



Berne, 16.05.2019

# Prise de position concernant la reconnaissance des maladies professionnelles issues des rayonnements ionisants en Suisse

## 1 Introduction

En Suisse la procédure la reconnaissance des maladies professionnelles dont l'origine peut être attribuée aux rayonnements ionisants est très mal connue, même par les experts en radioprotection. Le présent document a pour but de faire le point sur la question et de proposer des modifications de la pratique.

## 2 Bases scientifiques

Les bases scientifiques de l'attribution d'une maladie à une exposition sont très bien présentées dans le document UNSCEAR intitulé « *Sources, effects and risks of ionizing radiation* » [1]. L'application concrète est traitée dans un autre document édité par le Bureau international du travail (BIT), l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) et l'Organisation mondiale de la santé (OMS), dont le titre est « *Approaches to attribution of detrimental health effects to occupational ionizing radiation exposure and their application in compensation programmes for cancer* » [2]. La suite de ce chapitre présente les points principaux de ces documents.

### 2.1 Réactions tissulaires (déterministes)

Les réactions tissulaires n'apparaissent que pour des doses supérieures aux valeurs limites fixées par la législation et elles se manifestent relativement rapidement après une exposition (quelques jours ou quelques semaines). Il est généralement simple de répondre à la question de l'attribution des effets observés à une exposition et le présent document ne s'attardera pas sur cette question.

### 2.2 Effets stochastiques

Les effets stochastiques se rapportent à l'induction de cancer et aux effets héréditaires et peuvent déjà apparaître à des doses inférieures aux limites de dose. Contrairement à l'induction de cancer, les effets héréditaires n'ont été mis en évidence que dans des expérimentations animales et la question de leur attribution à une exposition professionnelle n'est pas envisageable à l'heure actuelle.

Les cancer radio-induits se manifestent après un temps de latence pouvant aller jusqu'à plusieurs dizaines d'années. Malheureusement, ils sont indistinguables des autres cancers et il n'existe pas de marqueur spécifique utilisable en pratique. En fonction du niveau de dose, les connaissances actuelles permettent cependant d'affirmer les points suivants :

- Aux doses modérées (> 100 mGy) et fortes (> 1 Gy), l'induction de cancers est soutenue par une augmentation statistiquement significative de divers types de cancers. Pour un individu, l'attribution d'un cancer donné à une exposition est d'autant plus aisée que l'incidence de cette pathologie dans la population est faible.
- Aux doses faibles (< 100 mGy) et très faibles (< 10 mGy), il n'y a pas de preuve directe et sans équivoque d'une augmentation statistiquement significative du taux de cancer dans les populations exposées. Pour un individu, il est donc impossible d'attribuer de manière certaine un cancer à une exposition.

Dans ce contexte, et quels que soient le niveau de dose, on comprend qu'il ne soit pas possible de démontrer de manière certaine qu'un cancer a été induit par des expositions professionnelles antérieures. On a donc recours à une approche probabiliste, dont les grandes lignes sont présentées dans les prochains paragraphes.

## 2.3 Part attribuée

La proportion de cancers dans une population présentant les caractéristiques d'un cancer donné, et qui peut être attribuée à une exposition, est appelée la part attribuée (*assigned share*, AS). Cette grandeur peut être définie de plusieurs manières, mais une des plus intuitives est le taux d'incidence de base,  $B$ , pour un sexe et un âge donnés (i.e. le taux en l'absence d'exposition), et  $EAR$  l'excès de risque absolu associé à l'exposition. Ainsi, AS s'exprime par :

$$AS = \frac{EAR}{B + EAR} .$$

La

Figure 1 présente les différentes catégories de personnes concernées par ces différentes grandeurs.

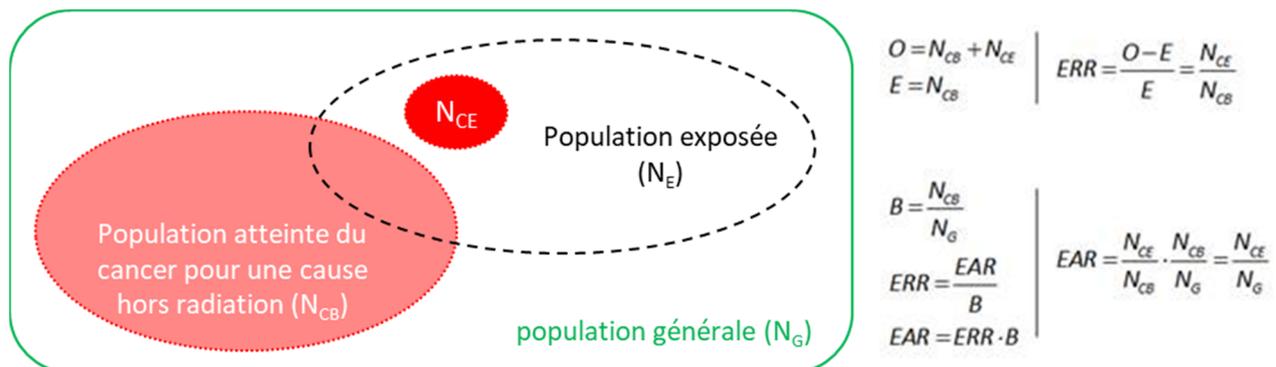


Figure 1 : Diagramme de Venn des personnes concernées pour définir le taux d'incidence de base,  $B$  et l'excès de risque absolu  $EAR$ .  $N_G$  est le nombre total de personnes dans la population considérée,  $N_{CB}$  est le nombre de personnes qui sont atteintes d'un cancer pour des raisons indépendantes d'une exposition aux rayonnements ionisants.  $N_E$  est le nombre de personnes exposées à un rayonnement donné et  $N_{CE}$  est le nombre de personnes qui ont développé un cancer induit par ce rayonnement. L'excès de risque relatif (Excess Relative Risk - ERR) est la relation du nombre total de personnes qui ont développé un cancer (*Observed* -  $O$ ) et le nombre de personnes qui ont développé un cancer pour une cause hors radiation (*Expected* -  $E$ ).

En pratique, on préfère exprimer AS en fonction de l'excès de risque relatif,  $ERR = EAR/B$  :

$$AS = \frac{ERR}{1 + ERR} .$$

La Figure 2 présente graphiquement cette relation. Lorsque  $AS = 0\%$ , on considère que l'exposition n'est

pas à l'origine du cancer observé (car  $ERR=0$ ). Lorsque  $AS = 100\%$ , on admet avec certitude qu'elle en est la cause (car  $B=0$ ). Dans la pratique,  $AS$  est située entre ces extrêmes, et il est courant de décider qu'un cancer soit attribué à une exposition (et donc de payer une indemnité) si cette hypothèse est au moins aussi probable que l'alternative, et donc que  $AS \geq 50\%$ . En termes de  $ERR$ , cela revient à dire qu'on attribue un cancer à une exposition si  $ERR \geq 1$ .

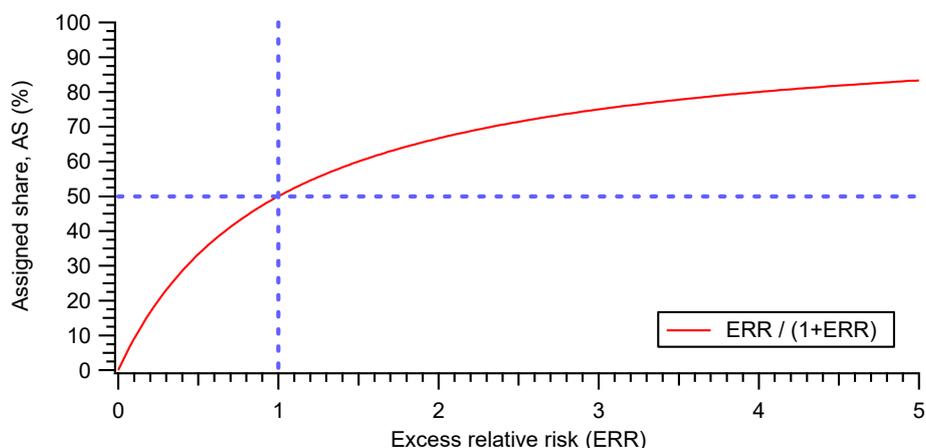


Figure 2 : Part attribuée ( $AS$ ) en fonction de l'excès de risque relatif ( $ERR$ ). La valeur  $AS = 50\%$  est souvent choisie comme seuil au-dessus duquel on considère que l'exposition est à l'origine du cancer observé.

## 2.4 Incertitude

Les valeurs de  $ERR$  pour un cancer donné en fonction du sexe et de l'âge au moment de l'exposition et du diagnostic proviennent d'études épidémiologiques telles que celles sur les survivants japonais des bombardements atomiques d'Hiroshima et de Nagasaki [3,4]. Les incertitudes associées au calcul d' $AS$  peuvent être considérables et le document AIEA-BIT-OMS [2, chapitre 3.2] propose trois manières de les prendre en compte :

1. L'approche la plus simple consiste à calculer l'estimation ponctuelle de la valeur centrale d' $AS$ . Il est toutefois peu probable que cette approche reste incontestée, car un travailleur pour lequel l'estimation d' $AS$  avoisine les 50 % pourrait opposer un autre modèle, tout aussi acceptable sur le plan scientifique, mais qui produirait une valeur d' $AS$  supérieure à 50 %. Une telle approche pouvant facilement générer des conflits, une extension naturelle consiste à incorporer, de manière informelle, des incertitudes dans l'estimation ponctuelle d' $AS$  afin que l'estimation reflète de manière acceptable les incertitudes. Habituellement, cela implique un certain degré de générosité envers le demandeur, à un niveau jugé approprié selon les circonstances.
2. Une autre solution est d'établir une échelle de compensation glissante en vertu de laquelle le niveau de compensation varie d'une compensation totale pour une estimation ponctuelle d' $AS$  dépassant 50 % à une fraction de la compensation partielle pour les valeurs d' $AS$  dans une plage inférieure à 50 %, et un seuil (par exemple 10 ou 20 %) en dessous duquel aucune indemnité n'est accordée.
3. Une autre approche consiste à quantifier l'incertitude associée à une valeur d' $AS$  par le calcul d'un intervalle de confiance. La limite de confiance supérieure (généralement 90, 95 ou 99 %) de l'intervalle d' $AS$  peut alors être utilisée pour déclencher une compensation si elle dépasse 50 % (voir l'exemple de la Figure 3).

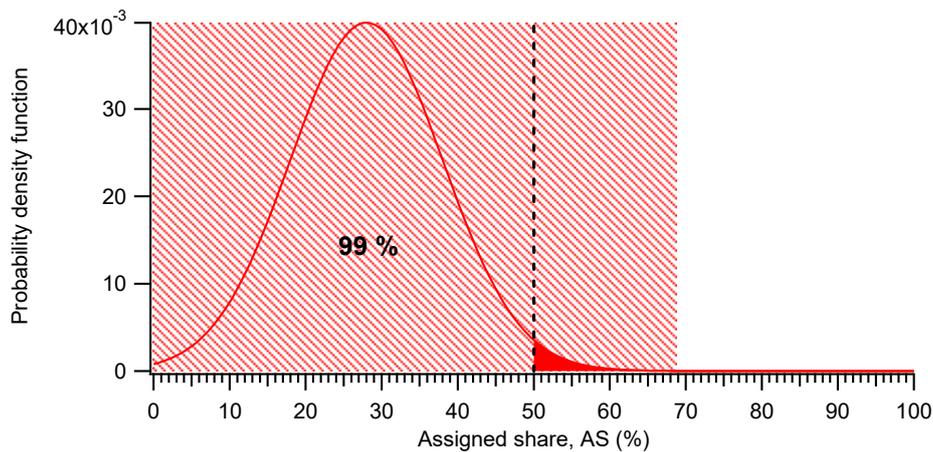


Figure 3 : Exemple fictif d'une distribution de probabilité d'AS dont la moyenne est égale à 30 % et la limite de confiance supérieure 99 % est égale à 50 %.

## 2.5 Calcul pratique d'AS

### 2.5.1 Logiciel allemand

L'Office allemand de la radioprotection (Bundesamt für Strahlenschutz) et le Ministère allemand de l'environnement, de la protection de la nature et de la sécurité nucléaire (BMU, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit) élaborent actuellement le programme « ProZES » qui permet de calculer la probabilité de corrélation entre cancer et exposition aux rayonnements ionisants.» [5]. Un exemple de calcul réalisé dans ce programme est présenté dans la Figure 4. Il montre un cas où la valeur ponctuelle de AS est égale à 34 %, mais où la probabilité d'être supérieure à 50 % est non-négligeable.

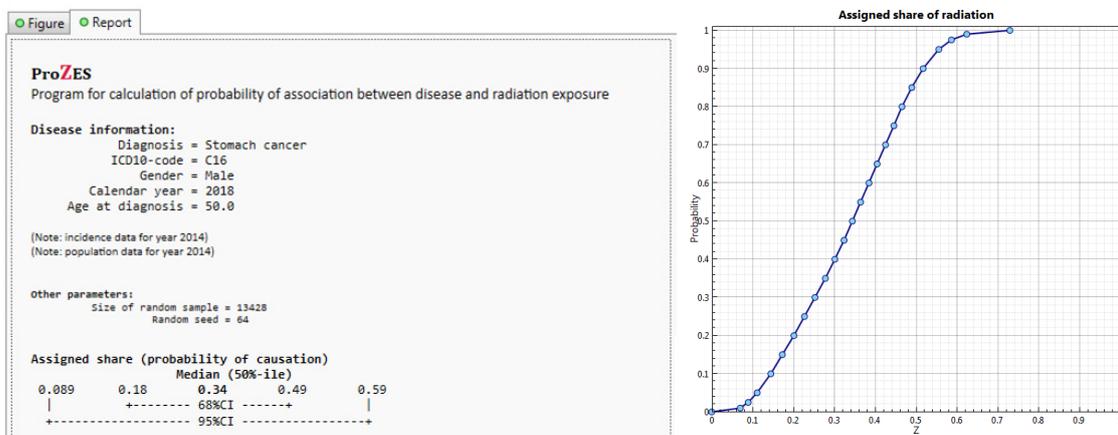


Figure 4 : Exemple de calcul d'AS (indiqué par la lettre Z sur le graphique) pour un homme diagnostiqué d'un cancer de l'estomac à l'âge de 50 ans, qui a reçu chaque année une dose équivalente à cet organe de 10 mSv depuis l'âge de 20 ans. La médiane d'AS vaut 34 %; la limite de confiance supérieure 99 % vaut 62 %.

### 2.5.2 Logiciel étasunien

Le site Internet du National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) permet de faire un calcul en ligne d'AS [6]. Un exemple de résultat est présenté dans la Figure 5 pour une personne ayant développé un cancer du poumon à l'âge de 50 ans après avoir reçu une dose équivalente au poumon de 150 mSv à l'âge de 20 ans.

#### Example 2a

Filename: irepug2a.xls  
Gender: Male  
Age at exposure: 20  
Age at diagnosis: 50  
Cancer type: Lung  
Smoking history: Never smoked  
No. of exposures: 1  
Exposure rate: chronic  
Radiation type: high-energy gamma rays (photons; E=30-250 keV)  
Dose: Lognormal (geometric mean=15 cSv; geometric sd=2.0)

#### Example 2a solution

Percentile	Probability of Causation (%)
1 <sup>st</sup>	0.62
5 <sup>th</sup>	1.48
50 <sup>th</sup>	9.25
95 <sup>th</sup>	40.99
99 <sup>th</sup>	58.94

(a)

#### Example 2b

Filename: irepug2b.xls  
Gender: Male  
Age at exposure: 20  
Age at diagnosis: 50  
Cancer type: Lung  
Smoking history: Smoker (20-39 cigarettes/day)  
No. of exposures: 1  
Exposure rate: chronic  
Radiation type: high-energy gamma rays (photons; E=30-250 keV)  
Dose: Lognormal (geometric mean=15 cSv; geometric sd=2.0)

#### Example 2b solution

Percentile	Probability of Causation (%)
1 <sup>st</sup>	0.08
5 <sup>th</sup>	0.16
50 <sup>th</sup>	1.89
95 <sup>th</sup>	21.91
99 <sup>th</sup>	40.77

(b)

Figure 5 : Exemple de calculs d'AS (indiqué par Probability of Causation) réalisé par le logiciel en ligne du NIOSH [6], pour une personne ayant développé un cancer du poumon à l'âge de 50 ans après avoir reçu une dose équivalente au poumon de 150 mSv. (a) Non-fumeur. (b) Fumeur (plus d'un paquet par jour). On constate que s'il s'agit d'un non-fumeur, la limite de confiance supérieure 99 % d'AS vaut 58,94 %, alors que si la personne a fumé plus d'un paquet de cigarettes par jour, AS ne vaut que 40,77 %. Exemple tiré du mode d'emploi du logiciel [7].

## 3 Situation suisse

### 3.1 Base légale

Les maladies professionnelles radioinduites sont évaluées de la même manière que les autres maladies professionnelles, selon l'art. 9 de la loi fédérale sur l'assurance-accidents (LAA)[8]. D'après cet article, sont réputées maladies professionnelles les maladies contractées dans le cadre de l'activité professionnelle et dues exclusivement ou de manière prépondérante à des substances nocives ou à certains travaux. L'ordonnance sur l'assurance-accidents (OLAA)[9] contient à l'annexe 1 une liste des substances nocives et des affections dues à certains travaux. Parmi celles-ci figurent également les maladies causées par les rayonnements ionisants.

Une cause prépondérante au sens de la LAA est avérée si la substance nocive représente plus de 50 % de l'ensemble du spectre des causes (autrement dit, la part attribuée AS > 50 %). En cas de reconnaissance d'une maladie professionnelle, la personne assurée bénéficie des prestations prévues par la LAA (p. ex., soins infirmiers, rente). Cette approche de l'évaluation de la « cause prépondérante » n'est explicitement énoncée ni dans la LAA ni dans l'OLAA. Toutefois, elle a été approuvée par le Tribunal fédéral dans le cas d'une néoplasie maligne après exposition au benzène (arrêt 293/99)[10].

### 3.2 Procédure

L'entreprise, l'assuré ou le médecin déclenchent le processus d'annonce d'une maladie professionnelle auprès de l'assurance-accidents de l'entreprise. L'évaluation de l'existence ou non d'une maladie professionnelle est généralement effectuée par l'assurance-accident. Il s'agit soit de la Suva, soit d'un autre assureur-accidents agréé. La Suva effectue également des évaluations pour le compte d'autres assureurs-accident. La Suva effectue individuellement le contrôle de causalité sur la base des résultats médicaux, de toutes les données de dose disponibles et, le cas échéant, des calculs d'exposition. L'évaluation est fondée sur des facteurs de risque propres à la maladie, tels que la Commission internationale de protection contre les radiations (CIPR) et le Comité scientifique des Nations Unies sur les effets des radiations atomiques (UNSCEAR, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation).

### 3.3 Nombre de cas

Entre 1985 et 2016, 58 cas de maladies professionnelles suspectées d'avoir été provoquées par des rayonnements ionisants ont été examinés par l'ensemble des assureurs. Sur ce nombre, 26 ont été reconnus. Sur les 58 cas, 51 concernaient les activités d'assurance de la Suva et 7 les autres assureurs LAA. Dans le cas de la Suva, 21 maladies professionnelles ont été reconnues. Pour les autres assureurs, il y a eu 5 maladies ont été reconnues. Ces chiffres sont très faibles par rapport aux maladies professionnelles reconnues causées par d'autres substances nocives ou activités. Entre 2000 et 2500 maladies professionnelles sont reconnues chaque année en Suisse.

### 3.4 Examens préventifs en médecine du travail

En raison du faible nombre de maladies professionnelles radioinduites, du haut niveau de sécurité et de l'obligation de dosimétrie des personnes exposées aux rayonnements sur leur lieu de travail, la Suva a mis fin aux examens préventifs dans le domaine de la médecine du travail à la fin 2015.

## 4 Approches étrangères

### 4.1 Approche allemande

Le modèle allemand de reconnaissance des maladies professionnelles stipule que la relation entre l'exposition aux rayonnements ionisants et la maladie causée par ces derniers est généralement difficile à établir et que la détermination doit donc être effectuée en coopération avec un biologiste, un physicien ou un épidémiologiste spécialisés en radioprotection. La probabilité de provoquer ou d'accélérer le développement d'une maladie (probabilité de corrélation globale) par une exposition aux rayonnements ne peut être déterminée que sur la base de données personnelles (durée et niveau d'exposition, âge au moment de l'exposition, âge au moment du diagnostic) et de méthodes statistiques. Les modalités relatives aux cas de rayonnements ionisants sont définies dans un avis scientifique [11]. Celui-ci stipule que « la preuve positive de la probabilité de causalité par une exposition uniquement professionnelle aux rayonnements ionisants est généralement présente si la probabilité de corrélation est > 50 % ».

L'assurance-accidents allemande (DGUV, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung) ([www.dguv.de](http://www.dguv.de)) publie des statistiques sur les maladies professionnelles. Dans la catégorie des rayonnements ionisants (liste n° 2402), 338, 327 et 305 cas présumés de maladies professionnelles dues aux rayonnements ionisants ont été déclarés en 2015, 2016 et 2017 respectivement. Sur ce nombre, 41 cas ont été reconnus en 2015, 39 en 2016 et 29 en 2017 ; la DGUV a donc reconnu environ un dixième des cas signalés.

### 4.2 Approche étasunienne

Aux États-Unis d'Amérique, le Département du travail (DOL, Department of Labor) calcule AS à l'aide du logiciel en ligne mentionné au paragraphe 2.5.2. En considérant la limite de confiance supérieure de 99 %, les travailleurs dont la valeur d'AS est supérieure à 50 % sont éligibles pour une indemnité. En date du 26.9.2017, ce dispositif avait permis d'indemniser 11 386 travailleurs sur les 40 847 qui avaient fait une demande, ce qui correspond à un taux d'acceptation de 27,9 % [12]. La date du début de la procédure n'est malheureusement pas clairement indiquée dans les documents en notre possession. Mais si l'on suppose que ce dispositif est en cours depuis une cinquantaine d'années, cela correspond à plus de 200 cas indemnisés par an.

Les cancers qui ont le plus haut taux d'acceptation sont ceux du poumon (63 % d'acceptation pour environ 30 % du nombre total de cas indemnisés) et de la peau, ainsi que les leucémies.

## 4.3 Approche française

En France, la législation diffère fortement de ce qui se fait en Suisse, en Allemagne ou aux États-Unis, car elle se base sur la présomption d'imputabilité de l'affection, inscrite sur une liste des affections indemnisables [13]. Dans ce contexte, elle propose une série de tableaux fixant les conditions (maladies associées au toxique en question, délai d'apparition, travaux concernés), ainsi qu'une indemnisation forfaitaire, indépendante de la dose reçue. Ainsi, aucun calcul d'AS n'est établi. Cette procédure permet en moyenne d'indemniser environ 20 cas/an dont la moitié concerne le cancer du poumon [14].

On notera cependant que la France offre également la possibilité de demander une évaluation spécifique des cas non couverts par les tableaux par une commission ad hoc d'experts.

## 5 Recommandation

La méthode appliquée en Suisse suit la procédure proposée par les instances internationales et appliquée par la majorité des pays riches. Cette méthode est transparente et permet de prendre en compte toutes les informations spécifiques à disposition, sauf la grande incertitude associée au calcul d'AS. Pour éviter que cette incertitude soit portée par le travailleur atteint d'un cancer, il serait indiqué de la prendre en compte, soit par le biais d'un intervalle de confiance (68 % ou 95 %), comme calculé par le programme allemand ProZES, soit à partir de sa limite de confiance supérieure à 99 %, comme calculé par le logiciel étasunien.

La Commission estime que le présent document devrait permettre de diffuser plus largement la problématique de l'attribution d'un risque à une maladie et que ce type de connaissance devrait figurer au programme des formations continues de radioprotection.

## 6 Références

- 1) United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), 'Sources, effects and risks of ionizing radiation, Report to the General Assembly with Scientific Annexes', New York, 2015
  - [http://www.unscear.org/docs/publications/2012/UNSCEAR\\_2012\\_Annex-A.pdf](http://www.unscear.org/docs/publications/2012/UNSCEAR_2012_Annex-A.pdf)
- 2) International Atomic Energy Agency (IAEA), International Labour Office (ILO), World Health Organization (WHO), 'Approaches to attribution of detrimental health effects to occupational ionizing radiation exposure and their application in compensation programmes for cancer', Occupational Safety and Health Series, No. 73, ILO, 2010
  - [http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/publication/wcms\\_120131.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/publication/wcms_120131.pdf)
- 3) K Kodama, K Ozasa and T Okubo, 'Radiation and cancer risk in atomic-bomb survivors', J. Radiol. Prot. 32 N51–N54, 2012
  - <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/0952-4746/32/1/N51/meta>
- 4) Committee to Assess Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation, National Research Council, 'Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation: BEIR VII – Phase 2', The National Academies Press, Washington, D.C., 2006
  - <https://www.nap.edu/catalog/11340/health-risks-from-exposure-to-low-levels-of-ionizing-radiation>
- 5) Bundesamt für Strahlenschutz, 'ProZES: Berechnung der Zusammenhangswahrscheinlichkeit zwischen Krebs und Exposition durch ionisierende Strahlung'
  - [http://www.bfs.de/DE/themen/ion/service/prozes/prozes\\_node.html](http://www.bfs.de/DE/themen/ion/service/prozes/prozes_node.html)
- 6) National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Calculating Probability of Causation
  - <https://www.cdc.gov/niosh/ocas/pccalc.html>
- 7) NIOSH, User's guide for the Interactive RadioEpidemiological Program (NIOSH-IREP), Version 5.8, December 2015
  - <https://www.cdc.gov/niosh/ocas/pdfs/irep/irepug58.pdf>
- 8) RS 832.20, Loi fédérale sur l'assurance-accidents (LAA)

- <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19810038/index.html>
- 9) RS 832.202, Ordonnance sur l'assurance-accidents (OLAA)
- <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19820361/index.html>
- 10) Claudia Pletscher, Hanspeter Rast, 'Factsheet, Berufskrankheiten', SUVA, August 2018
- <https://www.suva.ch/de-CH/material/Factsheets/berufskrankheiten-d/#uxlibrary-from-search>
- 11) Wissenschaftliche Stellungnahme zu der Berufskrankheit Nr. 2402 der Anlage 1 zur Berufskrankheiten-Verordnung „Erkrankungen durch ionisierende Strahlen“, 2011
- <https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Berufskrankheiten/pdf/Stellungnahme-2402.pdf?blob=publicationFile&v=4>
- 12) NIOSH, Compensation Rates for Single Primary Cancers, 2017
- <https://www.cdc.gov/niosh/ocas/pdfs/irep/cancerrateschart2017-508.pdf>
- 13) J. Hébert, « Évolution de la législation concernant les maladies professionnelles considérées comme provoquées par les rayonnements ionisants », Radioprotection 39(2) 269-279, 2004
- <https://www.radioprotection.org/articles/radiopro/pdf/2004/02/Hebert.pdf>
- 14) J.C. Zerbib, « Les maladies professionnelles radioinduites reconnues en France : bilan et évolutions depuis 1956 », Radioprotection 2018, 53(1) 51–60, 2018
- <https://doi.org/10.1051/radiopro/2018002>