dose qui provoque un érythème (HED = Human Erythema Dose)

⁹ Depuis 1959, la Commission plénière de la CIPR attribue un numéro aux rapports qu'elle adopte et publie en langue anglaise. Ces publications relèvent de ses propres travaux comme c'est le cas des "Normes fondamentales de radioprotection" ou de ceux d'un de ses Comités. Les "Normes fondamentales" publiées en janvier 1977 portent la référence CIPR26. Les dernières "Normes fondamentales" ont été proposées en avril 1991. Elles ont fait l'objet d'une Directive européenne le 13 mai 1996 et ont été récemment transposées (certains éléments importants sont cependant encore attendus) dans la réglementation nationale française.

¹⁰ La cataracte se distingue par une manifestation plus tardive (plusieurs années après l'exposition).

-► Les effets dits “aléatoires” (ou “stochastiques”) car leur survenance, généralement tardive¹¹, est de nature probabiliste. Seule une petite fraction des personnes exposées aux rayonnements sera affectée par l’atteinte radioinduite.

1.1.1. Les effets déterministes

Ces effets, qui résultent de la mort d’un grand nombre de cellules, ne sont cliniquement observables, peu de temps après l’irradiation (quelques semaines), que si la dose, qui doit dépasser un certain seuil, a été délivrée dans un temps relativement court (quelques secondes, minutes ou heures). En deçà de la dose-seuil, l’effet n’est pas observé. Il ne se manifeste pas également si le seuil est dépassé mais la dose étalée dans le temps (dose délivrée sur plusieurs jours ou semaines)¹².

Ces effets, dits “précoces”, touchent les tissus pour lesquels la durée de vie des cellules différenciées est faible¹³. Les effets dits “tardifs” (arbitrairement 6 mois et plus) ont une physiopathologie plus complexe. A chaque tissu ou organe s’attachent des effets précoces et tardifs qui vont dépendre de la dose reçue, du débit de dose, du volume irradié et de l’étalement éventuel de l’irradiation.

La sévérité de l’effet augmente avec la dose. Par exemple, au niveau de la peau, l’augmentation de la dose (délivrée à fort débit de dose), se traduira par une rougeur (environ 6 grays), une brûlure au 1^{er} degré, au 2^{ème} degré ou a une nécrose (16 à 20 grays).

Cet effet s’exprime plus rapidement si la dose reçue est bien supérieure au seuil habituel d’apparition. Aussi, toute *manifestation précoce* d’une atteinte radioinduite (et plus encore toute

¹¹ Les premières leucémies en excès significatif sont apparues chez les survivants japonais des explosions atomiques, trois ans après les bombardements américains. Le maximum de la “vague” d’excès s’est situé entre 6 et 10 ans, avant de décroître. Cependant, 45 ans après les explosions, des excès de leucémies sont encore dénombrés. La grande majorité des cancers affectant les autres organes ou tissus, ne s’expriment, de manière quantitative, que plusieurs dizaines d’années après l’exposition aux rayonnements, mais à l’inverse des leucémies, l’excès de cancers “solides” diagnostiqués va en croissant depuis 1960 (soit 15 ans après les explosions). Les décès survenus pendant les 5 dernières années de la période étudiée (1950-90) illustrent bien ces deux évolutions: ils concernent 3% des leucémies et 25% des cancers solides observés en 40 ans [PIE96], [ZER97].

Les excès de cancers de la thyroïde chez les moins de 15 ans, sont apparus en Ukraine (924 cas diagnostiqués fin 1997), en Biélorusse et dans la Fédération russe dès la 4^{ème} année qui suivit la catastrophe de Tchernobyl. Seize ans après l’accident, des cancers en excès continuent d’être diagnostiqués.

¹² A Sétif, en Algérie, au début de mai 1978, deux petits garçons jouent avec un petit cylindre de métal: c’est une source d’iridium 192 de 17 curies. Pendant 5 à 6 semaines, durant 6 à 8 heures par jour, 22 personnes seront exposées. Sept d’entre-elles reçurent de fortes doses mais une seule décèdera. Les deux enfants et quatre jeunes femmes exposés à des doses *supra létales* survivront du fait de l’étalement des doses sur plusieurs semaines. [JAM 79], [CFD 80].

¹³ C’est le cas de la couche basale de l’épiderme (3 semaines), des leucocytes ou des plaquettes qui ne vivent que quelques jours.

douleur) signe une irradiation grave¹⁴ qui nécessite souvent, à courte échéance, une chirurgie réparatrice voire salvatrice (risque de gangrène).

La prévention contre les effets déterministes

La prévention contre les effets déterministes consiste donc surtout à éviter des situations graves au cours desquelles des doses importantes de rayonnements peuvent être délivrées en des temps courts. Il s'agit de *situations accidentelles*, qui peuvent survenir sur des chantiers, dans des laboratoires ou des installations industrielles, telles que, par exemple, la perte de sources radioactives ou l'entrée incontrôlée d'une personne dans une zone interdite d'accès (partie d'un réacteur nucléaire, d'un accélérateur de particules ou d'un irradiateur).

Plusieurs publications, présentent la description de ces situations accidentelles¹⁵ qui ne concernent pas uniquement des professionnels habituellement exposés aux rayonnements. Elles impliquent également des personnes du public, notamment lors de la perte ou de l'abandon d'une source radioactive.

D'autres travaux regroupent, et parfois analysent, des familles d'accidents¹⁶ survenus au cours de la deuxième moitié du 20^{ème} siècle.

En plus des effets somatiques qui apparaissent sur l'organisme des personnes exposées aux rayonnements ionisants, des effets déterministes sévères (microcéphalies) peuvent également se manifester chez des enfants irradiés *in utero*¹⁷ à des doses importantes (supérieures à 0,2 sievert).

Les accidents survenus au cours des dernières années¹⁸, comparés à ceux du début du siècle¹⁹ montrent que les leçons des situations accidentelles passées n'ont pas été tirées. Il survient, et il peut encore survenir, des accidents graves :

¹⁴ A Forbach, deux des trois personnes exposées, en août 1991, au rayonnement d'un accélérateur d'électrons perdaient leurs cheveux quelques jours après leur exposition accidentelle alors que la chute ne s'observe habituellement que 2 à 3 mois après l'exposition. Cette manifestation précoce signalait une irradiation sévère.

¹⁵ Il s'agit d'accidents graves ayant souvent entraîné des amputations ou la mort des personnes exposées du fait de l'utilisation de **sources radioactives**: [BEN69], [JAM79], [SCP86], [BUR88], [VAL88], [AIE89], [MOL89], [AIE98b], [AIE00a], d'**irradiateurs** [PAR79], [CRO89], [AIE90], [NEN91a,b], [NEN92a], [AIE93], [ZER93b] ou de **générateurs électriques de rayonnements** [LED22], [NEW88], [AFP93], [SCH93], [WHE94], [AIE96].

¹⁶ Ces recensements d'accidents d'origines diverses sont le fait d'**auteurs** [DEL78], [CFD80], [GON83], [DOU84], [JAM84], [DOU86], [ZER85], [ROD87], [NEN92b], [ZER93a], [ZER94a], [ZER94b], [NEN97], [NEN01] ou d'**institutions** [FRY79], [LUS79], [IAE98c], [LUS88], [IAE00b], [CHA01], [TUR01].

¹⁷ Les données épidémiologiques d'Hiroshima et Nagasaki [OTA88], [YAM90] montrent l'apparition de cette atteinte grave, pour des doses supérieures à 0,2 sievert délivrées entre la 8^{ème} et la 15^{ème} semaine de gestation. Si l'exposition se produit après la 15^{ème} semaine, le seuil est voisin de 0,7 sievert.

¹⁸ L'IRSN a mis en place une base de données [CHA01] qui prend en compte les accidents d'irradiation depuis 1945 (560 événements répertoriés à la mi-2001).

¹⁹ S'appuyant sur l'étude de documents et de journaux, le Service de Santé Public (PSH) des USA, a recensé 396 incidents, dont 261 pertes et 25 vols [LUB99] entre 1913 et 1964.

- sources radioactives, à usage industriel ou médical, abandonnées, oubliées, perdues, volées ou évacuées avec des ferrailles destinées au recyclage²⁰ (59 cas recensés aux USA entre 1983 et 1998) [DIC99], [GON99],
- irradiateurs au césium 137 ou au cobalt 60 abandonnés, entraînant parfois des atteintes mortelles comme se fut le cas en 1987, au Brésil, à Goiânia (4 décès) [VAL88], [AIE89], [ZER94a], [AIE98b], [ORT99],
- trafic illicite de matières nucléaires²¹ [DUF99], [GON99],
- accidents d'irradiations sévères, voire mortels, qui surviennent en milieu hospitalier (radiothérapie) [NEW90], [NEN92b], [AUB97], [AIE98a], [IAE00b], [NEN01].

La prise en charge des accidents

Compte tenu des manifestations relativement tardives des lésions provoquées par les rayonnements ionisants, les situations accidentelles qui surviennent en milieu professionnel ne sont pas toujours définies de manière précise dans le temps, comme doivent l'être, d'un point de vue réglementaire, les accidents de travail classiques. Aussi, afin d'éviter cet écueil, les séquelles accidentelles²², qui se manifestent quelques jours à quelques semaines après l'exposition aux rayonnements ionisants, figurent dans la liste du tableau N° 6 au titre des "maladies professionnelles".

1.1.2. Les effets aléatoires

Les effets aléatoires sont principalement des *cancers* qui apparaissent chez les personnes exposées. La *probabilité* de leur survenance augmente avec la dose reçue mais la *gravité* de l'atteinte est sans lien avec la dose.

Ces affections sont dues à des lésions produites par les rayonnements à des cellules sans que ces transformations n'affectent la capacité de ces cellules à se reproduire. Les effets aléatoires peuvent également entraîner des "*effets héréditaires*" lorsque les transformations cellulaires portent sur les organes de la reproduction (gonades males ou femelles).

Les études épidémiologiques n'ont pas permis de mettre en évidence des effets héréditaires radioinduits sur l'homme avec un degré de confiance statistiquement significatif [AEN98]. Cependant, les normes proposées par la CIPR, prennent en compte ce risque sur la base d'une

²⁰ L'AIEA tient à jour une base de données sur les incidents de fusion thermique accidentelle de sources radioactives (ferrailles recyclées) qui lui sont signalés [GON99].

²¹ L'organisation mondiale des douanes (OMD) a signalé 234 cas confirmés de saisies entre 1993 et 1998. L'Allemagne (28,6%) et la Fédération de Russie (22,1%) viennent en tête de la liste des 13 pays qui ont connu ces saisies douanières. L'AIEA tient également à jour une base de données sur les trafics (320 cas recensés en juin 1999 dont 265 confirmés par les États concernés) [GON99]. La 1^{ère} conférence mondiale sur le trafic illicite des matières nucléaires et radioactives s'est tenue en France en 1998 [DUF99].

²² La radiodermite aiguë, la conjonctivite, les syndromes hémorragiques (anémie, leucopénie, thrombopénie).

estimation théorique fondée sur les connaissances de la génétique humaine et les résultats d'expériences réalisées chez l'animal.

La probabilité de survenue du cancer²³ ou du dommage héréditaire est supposée proportionnelle à la dose.

Dans le cas d'une exposition *in utero*, des doses relativement faibles (supérieures à 10 milligrays) sont susceptibles d'induire des cancers [DOL97], [WAK97]. La probabilité d'induction augmente avec la dose (risque absolu compris entre 6 et 12% par gray).

La CIPR a d'ailleurs rédigé une publication (CIPR 84) sur ce problème [CIP00]. Ce risque avait été mis en évidence dès 1956 par l'épidémiologiste britannique Alice Stewart qui avait montré un risque accru d'affection maligne (facteur 1,4) pour les enfants qui avaient été irradiés *in utero* lors d'un examen aux rayons X de la mère durant la grossesse [STE56]. Elle confirma ces données en 1975 [BIT75].

Soulignons que la réglementation française relative aux accidents du travail et aux maladies professionnelles n'a rien prévu pour la prise en charge des atteintes de la fonction de reproduction (fausses couches, malformations fœtales, stérilité masculine ou féminine) dues à des expositions aux toxiques chimiques ou physiques.

1.2 . Les données relatives aux effets des rayonnements

Les données chiffrées de l'estimation du risque d'induction de cancer mortel²⁴ au niveau d'organes radio-sensibles se fondent presque exclusivement sur les résultats épidémiologiques d'Hiroshima et Nagasaki. Les taux d'induction de cancers retenus par la CIPR pour l'établissement de normes relatives aux expositions professionnelles, sont égaux à 50% des taux observés chez les survivants japonais. Les rescapés d'Hiroshima et de Nagasaki ont reçu des doses en une fraction de seconde alors que les doses professionnelles sont généralement étalées dans le temps²⁵. Les experts estiment que cet étalement permet des restaurations que l'organisme ne peut mettre en oeuvre dans le cas d'une dose délivrée en un temps très court. Le coefficient de 50% est donc pris afin de tenir compte de l'effet de "débit de dose" élevé (cas des explosions nucléaires) qui réduit les capacités réparatrices de l'organisme. L'expérimentation animale suggérait un coefficient compris entre 10% et 50%.

La liste des organes qui peuvent être le siège d'un cancer a évolué avec l'avancement des travaux épidémiologiques (augmentation de la durée d'observation).

²³ La relation "dose-effet" observée pour les cancers "solides" est compatible avec une relation linéaire. Pour la leucémie, la relation observée est curviligne [PIE96].

²⁴ La CIPR considère principalement le *produit* de la "probabilité d'induction par unité de dose" par la "mortalité moyenne" associée à chaque type de cancer considéré, compte tenu des performances des thérapies mises en oeuvre dans les pays avancés. La CIPR obtient ainsi une relation "dose-effet" où la conséquence de l'exposition s'exprime en termes de probabilité de survenue d'un **cancer mortel**.

²⁵ Il y a cependant des situations de travail où l'application de la réduction du coefficient de risque n'est pas pertinente comme l'entrée dans une "boîte à eau" de réacteur nucléaire où des doses élevées (4 à 8 mSv) sont délivrées en 2 ou 3 minutes ou la pratique de la *radiologie interventionnelle*.

Au nombre de cinq dans les “Normes de base” de la CIPR en 1977, la liste comporte depuis 1991 onze tissus et organes²⁶ susceptibles d’être le siège d’un cancer en cas d’irradiation.

Ces ajouts se fondent sur les travaux de la Fondation Américano-Japonaise²⁷ (RERF) qui a publié en 1989 les données de mortalité (1950-1985) relative à la cohorte des survivants japonais [SHI90], [SCH90]. En toute logique, nous devrions retrouver, dans la liste des affections professionnelles prises en charge, la majorité de ces 11 localisations cancéreuses dont la tumeur de la moelle osseuse, le *myélome multiple*, pour lequel l’excès de mortalité est statistiquement significatif.

Or, comme nous allons le voir, il n’en est rien.

Seuls trois types de cancers figurent au tableau N° 6: les *leucémies*, le *sarcome osseux* (dus respectivement à l’irradiation de la *moelle osseuse* et de la *surface osseuse*) et le *cancer du poumon*. Ainsi, des organes, tels que le *sein* et la *thyroïde*, retenus depuis 1977 dans la liste dite des “organes critiques” du point de vue de l’induction de cancer, ne sont pas dans la liste des affections professionnelles du tableau N° 6.

Il en va de même pour *la peau* qui fut historiquement le premier témoin des effets biologiques des rayonnements ionisants. Ce décalage important entre les bases réglementaires de la prévention²⁸ contre les dangers présentés par les rayonnements ionisants et le système de prise en charge sociale des affections professionnelles n’est pas justifié.

2. Les maladies professionnelles provoquées par les rayonnements ionisants

Créé en France par la loi du 25 octobre 1919, le système de “réparation” des maladies professionnelles (MP) s’est développé très lentement. Un second élan a été donné en 1946.

2.1. L’évolution du tableau N° 6

- Comme l’indique son numéro, le tableau n° 6 des MP fait partie des premiers tableaux créés par une loi²⁹ qui, en 1919, avait visé tout d’abord les deux grands toxiques industriels qu’étaient le plomb et le mercure (tableaux N° 1 et 2).

²⁶ Les tissus et organes, pris en compte par la CIPR dans ses “Normes de base” (publication CIPR N° 26 [CIP77]), sont la moelle osseuse, le poumon, les seins, la thyroïde et la surface osseuse. Ils sont tous susceptibles de développer, après irradiation, un *cancer mortel*. Aux cinq premiers tissus et organes se sont ajoutés (CIPR N° 60): l’œsophage, l’estomac, le colon, le foie, la vessie, et la peau [CIP91].

²⁷ RERF = Radiation Effects Research Foundation (située à Hiroshima).

²⁸ La CIPR 26 qui avait fait l’objet d’une Directive européenne en 1980, complétée en 1984, a été transcrite dans la réglementation française par décret en octobre 1986.

²⁹ Loi du 25 octobre 1919, modifiée par la loi du 1^{er} janvier 1931 puis abrogée par la loi du 30 octobre 1946.

- Il fallut attendre encore 11 années pour voir la loi du 1^{er} janvier 1931³⁰ compléter celle de 1919, en prenant en compte quatre autres toxiques parmi lesquels le *benzène*³¹ et les *rayonnements ionisants*. Ces toxiques avaient en commun le fait d'être des *cancérogènes* (induction de leucémie), mais à l'époque, les seuls cancers professionnels pris en charge par l'ensemble des tableaux étaient ceux provoqués par les rayonnements ionisants : le "*cancer des radiologistes*³²" et la *leucémie* (avec des délais de prise en charge de 5 ans et 1an respectivement).
- Vingt ans plus tard (décret du 9 décembre 1950), le "*cancer des radiologistes*"³³ est retiré de la liste des affections du tableau n° 6 tandis que deux nouveaux cancers y sont inclus : le "*sarcome osseux*" et le "*cancer broncho-pulmonaire par inhalation*" (délais respectifs de 15 ans et 10 ans. A la leucémie, dénommée "leucose", sont ajoutés les "états leucémoïdes". Le délai de ces deux affections est porté de 1 à 3 ans.
- Depuis, trois autres modifications sont intervenues, en octobre 1960, en avril 1963³⁴ et une dernière fois en juin 1984, date à laquelle les délais de prise en charge des trois affections cancéreuses ont été significativement modifiés³⁵.

2.2 Situation actuelle des affections cancéreuses radioinduites reconnues d'origine professionnelle (tableau n° 6 des MP du Régime Général)

Le tableau n° 6 ne comporte donc que trois affections cancéreuses dont l'origine est historique:

- Les leucémies qui, en plus des cancers de la peau, avaient affecté, dès le début du 20^{ème} siècle, les radiologistes qui faisaient de la radioscopie. Alors qu'une radiographie des poumons ne nécessite que des temps d'exposition qui se situent entre 6 et 20 centièmes de seconde, les temps d'exposition des patients qui subissaient des radioscopies se mesuraient en dizaines de secondes. Durant tout ce temps, le radiologue recevait le rayonnement "dur" qui avait traversé l'organisme du patient (dont il regardait l'image radioscopique) ainsi que le rayonnement diffusé. Des

³⁰ La Belgique inscrivait, peu après la France (Arrêté Royal du 30/06/1932) les affections radio-induites sur la liste belge des maladies professionnelles.

³¹ Les leucémies provoquées par le benzène, n'ont été reconnues qu'à compter du 16 mars 1948. Cette affection a, jusqu'à une date récente, entraîné chaque année de nombreux décès.

³² En 1922, le docteur Ledoux-Lebard [LED22] publiait un article célèbre sur le "cancer des radiologistes" (où il visait les *épithéliomas* qui apparaissaient sur les zones de la peau affectées d'une radiodermite chronique). Il estimait à 100 cas le nombre de décès survenus dans le monde du fait des métastases consécutives à ces types de cancers. Sur 70 cas de cancers collationnés, le D' Ledoux-Lebard avait trouvé un taux de métastases égal à plus de 26%.

³³ Le retrait de cette affection qui recouvrait les cancers de la peau et ses métastases est peu compréhensible dans la mesure où aucune autre désignation n'a repris en compte cette atteinte.

³⁴ Le décret du 01/10/60 porte à 10 ans le délai de prise en charge des "leucoses" et à 3 ans celui des "états leucémoïdes". Le décret du 10/04/63 modifie la liste indicative des travaux susceptibles de provoquer les affections inscrites au tableau N°6.

³⁵ Le décret du 22/06/84 porte de 10 à 30 ans le délai de prise en charge des leucémies et du cancer broncho-pulmonaire et de 15 à 50 ans celui du sarcome osseux.

modifications importantes de la formule sanguine apparaissaient suivies parfois d'une leucémie.

Pour évaluer les dommages provoqués, par les rayonnements, chez les radiologistes, leur espérance de vie a été comparée à celle de leurs confrères médecins exerçant une autre spécialité, afin d'éviter divers "biais" épidémiologiques. En 1956, Warren et Boston [WAR56], publiaient une étude portant sur 82441 décès survenus entre 1930 et 1954. L'espérance de vie des radiologues était 5,2 ans plus courte que celle des médecins non-radiologistes (60,5 ans contre 65,7). En 1969, une étude conduite en France³⁶ [DOY69] conclut également que "*les radiologues de plus de 60 ans au moment de l'enquête, avaient une espérance de vie plus courte que les autres médecins spécialistes.*"

Il n'y a pas eu, à notre connaissance, de nouvelles études en France, sur les radiologues.

- *Le cancer broncho-pulmonaire* provoqué par l'inhalation de gaz et poussières radioactives dans les mines d'uranium. Ce cancer a été observé dès la fin du 19^{ème} siècle. Depuis, il a fait l'objet, au cours des 30 dernières années, de plusieurs études épidémiologiques portant sur douze cohortes de mineurs³⁷ [TIR98], [UNS00] (page 398). Elles ont toutes révélé une augmentation statistiquement significative de la mortalité par cancer du poumon³⁸, même si les relations "dose-effet" qui en étaient déduites étaient différentes [TIR93], [TIR94], [UNS00]. Les dernières données publiées [LAU00], [ROG02], concernant la cohorte des mineurs d'uranium français³⁹ confirment le caractère significatif de la surmortalité par cancer du poumon, alors que le taux d'exposition au radon est relativement bas.
- *Les sarcomes osseux* observés aux USA, principalement chez des femmes qui peignaient des cadrans avec une peinture lumineuse à base de radium 226. Ignorant la toxicité du radium 226, ces personnes effilaient entre les lèvres la pointe de leur pinceau. Le radium qui pénétrait ainsi, par voie orale, dans l'organisme se fixait au niveau de la surface osseuse⁴⁰ et provoquait des cancers. La première alerte fut donnée par un dentiste, le D^r Blum qui avait observé des nécroses des gencives et des ruptures spontanées de maxillaires [BLU22]. C'est également la localisation inhabituelle (mâchoire, sinus) et l'âge des victimes (plus de 40 ans) qui ont suggéré le lien avec l'incorporation de radium. Les ostéosarcomes sont des cancers de l'enfant et de l'adolescent. La fréquence de cette affection décroît après l'âge de 15 ans et le diagnostic est exceptionnel après 40 ans.

³⁶ L'étude porte sur 1883 radiologistes et 4663 médecins non-radiologistes.

³⁷ Huit cohortes de mineurs d'uranium, deux d'étain, une de fer et une de spath fluor.

³⁸ Il y a une relation linéaire entre l'excès de risque relatif par cancer du poumon et l'exposition cumulée avec un temps de latence minimal de 5 ans.

³⁹ Elle concerne 5098 mineurs employés pendant au moins un an entre 1946 et 1992. Le statut vital a été arrêté à la fin 1994. Le temps moyen d'exposition est de 11,5 ans. La durée de suivi moyenne est de 26,2 ans pour un total de 133528 personnes-années. Sur 1162 décès enregistrés, 126 sont dus à des cancers du poumon (10,8%). Le rapport "observés sur attendus" est égal à 1,51 (intervalle de confiance à 95% IC₉₅ = [1,25-1,79]).

⁴⁰ Le radium est un alcalino-terreux dont le comportement chimique et biochimique est analogue à celui du strontium et du calcium qui se caractérisent par une fixation osseuse.

Malgré la mise en évidence de cette atteinte grave, l'utilisation de peintures radioluminescentes par l'industrie horlogère et ses nombreux sous-traitants (y compris chez des particuliers du monde agricole qui travaillaient à domicile) s'est poursuivie, en France et en Suisse, jusqu'au milieu des années 60 et parfois plus [ROB98].

2.3 1 *Le bilan des affections reconnues en France pour les salariés du Régime Général de la Sécurité Sociale*

Selon des dispositions légales⁴¹, les tableaux de MP concernent trois catégories d'affections :

- Celles provoquées par des "*agents nocifs*" (éléments chimiques, substances chimiques naturelles ou artificielles, minéraux, végétaux, etc.) ;
- Celles dues à des "*infections microbiennes*" (bacilles, virus, champignons, bactéries...) ;
- Les affections induites par des "*ambiances*" (rayonnements, bruits, pression, chaleur, froid...) ou des "*attitudes particulières*" (mouvements répétés de la main, du bras, travaux à genoux, etc.).

2.3.1 *Les conditions de la "reconnaissance" des maladies professionnelles :*

Suivant l'élément toxique considéré, les conditions de la "prise en charge" de l'affection, au titre des maladies professionnelles, varient. Comme les rayonnements ionisants peuvent se présenter sous deux formes distinctes, le classement du risque a nécessité un choix :

- "substances radioactives", c'est à dire "*agents nocifs*", ou
- "rayonnements ionisants" émis par une source radioactive ou un générateur électrique de rayonnement, donc une "*ambiance*⁴²" ?

C'est le caractère "agent toxique" qui a été retenu. Ainsi, comme pour l'exposition à l'amiante ou au benzène par exemple, il résulte de ce choix que la *quantité incorporée* ou la *dose reçue* ne constitue pas un critère réglementaire pour la reconnaissance. Autrement dit, le fait d'être professionnellement exposé suffit (si les autres critères sont remplis) pour permettre la prise en charge d'une affection qui surviendrait, dès lors qu'elle figure au tableau N° 6.

2.3.2 *Les données statistiques relatives aux affections reconnues en France*

Le tableau ci-après regroupe les données statistiques relatives aux maladies professionnelles (MP) *reconnues*⁴³ par la Caisse Nationale d'Assurance Maladie (CNAM).

⁴¹ Article L.461-2 du Code de la Sécurité Sociale.

⁴² Dans le cas d'un agent toxique, la liste des travaux qui autorisent la reconnaissance de l'affection est indicative. Cette liste est limitative dans le cas d'une « ambiance ».

⁴³ Il s'agit des affections, reconnues comme étant de nature professionnelle, ayant entraîné un *arrêt de travail* ou la fixation d'un *taux d'incapacité permanente partielle* (IPP). Les MP qui n'ont occasionné ni arrêt de travail, ni fixation d'un taux d'IPP, ne sont pas comptabilisées dans ces bilans annuels.

Données relatives aux affections professionnelles, provoquées par les rayonnements ionisants, reconnues dans le cadre du Régime Général de la Sécurité Sociale

Année	Nombre total d'affections reconnues	Nombre de radiodermites	Nombre de décès	Nombre de leucémies	Nombre de cancers du poumon	Nombre de sarcomes osseux
1955	16	-	0	-	-	-
1956	17	-	3	-	-	-
1957	17	-	0	-	-	-
1958	21	-	1	-	-	-
1959	26	-	0	-	-	-
1960	20	-	0	-	-	-
1961	20	-	1	-	-	-
1962	21	-	1	-	-	-
1963	14	-	1	-	-	-
1964	23	-	3	-	-	-
1965	21	-	1	-	-	-
1966	20	-	3	-	-	-
1967	21	-	9	-	-	-
1968	18	5	4	9	-	-
1969	27	6	12	7	-	-
1970	14	3	2	5	-	-
1971	18	1	6	11	-	-
1972	16	6	1	6	-	-
1973	16	6	5	3	-	-
1974	19	4	7	8	-	-
1975	12	5	2	4	-	-
1976	11	3	1	5	-	-
1977	15	7	4	5	-	-
1978	18	6	6	5	-	-
1979	18	7	4	7	-	-
1980	17	6	6	3	-	-
1981	19	3	8	10	-	-
1982	20	6	3	9	-	-
1983	19	4	7	9	-	-
1984	12	1	5	5	-	-
1985	16	2	3	7	-	-
1986	17	1	4	5	-	-
1987	20	1	6	9	-	-
1988	20	4	6	5	-	-
1989	21	1	9	9	-	-
1990	15	2	6	7	-	-
1991	22	2	4	7	-	-

1992	17	0	1	3	-	-
1993	15	0	10	11	-	-
1994	21	0	5	10	1	0
1995	23	0	6	5	6	0
1996	18	1	5	3	6	1
1997	9	1	2	2	4	0
1998	13	1	4	5	6	0
1999	16	0	11	2	7	1
2000	20	0	7	11	3	1
2001						
2002						
Total	829	96	195	212	33	3
Moyenne	18,0	2,9	4,2	6,4	4,7	0,4

Sources : "Statistiques financières et technologiques des accidents du travail" éditées annuellement par la CNAM

Ces données, publiées annuellement, sont hétérogènes, car :

- De 1955 à 1967, la CNAM ne publiait, pour chaque tableau, que le nombre total de *MP reconnues* et celui des *décès*. En outre, les décès recensés ne sont en fait qu'une petite fraction du nombre réel de l'ensemble des décès consécutifs aux affections reconnues, car la règle retenue par la CNAM consiste à ne prendre en compte que les décès qui surviennent avant la fixation d'une rente (qui est la phase finale de la gestion administrative d'un dossier de MP). Une fois l'affection reconnue, si le décès *en lien avec la MP* survient, il n'est plus comptabilisé au titre du tableau qui a permis la prise en charge, mais avec l'ensemble des décès liés à une affection professionnelle. Cette approche comptable de la mortalité professionnelle réduit la visibilité sociale des risques du travail.
- Pour la période 1990-99, la *mortalité totale* relative à l'ensemble des affections reconnues est en moyenne 3,6 fois supérieure au nombre de décès comptabilisés suivant la règle retenue par la CPAM (en moyenne, un total de 300 décès/an pour 83 décès/an associés à un tableau précis).
- De 1968 à 1993 apparaissent en outre le nombre de leucémies reconnues, par contre les autres localisations cancéreuses n'étaient pas publiées.
- Ce n'est qu'à partir de 1994 que l'ensemble des affections figurant au tableau N° 6 étaient renseignées. Les valeurs moyennes annuelles, déduites pour les nombres de cancers du poumon et de sarcomes osseux reconnus, seront donc statistiquement moins précises que celles relatives aux autres données.

2.3.3. Les données relatives au cas de l'île de France

Hormis quelques bilans chiffrés [ZER88], [ZER94a], il n'existe pas de données relatives aux affections professionnelles provoquées, en France, par les rayonnements ionisants.

Cependant, une analyse détaillée des affections reconnues en "Ile de France", a été publiée⁴⁴ Mme le Dr Draï *et al* [DRA99], qui porte sur les 87 MP déclarées entre 1985 et 1995, au titre du tableau N° 6 :

- La reconnaissance de 69 affections sur 87 au titre des maladies professionnelles constitue un taux de prise en charge significativement élevée (79,3%) par comparaison avec le taux relatif à l'ensemble des affections déclarées et reconnues⁴⁵ pour 1985-95 (50,3%).
- Une seule affection, sur les 9 soumises au CRRMP⁴⁶, a été reconnue (thrombocytémie).
- 10 cas auraient pu relever du CRRMP, mais ont été déclarés aux Caisses Primaires d'Assurance Maladie (CPAM) avant la création du "système complémentaire".

Les affections reconnues :

- ≡ Les affections cancéreuses prédominent avec 49 cas sur 69 MP, soit 71% :
- 25 cas de leucémies dont 9 sous forme aiguë,
- 19 cas de cancers du poumon,
- 5 cas de sarcomes osseux.
- ≡ 12 cas de cataracte (age moyen de survenue⁴⁷ = 60 ans),
- ≡ 6 cas de radiodermites dont 2 dégénérescences de type *épithélioma spinocellulaire*,
- ≡ 1 cas de radionécrose osseuse (médecin généraliste qui faisait des scopies) associée à des dégénérescences multiples,
- ≡ 1 cas de conjonctivite (provoquée par la fuite de rayonnement X d'un appareil de soudage par bombardement électronique).

Les autres données :

- Sur les 69 victimes, environ la moitié (36) travaillaient dans les secteurs de l'énergie et de la recherche nucléaire, un tiers dans le secteur médical et un sixième en radiographie industrielle, dans des laboratoires et dans des mines d'uranium.
- La durée d'exposition moyenne est de 13,5 ans.
- Au moment de l'étude, il y avait eu 28 décès (dont 24 reconnus en lien avec la MP), soit 49% des affections cancéreuses prises en charge.

⁴⁴ L'Ile de France regroupe en moyenne 3,9 millions de salariés sur les 14,5 millions (soit 26,9%) qui relèvent du Régime Général de la Sécurité Sociale. Les 69 MP reconnues en Ile de France représentent 33,3% des affections reconnues, au titre du tableau N° 6, pour la France entière (207 MP), durant la période 1985-95.

⁴⁵ Pour la période 1985-95, il y a eu 10611 déclarations qui ont donné lieu à 5340 reconnaissances [ZER96], soit un taux de prise en charge moyen de 50,3%.

⁴⁶ CRRMP = Comité Régional de Reconnaissance des Maladies Professionnelles. Créé en 1993 et mis en œuvre à la mi-94, ce "système complémentaire" permet de reconnaître soit une affection inscrite à un tableau mais pour laquelle la victime ne répond pas à l'ensemble des critères exigés pour la reconnaissance de la maladie, soit une affection ne figurant pas dans un tableau mais pour laquelle la victime prouve qu'elle est *directement et essentiellement* provoquée par ses conditions de travail.

⁴⁷ Cet age moyen, qui est très précoce pour la survenue d'une cataracte, signe bien une action nocive.

2.3.4 Les données relatives aux cas de la Belgique

La Belgique disposait, depuis 1932, d'une liste de maladies professionnelles qui comporte une énumération d'agents chimiques et physiques et une série limitée d'affections, donnant droit à réparation. Il n'existe pas de *délai de prise en charge*, comme c'est le cas en France notamment.

Les conditions de la "reconnaissance"

La Belgique répare les dommages résultant des maladies professionnelles (MP) sur la base d'une loi de 1963 complétée par plusieurs arrêtés royaux et autres lois⁴⁸. La déclaration de la MP est faite par le médecin du travail (qui a constaté l'affection ou qui en a été informé) au médecin-conseil du *Fonds des maladies professionnelles*⁴⁹ sur la base :

- de la liste belge des maladies professionnelles,
- de la liste européenne si l'affection ne figure pas sur la liste belge,
- du constat du médecin, dans le cas où la nature professionnelle de la maladie est établie et que le médecin atteste ou soupçonne cette origine,
- des premiers symptômes d'une des affections relatives aux cas précédents.

Le *Fonds* invite alors le salarié, ou son mandataire, à introduire, dans les deux mois, une déclaration officielle (suivant l'imprimé réglementaire). Dans le cas particulier des cancers, le *Fonds* estime que « : ...dans les cas de néoplasies imputables aux radiations ionisantes, il n'y a pas de seuil : toute dose est considérée comme pouvant avoir un effet cancérigène. ».

Mais seuls les cancers de la peau, la leucémie et le cancer des os figuraient sur la liste officielle des affections. En mai 1987, le *Fonds* a décidé qu'en cas de *tumeur papillaire ou folliculaire de la thyroïde*, la relation de cause à effet avec l'exposition aux rayonnements ionisants pouvait être acceptée.

Depuis 1990, un système complémentaire permet la reconnaissance de maladies qui ne figurent pas sur la liste des affections, si la victime apporte la preuve que sa maladie la conséquence *directe* et *déterminante*⁵⁰ de son exposition.

Les affections radioinduites reconnues en Belgique

Une analyse détaillée des affections reconnues en Belgique, a été publiée en 2001 par Libouton *et al* [LIB01]. Elle porte sur les 169 dossiers de MP provoquées par les rayonnements ionisants, reconnus entre juin 1932 et juin 1997 par le "Fonds des Maladies Professionnelles". L'analyse a porté sur 146 dossiers (18 dossiers qui manquaient de données n'ont pas été retenus).

⁴⁸ La loi du 24 décembre 1963 complétée principalement par la loi du 3 juin 1970.

⁴⁹ Le *Fonds des MP*, qui a été créé par la loi du 24/07/27, est un Etablissement public, doté de la personnalité civile, placé sous la garantie de l'Etat.

⁵⁰ Cette dénomination est identique à celle retenue en France où la maladie doit être *essentiellement* et *directement* causée par le travail de la victime (article L.461-1 alinéa 4 du Code de la Sécurité Sociale).

- Le taux de reconnaissance des affections au titre des maladies professionnelles est d'environ 43%, ce qui est inférieur à celui observée en Ile de France (79%).
-
- Une seule affection, sur les 9 soumises au CRRMP⁵¹, a été reconnue (thrombocytémie).
- 10 cas auraient pu relever du CRRMP, mais ont été déclarés aux Caisses Primaires d'Assurance Maladie (CPAM) avant la création du "système complémentaire".

Les affections reconnues :

- ≡ Les tumeurs solides (16) et les hémopathies malignes (38) représentent 37% des MP reconnues. Les affections cancéreuses prédominent donc moins nettement qu'en Ile de France (71%).
- 38 cas de leucémies dont 9 sous forme aiguë,
- 19 cas de cancers du poumon,
- 5 cas de sarcomes osseux.
- ≡ Les affections hématologiques (96 cas) prédominent nettement, parmi lesquelles se comptent 38 cas d'hémopathies malignes (39,6%).
- ≡ 7 cas de cataracte dont 5 bilatérales (age moyen de survenue⁵² = 54 ans),
- ≡ 27 cas de radiodermites qui sont toutes localisées au niveau des mains (16 cas sont des lésions aux deux mains) dont 6 dégénérescences (22%) de type *épithélioma spinocellulaire*. Les métastases provoquées par ces dernières ont entraîné le décès de 3 cas sur 6. Les 2/3 des cas de radiodermites concernent le personnel soignant en radiologie.

Les autres données :

- Sur les 146 victimes, les deux tiers (97) travaillaient dans le secteur de la santé, le reste concerne le secteur de la fabrication d'instruments médicaux, de précision, d'optique ou d'horlogerie, le secteur de la métallurgie et du travail des métaux, le secteur de la recherche et du développement en sciences physiques et naturelles.
- La population était composée de 45% de femmes et 55% d'hommes.
- L'exposition aux rayons X concerne 81 cas (55,5%), le radium 15 cas (10,3%), le cycle du combustible nucléaire 9 cas (6,2%) dont 7 en centrale nucléaire.
- L'âge moyen au moment de la demande de réparation est de 42,5 ans pour les femmes et 47,9 pour les hommes.
- La durée d'exposition moyenne est de 13,5 ans.

⁵¹ CRRMP = Comité Régional de Reconnaissance des Maladies Professionnelles. Créé en 1993 et mis en œuvre à la mi-94, ce "système complémentaire" permet de reconnaître soit une affection inscrite à un tableau mais pour laquelle la victime ne répond pas à l'ensemble des critères exigés pour la reconnaissance de la maladie, soit une affection ne figurant pas dans un tableau mais pour laquelle la victime prouve qu'elle est *directement et essentiellement* provoquée par ses conditions de travail.

⁵² Cet age moyen est, comme pour le cas de la France, très précoce pour la survenue d'une cataracte.

Au moment de l'étude, Il y avait eu 28 décès (dont 24 reconnus en lien avec la MP), soit 49% des affections cancéreuses prises en charge.

3. Pour une révision de la liste des affections cancéreuses provoquées par les rayonnements ionisants

Voici plus d'un demi-siècle que la liste des affections du tableau N° 6 n'a pas changé. Seuls les délais de prise en charge ont évolué. Aussi, nous allons nous attacher surtout à faire des propositions concrètes, en matière de cancers professionnels, qui découlent des connaissances acquises lors des études relatives aux survivants d'Hiroshima et de Nagasaki, des effets secondaires de la radiothérapie ou des expositions professionnelles. Nous considérerons également la jurisprudence relative au contentieux lié au tableau N°6 :

- les leucémies,
- les sarcomes du tissu conjonctif,
- les cancers de la thyroïde.

3.1 Les sarcomes des tissus conjonctifs

Les premières descriptions de sarcomes radioinduits remontent à 1922 où Beck et al [BEC22] rapportent plusieurs cas d'ostéosarcomes (appelés "rontgensarkoms") diagnostiqués sur des patients irradiés pour tuberculose osseuse.

Depuis, plusieurs séries ont été publiées et notamment :

- En 1978, Kim et al soulignent l'induction de sarcome osseux et des tissus mous par la radiothérapie [KIM78],
- En 1985, Huvos *et al* étudient le cas de 66 patients pour lesquels des sarcomes du tissu osseux et des tissus mous radioinduits [HUV85],
- En 1988, Robinson et al [ROB88], ont recensé 344 cas de sarcomes radio-induits. Ces sarcomes sont survenus chez des enfants exposés aux rayonnements ionisants à des fins thérapeutiques (rétinoblastomes, néphroblastomes).
- En 1994, le rapport de l'UNSCEAR, la Commission spéciale des Nations Unies⁵³ [UNS94] confirme ce point à propos des "moins de 25 ans" pour lequel les cancers de l'os et des tissus conjonctifs provoqués par radiothérapie présentent une augmentation statistiquement significative. Un important excès est également rapporté pour les enfants qui, au lendemain de la 2^{ème} guerre mondiale, avaient eu, en Israël, une irradiation du cuir chevelu pour lutter contre la teigne ("tinea capitis").

⁵³ UNSCEAR= "United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation". C'est une commission d'experts qui publie, tous les 5 ou 6 ans, une synthèse des connaissances sur les "sources" (retombées des tirs nucléaires, rejets d'effluents radioactifs des installations, rayonnement naturel, etc.) et sur les "effets" des rayonnements ionisants.

Mais ces sarcomes sont également observés chez l'adulte [MEL97] : femmes traitées par radiothérapie pour des tumeurs du sein [ENZ88] (ou dans le lit tumoral après exérèse de la tumeur), des cancers gynécologiques, la maladie de Hodgkin⁵⁴ [ZAH96], [COS97], le cancer des testicules [JAC 93], le cancer de la prostate [BRE00] ou des myélomes multiples. Les *sarcomes des tissus mous* surviennent également après des irradiations de l'organisme entier pour des lymphomes et quelques autres types de néoplasmes malins.

Les données épidémiologiques montrent clairement⁵⁵ [MET95] qu'il survient un excès significatif de tumeurs de l'os ou des tissus conjonctifs (95% avec un intervalle de confiance 95% IC = [15-444%]) après une irradiation externe ou une contamination interne au moyen de radionucléides émetteurs alpha.

Il est également important de noter que, selon Enzinger et Weiss⁵⁶ [ENZ88], si les opinions varient sur la signification du facteur "dose", de petites doses peuvent être impliquées dans l'induction des sarcomes des tissus mous. Ces constatations sont recoupées par les résultats de l'importante étude épidémiologique de Brenner et al⁵⁷ [BRE00] qui constatent que les seuls cancers qui surviennent de manière significative après une radiothérapie du cancer de la prostate sont les reins et les sarcomes.

En outre, l'induction de ces sarcomes est observée au niveau des organes situés dans le champ proche de la zone irradiée, mais aussi à distance.

En dehors des rayonnements ionisants, d'autres cas de sarcomes des tissus mous ont été observés lors d'expositions **professionnelles** à des substances chimiques toxiques comme des *dioxines* (intoxications aiguës accidentelles) du *chlorure de vinyle monomère* [MEL97], des herbicides⁵⁸ de l'acide phénoxyacétique et des chlorophénols [ZAH96].

⁵⁴ Zahm et al citent des études de cohorte pour lesquelles il a été observé un risque d'induction de sarcomes des tissus mous multiplié par 40 chez l'enfant et par 15 chez l'adulte.

Selon le professeur COSSET (Institut Curie), dans les grandes séries publiées de "Maladie de Hodgkin", le taux cumulé d'incidence à 15 ans, de tumeurs solides secondaires, varie de 10 à 15 %, ce qui est un taux très significativement supérieur à celui que l'on observe dans une population de même structure d'âge et de sexe.

⁵⁵ Le bilan des études épidémiologiques conduit Mettler et Upton à conclure : " *The epidemiological data show convincing excesses of bone and connective tissue tumours after radiation therapy and after internal contamination with large amounts of alpha-emitting radionuclides.* "

⁵⁶ Dans leur ouvrage, Enzinger et Weiss notent que ce sont bien les sarcomes des tissus mous qui sont, et de loin, les types les plus fréquents de cancers radioinduits: " *Almost any type of soft tissue sarcoma may arise following radiation, but by far the most common types of post radiation sarcomas are malignant fibrous histiocytoma, extra skeletal osteosarcoma and fibrosarcoma.* "

⁵⁷ Sur la base des données d'un registre des cancers (1973-93) les auteurs comparent le nombre de cancers secondaires (leucémies et cancers solides) survenus chez des personnes traitées pour un cancer de la prostate par radiothérapie (51584 hommes qui ont développé 3549 autres cancers) avec ceux relatifs aux malades traités par chirurgie (70589 hommes dont 5055 d'entre-deux ont développé un second cancer). Le risque de développer un sarcome, 5 ans et plus après le traitement, est significativement plus important pour la radiothérapie :

- Rapport "observé / attendu" = 2,50 pour les sarcomes observés, dans le champ proche (ce rapport est égal à 2,91 à 10 ans et +),
- Rapport "observé / attendu" = 1,39 pour les sarcomes observés, à distance de la zone irradiée.

⁵⁸ Sarcomes observés chez les vétérans de la guerre du Vietnam ("agent orange" notamment).

3.2 Le myélome multiple

Cette affection est apparue en excès significatif, dès le bilan relatif à la période 1950-70, pour les survivants âgés de 20 à 59 ans au moment des explosions. Cette augmentation apparaît pour le groupe exposé entre 0,01 et 0,5 gray à la moelle osseuse et plus nettement pour celui dont les doses sont supérieures à 0,5 gray [LAL83], [ICH86]. Du point de vue de l'importance du risque relatif (RR) pour une dose de 1 gray, le *myélome multiple* (RR=3,29) vient juste après la *leucémie* (RR=6,21) dans le bilan 1950-85 [ICH86].

Bibliographie

- [AEN 98] AEN (Agence pour l'Énergie Nucléaire), *"Evolution de la radiobiologie et de radiopathologie : répercussions sur la radioprotection"* Rapport AEN - Éditeur : Les Publications de l'OCDE (33 pages), Paris, 1998.
- [AFP 93] AFP (Agence France Presse), *"Un physicien vietnamien irradié, soigné en France"*, Communiqué de l'AFP - N°241 139, 24 avril 1993.
- [AIE 89] AIEA (Agence Internationale de l'Énergie Atomique), *"L'accident radiologique de Goiânia"*, Rapport AIEA - Vienne, 1989.
- [AIE 90] AIEA (Agence Internationale de l'Énergie Atomique), *"L'accident radiologique de San Salvador"*, Rapport AIEA - Vienne, décembre 1990.
- [AIE 93] AIEA (Agence Internationale de l'Énergie Atomique), *"The radiological accident in Soreq"*, Rapport AIEA - Vienne, mai 1993.
- [AIE 96] AIEA (Agence Internationale de l'Énergie Atomique), *"An electron accelerator accident in Hanoi, Viet Nam"*, Rapport AIEA - Vienne, 1996.
- [AIE 98a] AIEA (Agence Internationale de l'Énergie Atomique), *"Accidental overexposure of radiotherapy patients in San José, Costa Rica"* Rapport AIEA - Vienne, 1998.
- [AIE 98b] AIEA (Agence Internationale de l'Énergie Atomique), *"Dosimetric and medical aspects of the radiological accident in Goiânia, in 1987"* Rapport AIEA – TECDOC-1009, Vienne, 1998.
- [AIE 98c] AIEA (Agence Internationale de l'Énergie Atomique), *"Lessons learned from accidental exposure in industrial radiography"* Safety Reports Series N° 7, AIEA - Vienne, 1998.
- [AIE 00a] AIEA (Agence Internationale de l'Énergie Atomique), *"The radiological accident in Lilo (Georgia)"*, Rapport AIEA - Vienne, 2000.
- [AIE 00b] AIEA (Agence Internationale de l'Énergie Atomique), *"Lessons learned from accidental exposure in radiotherapy"* Safety Reports Series N° 17, AIEA - Vienne, 1998.
- [ALE 60] ALEXANDER P. (traduit par MARCOVITCH H.), *"Les radiations atomiques et la vie"* Gauthier - Villars Éditeur, (244 pages), Paris, 1960.

- [AUB 97] AUBERT B, *"Prévention des accidents radiologiques en milieu hospitalier"*, Actes du Congrès de la Société Française de Radioprotection, pp (93-99), Avignon, juin 1997.
- [BEC 01] BECQUEREL H. et CURIE P, *"Action physiologique des rayons du radium"*, Compte rendu des Séances de l'Académie des Sciences - 132, pp (1289-1291), 1901.
- [BEC 22] BECK A, *"Zur frage des Rontgensarkoms, Zugleich ein Beitrag zur Pathogenese des Sarkoms"*, in "Munch. Med. Wochenschr.", Vol. 69, pp (623-624), 1922.
- [BOU 02] BOURDIEU A, SARI-MINODIER I, BOTTA A, *"Évaluation de l'exposition du personnel soignant aux rayonnements ionisants par dosimètres opérationnels et pastilles thermoluminescentes"*, Annales du "Congrès de médecine du travail", page 200, Grenoble, juin 2002.
- [BRE 00] BRENNER D J, CURTIS R E, HALL E J, RON E, *"Second malignancy in prostate carcinoma patients after radiotherapy compared with surgery"*, Cancer, Vol. 88, No 2, pp (398-405), January 15, 2000.
- [BEN 69] BENINSON D, PLACER A, VANDERELST, *"Estudio de un caso de irradiación humana accidental"*, in "Handling of radiation accidents" - AIEA - Vienne, may 1969.
- [BIT 75] BITHELL J.F, STEWART A.M, *"Malignant disease in childhood and diagnostic irradiation in utero"*, British Journal of Cancer, Vol. 31, pp (271-287), 1975.
- [BUR 88] BURSON Z, LUSHBAUGH C.C.
"The 1983-1984 Ciudad Juarez, Mexico ⁶⁰Co accident", Proceeding of the Second International REACT/TS - Conference on the "Medical Basis for Radiation Accident Preparedness" October 1988, Editor: Elsevier pp (89-107), 1990.
- [CFD 80] Syndicat CFDT de l'Energie Atomique, *"Le dossier électronucléaire"*, Éditeur : Le Seuil, Collection Point Sciences – pp (125-129 et 302-309).
- [CHA 01] CHAMBRETTE V, HARDY S, NENOT J-C, *"Les accidents d'irradiation : Mise en place d'une base de données "ACCIRAD" à l'IPSN"*, Radioprotection, Vol. 36, N°4, pp (477-510), 2001.
- [CIP 77] Commission Internationale de Protection Radiologique, *"Recommandations de la Commission Internationale de Protection Radiologique (adoptées le 17 janvier 1977)"*, Publication CIPR 26, Éditeur : Pergamon Press, 1977.
- [CIP 91] Commission Internationale de Protection Radiologique
"Recommandations de la Commission Internationale de Protection Radiologique"
Publication CIPR 60, Éditeur : Pergamon Press, 1991.
- [CIP 96] Commission Internationale de Protection Radiologique, *"Radiological Protection and Safety in Medicine"* Publication CIPR 73, Editor: Pergamon Press, 1996. *"Protection et Sécurité Radiologiques en Médecine"* -Traduction française - Éditeur : Nucléon, 1997.
- [CIP 00] Commission Internationale de Protection Radiologique, *"Pregnancy and medical radiation"*, Publication CIPR 84, Éditeur : Elsevier Science, 2000.
- [COS 97] COSSET J, *"Cancers radioinduits: les faits"*, Actes du Congrès de la Société Française de Radioprotection, pp (447-460), Avignon, juin 1997.
- [CRO 89] CROFT J.R, ZUNIGA-BELLO P, KENNEKE A, *"The radiological accident in San Salvador"*, Proceedings of an International Symposium on "Recovery Operations in the Event of a Nuclear Accident or Radiological Emergency", pp (575-584) - AIEA - Vienne, November 1989.
- [DEL 78] DELPLA M, FOURGOUS J.M, *"Accidents et incidents nucléaires"*, Éditeur : EDF, 3, rue de Messine, 75008 Paris, janvier 1978.

- [DIC 99] DICUS J.G, "*Perspectives américaines: Sûreté et sécurité des sources radioactives*", AIEA Bulletin, Vol. 41, N°3, pp (22-27), 1999.
- [DOL 97] DOLL R, WAKEFORD R, "*Risk of childhood cancer from fetal irradiation*", The British Journal of Radiology, Vol. 70, pp (130-139), 1997
- [DOU 84] DOUSSET M, JAMMET H, "*Les accidents humains d'irradiation d'origine nucléaire*", Symposium sur les "Irradiations accidentelles et thérapeutiques" juin 1984 à Créteil - Édité par Galle P., Masse R., Nénot J.C.
- [DOU 86] DOUSSET M, JAMMET H, "*Historique des accidents majeurs à ce jour chez l'homme, à la lumière des informations disponibles*", Séminaire sur les "Problèmes d'intervention médicale à mettre en oeuvre en cas de surexposition aux rayonnements ionisants", Luxembourg, février 1986. Rapport EUR11-370-FR Éditeur : Commission de la Communauté Européenne.
- [DRA 99] DRAY N, CADOR B, TURNER G, LIMIDO G, TRUITT B, "*Maladies professionnelles et exposition aux radiations ionisantes*", Archives des maladies professionnelles, Vol. 60, N°1, pp (29-35), 1999.
- [DUF 99] DUFTSCHMID K.E, "*Prévenir le prochain cas : Matières radioactives et trafic illicite*", AIEA Bulletin, Vol. 41, N°3, pp (37- 41), 1999.
- [ENZ 88] ENZINGER F M et WEISS S W, "*Soft tissue tumors*", (pages 3 et 275), Editor: "The C. V. Mosby Company. - St Louis, Washington D.C., Toronto, 1988.
- [FLA 87] FLANDRIN G, COLLADO S, "*Is male predominance (4/1) in hairy cells leukemia related to occupational exposure to ionizing radiation, benzene and other solvents ?*" British Journal of Haematology, 67, pp (119-120).
- [FRY 79] FRY S.A, "*The United States Radiation Accident and other Registries of the REAC/TS Registry System: their functions and current status*", International Conference of "Medical Basis for Radiation Accident Preparedness" October 1979, Oak Ridge – USA, Edited by Elsevier North Holland, New York, pp (3-15), 1980.
- [GON 73] GONGORA R, GONGORA G, JAMMET H, "*Données cliniques à propos de 25 cas d'irradiations partielles*", VIII^{ème} Congrès national de l'ATSR, 1973.
- [GON 83] GONGORA R, JAMMET H, "*Radiolésions aiguës localisées*", Radioprotection, Vol. 18, N°3, pp (139-154), 1983.
- [GON 99] GONZALEZ A.J, "*Renforcement de la sûreté des sources de rayonnements et de la sécurité des matières radioactives: Des initiatives qui s'imposent*», AIEA Bulletin, Vol. 41, N°3, pp (2-17), 1999.
- [GUS 85] GUSTAFSON P.F and STEHNEY A.F, "*Radium induced malignancies*", Argonne National Laboratory - Report ANL - 84103 part II, pp (181-185), 1985.
- [HUV 85] HUVOS AG, WOODARD HQ, CAHAN WG *et al*, "*Post-radiation osteogenic sarcoma of bone and soft tissues: A clinico-pathologic study of 66 patients*", Cancer, No 55, pp (1244-1255), 1985.
- [ICH 86] ICHIMARU M, OHKITA T, ICHIMARU T. "*Leukemia, multiple myeloma, and malignant lymphoma*" in "Cancer in atomic bomb survivors", pp (113-127), GANN Monograph on cancer research N° 32, Editor: Japan Scientific Societies Press, Tokyo, 1986.
- [JAC 93] JACOBSEN G K, MELLEMGAAARD A, ENGELHOLM S , MOLLER H, "*Increased incidence of sarcoma in patients treated for testicular seminoma*", European Journal of Cancer, No 29A, pp (664-668), 1993.

- [JAM 79] JAMMET H.
"Problèmes posés par les irradiations accidentelles prolongées".
 Bulletin Académie Nationale de Médecine, Vol. 163, N°2, pp (1441-60).
- [JAM 84] JAMMET H, DOUSSET M.
"Le point sur les expositions accidentelles connues"
 Radioprotection, Vol. 19, N°4, pp (269-274), 1984.
- [KIM 78] KIM JH, CHU FC, WOODWARD HQ *et al*, "*Radiation-induced soft tissue and bone sarcoma* ", Radiation, No 129, pp (501-508), 1978.
- [LAC 69] LACASSAGNE A.
"Les pionniers de la protection contre les rayonnements ionisants"
 Radioprotection, Vol. 3, n° 4, pp (305-310), 1969.
- [LAG 74] LAGROT F.
"Radiodermites des mains"
 Éditeur: DOIN, Paris 1974 (231 pages).
- [LAL 83] LALLEMAND J.
"Effets somatiques à long terme de l'irradiation chez les survivants d'Hiroshima et de Nagasaki "
 Radioprotection, Vol. 18, n° 3, pp (177-186), 1983.
- [LAU 00] LAURIER D, TIRMARCHE M, MITTON N, GELAS J-M.
"Risque de décès par cancer du poumon dans la cohorte des mineurs français"
 Revue de Médecine du Travail, Tome XXVII, n° 4, p 231, 2000.
- [LED 22] LEDOUX-LEBARD R.
"Le cancer des radiologistes" - Paris Médical - Vol 43, pp (299-303), 1922.
- [LIB 02] LIBOUTON P, CAROYER J-M, "*Cancers reconnus de 1961 à 2000 en Belgique*",
 Annales du "Congrès de médecine du travail", pp (199-200), Grenoble, juin 2002.
- [LUB 99] LUBENAU J.O, "*Un siècle de défi: Aperçu historique des sources rayonnements aux États-Unis*" AIEA Bulletin, Vol. 41, N°3, pp (49-54), 1999.
- [LUS 79] LUSBAUGH C.C., FRY S.A, HUBNER K.F, RICKS R.C, "*Total-body irradiation: a historical review and Follow-up*", International Conference of "Medical Basis for Radiation Accident Preparedness" October 1979, Oak Ridge – USA, Edited by Elsevier North Holland, New York, pp (3-15), 1980.
- [LUS 88] LUSBAUGH C.C, RICKS R C, FRY S.A, "*Radiological accidents: a historical review of sealed sources accidents.*" In Radiation protection in Nuclear Energy. Vol. 2/3, pp (401-409), AIEA Conference, April 1988.
- [MAC 93] MACCIA C, "*L'irradiation diagnostique de la population française*" – Actes de la IV^{ème} Conférence internationale de l'ACOMEN "*Radioprotection et santé publique*", pp (97-106), mai 1993.
- [MAY 84] MAYS C.W. and SPIESS H, "*Bone sarcomas in patients given radium-224*" in "*Radiation carcinogenesis: epidemiology and biological significance*", pp (241-252), Editor: Boice J.D. and Fraumeni J.F. New York - Raven Press - 1984.
- [MEL 97] MELHOUF M.M, AMRANI N et DUBOIS J-B, "*Les sarcomes radioinduits* ", Bulletin du Cancer, No 84, Vol. 9, pp (881-884), 1997.
- [MET 95] METTLER F A and UPTON A C, "*Bone cancer*" in "Medical effects of ionizing radiation", pp (188-193), Editor: "W.B Saunders Company. - Philadelphia, 1995.

- [MOL 89] MOLINA G, "Lessons learned during the recovery operations in the Ciudad Juarez accident", Proceedings of an International Symposium on "Recovery operations in the event of a nuclear accident or radiological emergency", AIEA, Vienne, november 1989.
- [NEN 91a] NENOT J-C, "Accident mortel d'irradiation par une source de cobalt 60 " - Israël, juin 1990" Radioprotection, Vol. 26, N°2, pp (423-424), 1991.
- [NEN 91b] NENOT J-C, "Accident d'irradiation localisée en URSS, le 13 septembre 1990", Radioprotection, Vol. 26, N°2, pp (424-426), 1991.
- [NEN 92a] NENOT J-C, "Accident mortel d'irradiation en Biélorussie, octobre 1991", Radioprotection, Vol. 27, N°3, pp (337-338), 1992.
- [NEN 92b] NENOT J-C, "Les surexpositions accidentelles", Rapport DPHD/93-04, 63 pages, novembre 1992, Éditeur : CEA-IPSN - Fontenay aux Roses.
- [NEN 97] NENOT J-C, "La gestion sanitaire des accidents radiologiques et nucléaires : leçons du passé", Actes du Congrès de la Société Française de Radioprotection, pp (137-145), Avignon, juin 1997.
- [NEN 01] NENOT J-C, "Les accidents d'irradiation, 1950-2000, leçons du passé", Radioprotection, Vol. 36, N°4, pp (431-450), 2001.
- [NEW 90] NEWMAN H.F, "The malfunction "54" Accelerator accidents 1985, 1986, 1987". Proceeding of the Second International REACT/TS - Conference on the "Medical Basis for Radiation Accident Preparedness", October 1988, Editor: Elsevier pp (165-171), 1990.
- [ORT 99] ORTIZ P, FRIEDRICH V, WHEATLEY J, OREGUN M, "Objets trouvés: Danger. Les sources de rayonnements orphelines suscitent des inquiétudes dans le monde", AIEA Bulletin, Vol. 41, N°3, pp (18-21), 1999.
- [OTA 88] OTAKE M, YOSHIMARU H, SCHULL W, "Severe mental retardation among the prenatally exposed survivors of the atomics bombing of Hiroshima and Nagasaki: A comparison of the T65DR and DS86 dosimetry systems." Technical Report RERF - TR 16-87- (1988).
- [PAR 79] PARMENTIER N, NENOT J.C, JAMMET H, "A dosimetric study of the Belgian (1965) and Italian (1975) accidents", International Conference of "Medical Basis for Radiation Accident Preparedness" October 1979, Oak Ridge – USA, Edited by Elsevier North Holland, New York, pp (91-129), 1980.
- [PIE 96] PIERCE D.A, SCHIMIZU Y, PRESTON D.L, VAETH M, MABUCHI K. "Study of the mortality of atomic bomb survivors", Radiation Research, N° 146, pp (1-27), 1996.
- [RAD 71] RADIOPROTECTION - Notes recueillies au cours de la conférence du Professeur LAGROT - Radioprotection, Vol. 6, n° 3 - pp (187-207), 1971.
- [ROB 88] ROBINSON E, NENGUT A, WYLIE P, " Review: Clinical aspects of post irradiation sarcomas", Journal of National Cancer Institute, Vol. 80, pp (233-240), 1988.
- [ROB 98] ROBE M-C, "Traitement d'un site contaminé : Autres sites en France " in "Le radon : de l'environnement à l'Homme" METIVIER H. et ROBE M-C. Éditeurs : "EDP Science - IPSN ", pp (270-274), 1998.
- [ROD 87] RODRIGUES DE OLIVEIRA A, "Un répertoire des accidents radiologiques : 1945-1985", Radioprotection, Vol. 22, n° 2, pp (89-135), 1987.

- [ROG 02] ROGEL A, LAURIER D, TIRMARCHE M, QUESNE B, " *Lung cancer risk in the French cohort of uranium miners*", Journal of Radiological Protection, Vol. 22, pp (101-106), 2002.
- [SCH 93] SCHAUER D.A, COURSEY B.M, DICK C.E, Mc LAUGHLIN W.L, PUHL J.M, DESROSIERS M.F, JACOBSON A.D, " *A radiation accident at an industrial accelerator facility*", Health Physics, Vol. 65 N° 2, pp (131-140), 1993.
- [SCP 86] SCPRI, " *Opération d'assistance à la demande des autorités marocaines*", Rapport d'activité du SCPRI - 1984 -, pp (73-76), 1986.
- [SCH 90] SCHULL W J, SHIMIZU Y, KATO H, " *Hiroshima and Nagasaki: New doses, risks, and their implications*" Health Physics, Vol. 59, N°1, pp (69-75), 1990.
- [SHI 90] SHIMIZU Y, SCHULL W J, KATO H, " *Cancer risk among atomic bomb survivors - The RERF life span study*" JAMA, Vol. 264, N°5, pp (601-604), 1990.
- [STE 56] STEWART A.M, WEBB J.W, GILES B.D, HENITT D, " *Malignant disease in childhood and diagnostic irradiation in utero* ", Lancet, Vol. 2, p 447, 1956.
- [TEL 00] TELLE-LAMBERTON M, BERGOT D, DOUCHIN M-N, BARBE A, NERON M-O, GIRAUD J-M, HUBERT P, " *Analyse préliminaire de la mortalité des travailleurs du Commissariat à l'Énergie Atomique*», Revue de Médecine du Travail, Tome XXVII, n° 4, pp (227- 229), 2000.
- [TIR 93] TIRMARCHE M, " *Mortality of a cohort of a French uranium miners exposed to relatively low radon concentration*", British Journal of Cancer, Vol. 67, pp (1090-1097), 1993.
- [TIR 94] TIRMARCHE M, " *Exposition au radon et risque de cancer*", Radioprotection, Vol. 29, supplément au n° 3, pp (101-114), 1994.
- [TIR 98] TIRMARCHE M, " *Évaluation par l'épidémiologie du risque de cancer lié à l'inhalation du radon* " in "Le radon : de l'environnement à l'Homme", METIVIER H. et ROBE M-C. Éditeurs : "EDP Science - IPSN", pp (107-124), 1998.
- [TOK 86] TOKUNAGA M, TOKUOKA S, LAND C, " *Breast cancer in atomic bomb survivors*" in "Cancer in atomic bomb survivors", pp (161-177), GANN Monograph on cancer research N° 32 Editor: Japan Scientific Societies Press, Tokyo, 1986.
- [TUR 01] TURAI I, CRICK M, NOGUEIRA DE OLIVEIRA C, ORTIZ-LOPEZ P, WRIXON A, " *Response to radiological accidents: the role of the International Atomic Energy Agency*", Radioprotection, Vol. 36, pp (459-475), 2001.
- [UNS 94] UNSCEAR - United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. " *Report to the General Assembly with annexes*", Annex A: *Epidemiological studies of radiation carcinogenesis*. Editor: United Nations Publications - New York, 1994.
- [UNS 00] UNSCEAR - United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, " *UNSCEAR 2000, Report to the General Assembly with annexes*», Vol. II: " *Effects*". Editor: United Nations Publications - New York, 2000.
- [VAL 88] VALVERDE N.J, CORDEIRO J.M, OLIVIERA A.R, BRANDAO-MELLO, " *The acute radiation syndrome in the ¹³⁷Cs Brazilian accident, 1987*", Proceeding of the Second International Conference on the "Medical Basis for Radiation Accident Preparedness", October 1988. Éditeur : Elsevier, pp (89-107), 1990.
- [VAT 94] de VATHAIRE F, " *Cancers du sein et leucémies après irradiation*", Radioprotection, Vol. 29, supplément au n° 3, pp (59-65), 1994.

- [WAK 97] WAKEFORD R, DOLL R, BITHELI J.F, "*The risk of childhood cancer from low doses of ionising radiation received in utero*", Conférence AIEA "Problèmes d'intervention médicale à mettre en oeuvre en cas de surexposition aux rayonnements ionisants", Séville, novembre 1997, Éditeur: AIEA (Vienne).
- [WHE 94] WHEATLEY J, "*Radiation accident in Vietnam*", Radiological Protection Bulletin. N° 150, pp (12-14), février 1994.
- [YAM 90] YAMAZAKI J N, SCHULL W J, "*Perinatal Loss and Neurological abnormalities among children of the atomic bomb*"- Nagasaki and Hiroshima revisited, 1949 to 1989, JAMA, Vol. 264, N°5, pp (605-609), 1990.
- [ZAH 96] ZAHM S H, TUCKER M A, FRAUMENI JF, "*Soft tissue sarcomas*", pp (984-999) in "Radiation carcinogenesis: Epidemiology and biological significance", Editor: Raven Press- New York, 1984.
- [ZER 79] ZERBIB J C, "*Les recommandations de la CIPR et les travailleurs*" in "Application of the dose limitation system for radiation protection", Congrès AIEA/BIT/CIPR - avril 1979 - AIEA Vienne.
- [ZER 85] ZERBIB J C, "*Les rayonnements ionisants*", in "Les Risques du Travail : pour ne pas perdre sa vie à la gagner", Éditeur : "La Découverte", pp (273-280), mars 1985.
- [ZER 88] ZERBIB J C, "*Pour un réexamen des données qui fondent la protection des travailleurs contre les rayonnements ionisants*", Colloque "Nucléaire - Santé - Sécurité" – Montauban, janvier 1988.
- [ZER 93a] ZERBIB J C, "*Les accidents radiologiques survenus lors d'usages industriels de sources radioactives ou de générateurs électriques de rayonnement*", Séminaire SFRP sur la "Sécurité des sources radioactives scellées et des générateurs électriques de rayonnements" - Saclay, juin 1993
- [ZER 93b] ZERBIB J C, "*Forbach : une certaine logique industrielle ?*", Revue de Préventique, 6, pp (33-39), août-septembre 1993.
- [ZER 94a] ZERBIB J C, "*Accidents radiologiques: Les retours d'expériences*", Annales de l'Association Belge de Radioprotection Vol.19, n°4, pp (621-643), 1994.
- [ZER 94b] ZERBIB J C, "*Accidents sur irradiateurs: Le retour d'expérience*", Annales de l'Association Belge de Radioprotection Vol.19, n°4, pp (645-663), 1994.
- [ZER 96] ZERBIB J C, "Les maladies professionnelles : Reconnaître – Prévenir - Agir", Éditeur : "L'INPACT" 4 Bd de la Villette, 75019 Paris, 197 pages, 1996.
- [ZER 97] ZERBIB J C, "*Un excès de cancer statistiquement significatif*" Santé et Travail, n°19, pp (56-58), avril 1997.

BIBLIOGRAPHIE COMPLÉMENTAIRE

- [CAU 00] CAUSSIN J, "*Conséquences de la nouvelle réglementation dans les institutions universitaires et hospitalières: Personnel professionnellement exposé et personnes du public*", Annales de la Société belge de Radioprotection, Vol.25, N° 4, pp (299-324), 2000.
- [DOY 69] DOYON-GODINIAUX F, LOMBARDO E, PARMENTIER N C, et JAMMET H, "*Étude comparée de la durée de vie des radiologues et des médecins spécialistes*" Annales de Radiologie, Vol. 12, No 11/12, pp (1009-1014), 1969.
- [GAU 00] De GAUDEMARIS R, MAITRE A, GRESSIN C, COLONA M, MENEGOZ F, "*L'incidence des cancers chez les médecins du CHU de Grenoble est-elle supérieure à celle de la population générale ?*", Annales du "Congrès de Médecine du travail", Lille, juin 2000.

- [GAU 02] GAURON C, "*Problématique de la radioprotection en milieu médical*", Annales du "Congrès de Médecine du travail", pp (193-194), juin 2002.
- [LED 22] LEDOUX-LEBARD R, "*Le cancer des radiologistes*", Paris Médical, Vol 43, pp (299-303), 1922.
- [MAY 84] MAYS C W and SPIESS H, "*Bone sarcomas in patients given radium-224* ", pp (241-252) in "Radiation carcinogenesis: Epidemiology and biological significance", Editor Raven Press- New York, 1984.
- [MOL 98] MOL H, WAMBERSIE A, EGGERMONT G, "*Dosimetry of workers in radiology*" Workshop avec la Société Royale Belge de Radiologie, l'Association belge de Radioprotection et l'Association belge des Physiciens d'Hôpitaux- Bruxelles, 24 avril 1998.
- [ROS 95] ROSENWALD J-C, " *Optimisation des expositions médicales : Aspects opérationnels* " Cours post-Universitaire de Radioprotection, Vol. 2, pp (301-319), Agence Internationale de l'Énergie Atomique, INSTN, 1995.
- [WAM 93] WAMBERSIÉ A et DELHOVE J, "*Radioprotection en radiologie, une pratique controversée : Comment porter les dosimètres individuels ?*", Journal Belge de Radiologie (JBR-BTR), Vol.76, pp (382-385), 1993.
- [WAR 56] WARREN S et BOSTON M D, "*Longevity and causes of death from irradiation in physicians*", J.A.M.A., Vol. 162, No 5, pp (464-468), 1956.