



Recommandation concernant la dose à la population suisse

Version : 08.03.2018

1. Introduction

L'Ordonnance sur la radioprotection demande à l'OFSP de communiquer la dose délivrée à la population suisse. Ceci est réalisé dans le rapport annuel de la Division radioprotection sous la forme d'une dose efficace moyenne exprimée en millisievert par année. La Commission fédérale de radioprotection estime qu'il est possible d'affiner la manière de présenter cette information et de mieux mettre en avant les fluctuations entre les individus.

Cette recommandation commence par présenter la situation suisse actuelle et la met en perspective avec ce qui est réalisé à l'étranger. Elle propose une manière différente de ventiler les différentes sources d'exposition et de présenter les valeurs. Elle se termine avec des considérations sur le lien entre la dose et le risque.

2. Situation actuelle en Suisse

Les faibles doses d'exposition aux radiations ionisantes comportent un risque stochastique de développer un cancer ou des malformations dans la descendance. Ce risque peut s'estimer à partir de la dose efficace, E , exprimée en millisievert, et de l'application du modèle linéaire sans seuil, basé sur le principe de précaution.

A l'intention du public, la division radioprotection de l'OFSP présente chaque année dans son rapport annuel la dose efficace moyenne délivrée à la population, sous la forme d'un graphique (voir Figure 1) accompagné d'une à deux pages de texte explicatif. Les sources principales d'exposition sont regroupées en 4 catégories (1) le radon, (2) le diagnostic médical, (3) la radioactivité naturelle et (4) toutes les autres contributions.

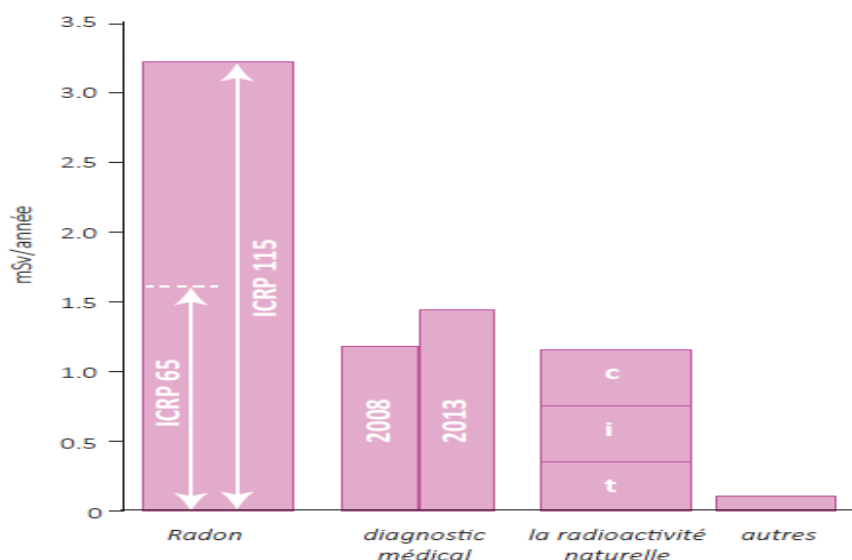


Figure 1 : Représentation graphique des sources d'exposition à la population en termes de dose efficace moyenne par année (rapport annuel OFSP 2016).

Les principaux avantages sont les suivants :

- La prédominance du radon et la grande incertitude qui régnait au moment de la rédaction du rapport annuel 2016 est montrée sans état d'âme.
- La séparation graphique nette des différentes sources d'exposition permet de ne pas amalgamer celles pour lesquelles aucune action n'est possible et d'autres pour lesquelles il est possible d'optimiser l'exposition.

Les inconvénients majeurs sont les suivants :

- Le graphique ne présente que des valeurs moyennes et ne permet pas de se faire une idée de la grande fluctuation interindividuelle de certaines composantes (en particulier le radon et l'imagerie médicale).
- Le terme unique "radon" peut donner à penser qu'il s'agit d'une source uniquement naturelle, alors que sa valeur est largement déterminée par des paramètres architecturaux.
- Le terme "radioactivité naturelle" est ambigu, car il inclut aussi l'incorporation de radionucléides artificiels et exclut le radon.
- Le terme "diagnostic médical" est également ambigu car il inclut également des interventions sous radioscopie.

3. Situation en Allemagne, en France et aux Etats-Unis

3.1 Approche allemande

Le Bundesamt für Strahlenschutz fait le point de la situation dans son rapport annuel destiné au Parlement [BfS 2017]. Le rapport est très complet et traite à la fois les expositions aux rayonnements ionisants et non-ionisants du public et des professionnels. Pour les sources d'exposition aux rayonnements ionisants, il propose de distinguer deux sources principales : naturelle et civilisationnelle (voir Figure 2).

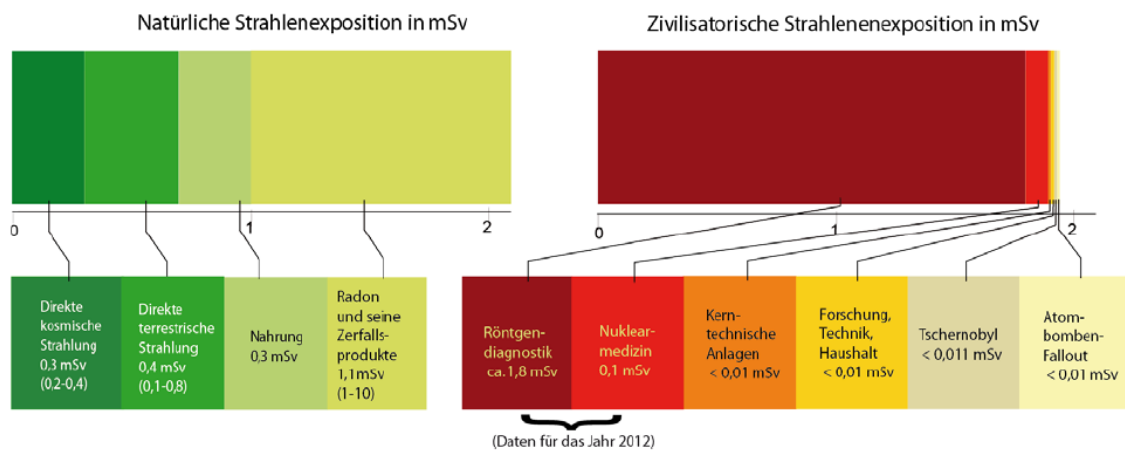


Figure 2 : Présentation de la distribution des doses efficaces moyennes annuelles par individu selon le rapport allemand.

Les principaux avantages sont les suivants :

- Des estimations détaillées de chaque composante sont effectuées.
- La présentation de cartes du pays permet de se faire une idée de la variation géographique.
- Des informations numériques de ce rapport pourraient être reprises pour évaluer les doses suisses.

Les inconvénients majeurs sont les suivants :

- Le simplisme de la dichotomie naturel/civilisationnel souligné par deux couleurs complémentaires peut faire penser qu'il s'agit d'une séparation entre le bien et le mal.
- La nourriture inclut le ^{40}K et les radionucléides artificiels ingérés.
- Le radon est au moins autant civilisationnel que naturel, car l'architecture et le mode de vie peuvent grandement réduire le niveau d'exposition.

3.2 Approche française

L'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire publie également un rapport annuel dont le but est d'informer la population [IRSN 2015]. Le texte présente les sources d'exposition selon deux catégories générales semblables à l'approche allemande : naturelles et artificielles. La présentation graphique de synthèse est reproduite dans la Figure 3.

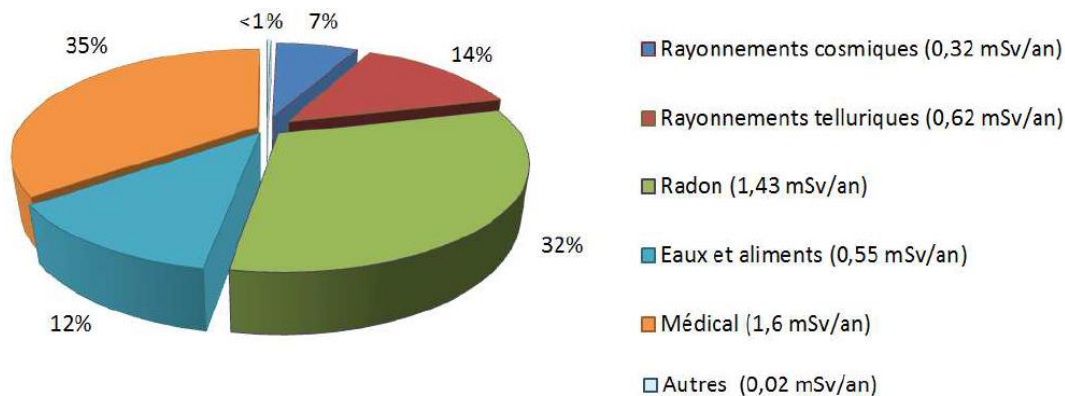


Figure 3 : Présentation de la distribution des doses efficaces moyennes annuelles par individu selon le rapport français.

Les principaux avantages sont les suivants :

- Un effort particulier a été fait pour évaluer les variations interindividuelles.
- Des situations typiques d'individus permettent de se rendre compte de la variabilité interindividuelle. Ci-dessous deux exemples :
 - Individu n'ayant bénéficié d'aucun examen médical, vivant dans une commune à faible concentration en radon et à faible niveau de rayonnements telluriques, et consommant peu de denrées alimentaires riches en radionucléides naturels.
 - Individu ayant une exposition médicale importante, vivant dans une commune à concentration moyenne en radon et niveau élevé de rayonnements telluriques, et ayant une consommation moyenne de denrées alimentaires riches en radionucléides naturels.
- Une interface web permet d'entrer ses propres données et de faire un calcul individualisé¹.
- Des actions possibles pour agir sur les différentes sources d'exposition sont proposées.
- Des informations numériques de ce rapport pourraient être reprises pour évaluer les doses suisses.

Les inconvénients majeurs sont les suivants :

- La représentation graphique en "pie-chart" laisse penser que toutes les sources sont au même niveau et que nous avons par conséquent les mêmes moyens d'action sur chacune d'elles.
- Comme pour le rapport allemand, le simplisme de la dichotomie naturel/artificiel peut faire penser qu'il s'agit d'une séparation entre le bien et le mal.
- La nourriture inclut le ⁴⁰K et les radionucléides artificiels ingérés.
- L'évaluation géographique de la dose induite par le radon est clairement fautive dans la zone frontalière du jura français (l'estimation de l'exposition est établie sur la base d'un calcul et diffère très fortement de l'estimation de la zone limitrophe suisse qui est appuyées par des milliers de mesures).

3.3 Approche américaine

Le National Council on Radiation Protection and Measurements a rédigé un grand rapport qui s'adresse essentiellement aux experts du domaine [NCRP 2009]. Le rapport traite de la question de manière exhaustive. Cinq catégories de sources sont proposées : (1) background (y compris le radon et tout type d'ingestion), (2) patient, (3) produits de consommation, (4) toutes les autres sources d'exposition du public (industrie, sécurité, médical, formation et recherche), et (5) les expositions professionnelles. La présentation graphique de synthèse américaine est reproduite dans la Figure 4 :

¹ <https://expop.irsln.fr/>

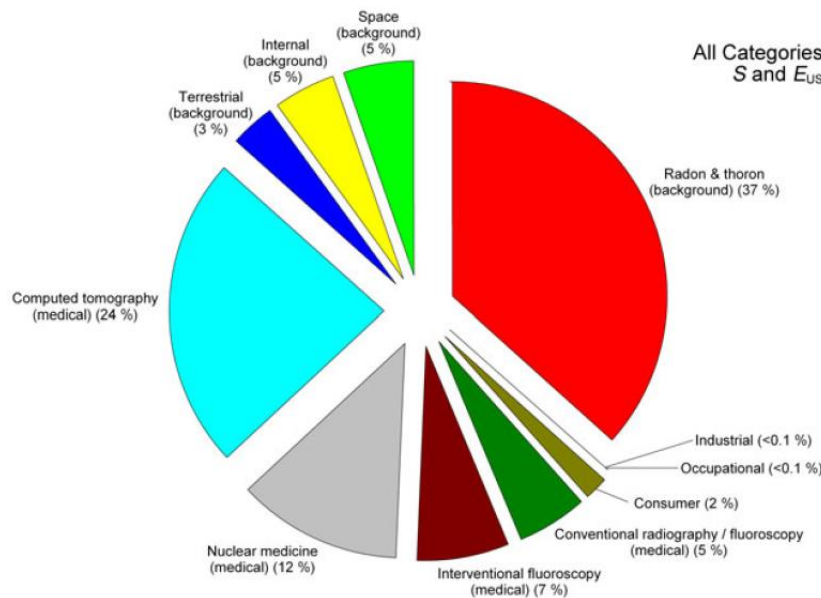


Figure 4 : Présentation de la distribution des doses efficaces moyennes annuelles par individu selon le rapport américain.

Les principaux avantages sont les suivants :

- La bibliographie est extensive.
- La dose efficace délivrée en radiothérapie externe est abordée dans le rapport (en considérant les organes situés en dehors du volume traité), mais conformément aux autres rapports nationaux ne figure pas non plus dans le total des doses attribuées à la médecine.
- Des informations numériques de ce rapport pourraient être reprises pour évaluer les doses suisses.

Les inconvénients majeurs sont les suivants :

- Comme dans le rapport français, la représentation graphique en "pie-chart" laisse penser que toutes les sources sont au même niveau et que nous avons par conséquent les mêmes moyens d'action sur chacune d'elles.
- Les données ne sont plus très actuelles (publication en 2009, mais basé sur des données de 2006).
- Le background interne inclut le ^{40}K et les radionucléides artificiels ingérés.
- L'inclusion des doses délivrées aux professionnels permet de montrer que la valeur moyenne est très faible par rapport aux autres sources, mais peut créer la confusion si l'information est destinée au public.

4. Distribution différente des sources d'exposition

Selon l'ORaP, le terme "catégorie d'exposition" se rapporte aux personnes impliquées (public, professionnel, patient) et celui de "situation d'exposition" à la manière dont l'exposition survient (planifiée, urgente, existante). Nous retiendrons donc le terme de "sources d'exposition" pour qualifier l'origine des expositions. Les sources suivantes paraissent les plus importantes à considérer en Suisse :

- **Rayonnement cosmique.** Exposition provenant du rayonnement cosmique pour une personne vivant à un endroit donné en Suisse. Cette valeur dépend directement de l'altitude.
- **Rayonnement terrestre.** Exposition provenant du rayonnement terrestre pour une personne vivant à un endroit donné en Suisse. Cette valeur dépend directement de la géologie du lieu concerné.
- **Interne – ^{40}K .** Exposition interne provenant essentiellement de l'isotope 40 du potassium présent naturellement dans l'organisme. On pourrait également y ajouter l'isotope 14 du carbone, mais cette composante est bien inférieure à celle du ^{40}K .
- **Radon dans les habitations.** Exposition provenant du radon et de ses produits de filiation lors de l'inhalation de l'air d'une habitation.

- **Vol en avion.** Exposition provenant du rayonnement cosmique qui est nettement plus important à l'intérieur d'un avion qu'au niveau du sol.
- **Tabac.** Exposition provenant de l'inhalation du $^{210}\text{Pb}/^{210}\text{Po}$ qui est naturellement présent dans le tabac.
- **Alimentation.** Exposition interne provenant des radionucléides autres que le ^{40}K qui ont été ingérés avec l'alimentation.
- **Imagerie médicale.** Exposition externe provenant de l'imagerie par rayons X et exposition interne provenant de radionucléides utilisés en médecine nucléaire. Les radiations utilisées pour leur rôle thérapeutique sont exclues, car contrairement à l'imagerie médicale, où la dose peut être vue comme un effet secondaire, la radiothérapie a pour finalité le dépôt de dose dans le volume cible (la tumeur).
- **Industrie et médecine.** Expositions externes et internes provenant de toutes les sources radioactives non prises en compte plus haut. Cela concerne en particulier l'industrie nucléaire et les relâchements de sources utilisées en médecine dans l'environnement (mais pas les expositions des patients). On y trouve également les dépôts provenant des essais d'armes nucléaires dans l'atmosphère et les impacts des accidents de centrales (Tchernobyl).

Comme le montre la Figure 5 la distinction entre source de rayonnement naturelle et artificielle, souvent utilisée dans la communication au grand public, n'est pas univoque. C'est le cas pour la source principale d'exposition en Suisse, le radon, dont les composantes architecturales et le mode de vie sont souvent bien plus importantes que l'activité présente dans l'environnement. La situation est semblable pour le tabac et les vols en avion dont l'origine des rayonnements est naturelle, mais pour lesquelles la dose délivrée à un individu est directement liée au comportement de la personne concernée. De plus, l'exposition imputable à l'alimentation mérite d'être dissociée entre celle qui provient du ^{40}K et celle des autres radioéléments. En effet, le ^{40}K est un radioélément d'origine naturelle en équilibre homéostatique avec l'environnement : pour une morphologie donnée, un individu est toujours exposé de la même manière, quelle que soit son régime alimentaire. En revanche, les autres radionucléides issus de l'alimentation peuvent être d'origine naturelle (p.ex. ^{226}Ra , ^{210}Pb) ou artificielle (p.ex. ^{137}Cs , ^{90}Sr) et l'exposition d'une personne dépend directement de ce qu'elle ingère.

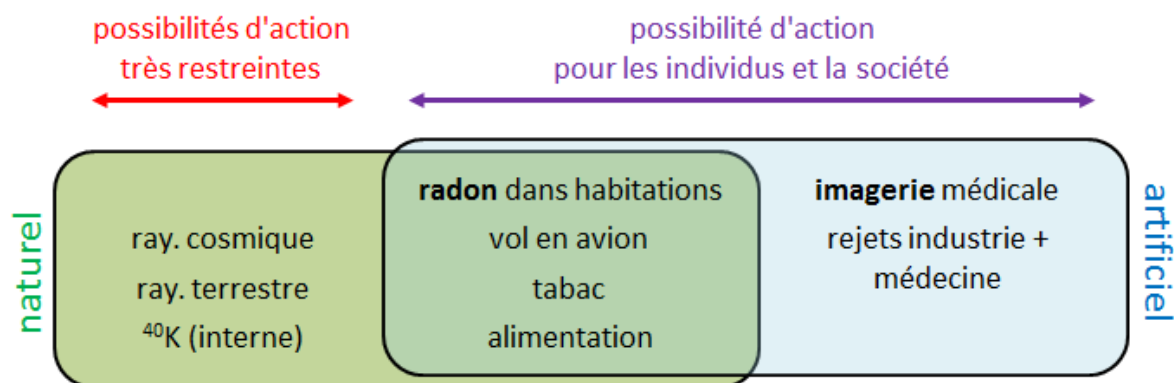


Figure 5 : Répartition des principales sources d'exposition dans la dichotomie fréquemment rencontrée naturel/artificiel et en termes de possibilité d'action qu'a l'individu ou la société.

Dans une perspective de santé publique, la Commission propose de distinguer les sources d'exposition en fonction des possibilités d'action des individus et de la société. Cependant, parmi les sources pour lesquelles nous avons des possibilités d'action, il est proposé de présenter séparément ses deux composantes les plus importantes. En effet, en plus de dominer les autres sources d'exposition, le radon dans les habitations et l'imagerie médicale sont perçus très différemment en termes de bienfait/nuisance et en termes d'actions à entreprendre pour moduler leurs amplitudes (Figure 6).

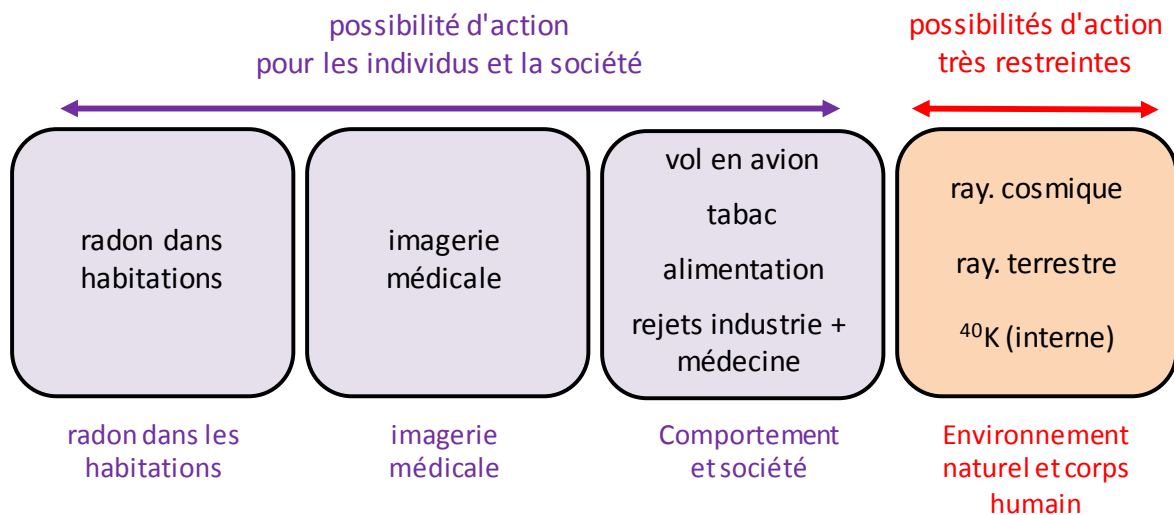


Figure 6 : Répartition des sources selon les composantes proposées dans le présent document

Le Tableau 1 présente quelques possibilités d'action permettant de moduler les expositions associées à chaque source d'exposition.

Tableau 1: Proposition de refonte des composantes de l'irradiation de la population et possibilités d'action.

Source d'exposition	Possibilité d'action individuelle	Possibilité d'action institutionnelle
Radon dans les habitations	Mesurer la concentration en radon de son habitation Le cas échéant, assainir	Niveaux de réf. 300 Bq/m ³ Service technique et info Services de mesure Consultants radon Base de données radon Normes de construction
Imagerie médicale	S'assurer que ses propres examens radiologiques sont justifiés	Justification des examens Niveaux de réf. diagnostic Audits cliniques Optimisation des conditions d'acquisition
Comportement et société		
– vol en avion	Estimer la dose délivrée lors de ses voyages en avion Le cas échéant, les limiter	Informers les passagers
– tabac	Réduire sa consommation	Informers les fumeurs
– alimentation	Prendre en compte la dose lors de ses choix alimentaires	Surveillance du marché
– industrie et médecine	---	Valeurs limites d'immission
Environnement naturel et corps humain		
– cosmique	Habiter à basse altitude	---
– terrestre	Certaines régions ont davantage de radioactivité que d'autres	---
– K-40	---	---

5. Présentation des doses

5.1 Valeurs moyennes

Une présentation de la dose efficace moyenne par année et par habitant comme réalisé dans les derniers rapports OFSP (voir Figure 1) est adéquate.

5.2 Variation interindividuelle

En plus des valeurs moyennes, il serait bon de présenter les variations interindividuelles que l'on peut rencontrer pour chacune des composantes. La représentation graphique devrait faire l'objet d'une réflexion, car il est important qu'elle soit comprise par des non-spécialistes. En dehors des fonctions de densité de probabilité sous forme continue, en histogramme ou en box-plot, deux exemples sont donnés dans la Figure 7.

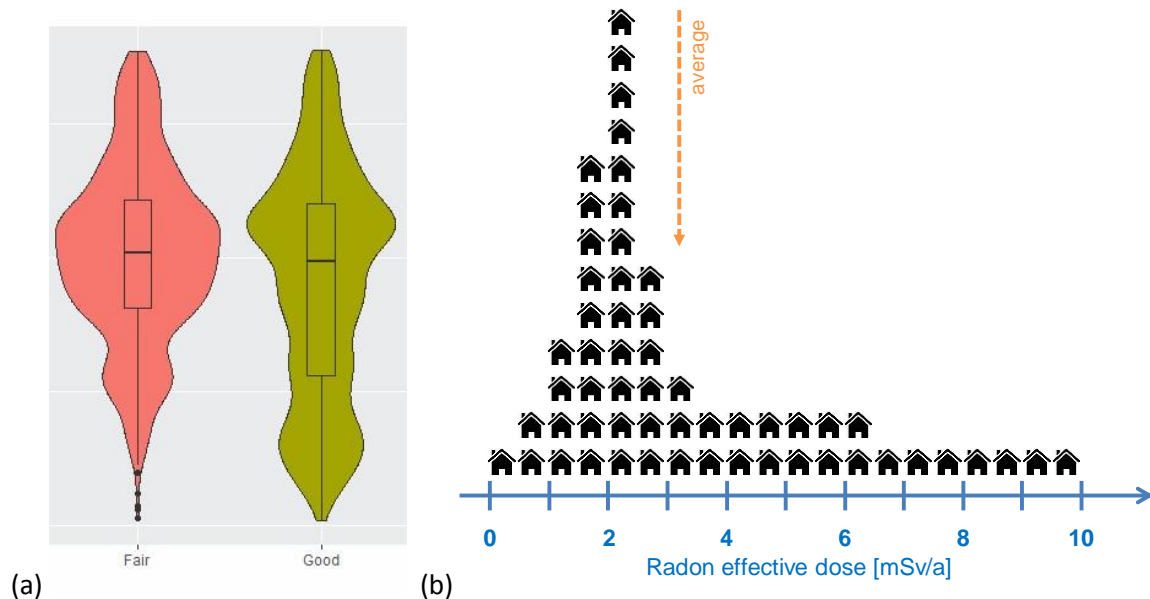


Figure 7 : Exemples de représentations possibles de distribution. (a) violin plot présente au centre les quartiles de la distribution (avec la médiane comme trait horizontal en gras) et en périphérie l'histogramme de la distribution, symétrique par rapport à l'axe vertical. (b) Histogramme de la dose efficace attribuable au radon présent dans les habitations (données fictives); l'utilisation d'icônes de maisons permet rendre compte qu'il s'agit d'abord d'un problème lié à l'habitat.

5.2.1 Radon dans les habitations

La distribution des doses efficaces pourrait être présentée par individu dans l'ensemble de la population suisse et pour trois régions typiques (p. ex. La Chaux-de-Fonds, Berne et Lugano). Sur ces distributions, il faudrait indiquer la dose correspondante au niveau de référence 300 Bq/m³.

5.2.2 Imagerie médicale

Idéalement, on aimerait pouvoir montrer la distribution des doses efficaces par individu, mais ces données ne sont pas accessibles pour l'instant. Une alternative serait de montrer graphiquement où se trouve les niveaux de référence diagnostiques de quelques examens choisis (par exemple cliché dentaire, radiographie du thorax, examen CT du polytraumatisé, coronarographie diagnostique (et/ou thérapeutique)).

5.2.3 Comportement et société

Vol en avion. Idéalement, on souhaiterait avoir la distribution des doses efficaces par individu. Si cela n'est pas possible, il faudrait au moins montrer graphiquement où se situe la valeur moyenne par rapport à quelques comportements typiques (p.ex. abstention, un vol intra-européen, un vol transatlantique, un "frequent flyer", un professionnel effectuant des vols long courrier). En accord avec la publication ICRP-132, il y a lieu de mettre l'accent sur l'information des personnes prenant régulièrement l'avion.

Tabac. Il devrait être possible de montrer la distribution des doses efficaces par individu à partir des statistiques de consommation. Sur cette représentation graphique, il faudrait indiquer la valeur moyenne et quelques situations typiques (p. ex. non-fumeur, 1 paquet par jour, 2 paquets par jour).

Alimentation. Les données relatives aux habitudes alimentaires suisses ne sont pas suffisamment précises pour pouvoir estimer la distribution de dose dans la population. On pourrait donc se contenter de mentionner que certains aliments sont davantage sujets à contenir de la radioactivité, comme les poissons et les crustacés. Il ne faudrait cependant pas manquer de rendre attentif que ce type de nourriture peut apporter des avantages significatifs sur le plan de la santé. On pourrait également ajouter le cas des sangliers suisses encore contaminés par l'accident de Tchernobyl.

Industrie et médecine. Etant donnée la faible valeur de cette composante, il n'est probablement pas nécessaire d'en estimer sa distribution. On pourrait cependant mentionner la situation des héritages de l'industrie horlogère (^{226}Ra).

5.2.4 Environnement naturel et corps humain

Cosmique. La carte de la Suisse et l'indication explicite de la dépendance de l'exposition aux rayons cosmiques en fonction de l'altitude devraient être présentées. La distribution des doses efficaces par individu s'estime dès lors facilement à partir des données de résidence.

Terrestre. Idem que pour la composante cosmique.

K-40. Il faudrait dire explicitement que l'alimentation n'a aucune incidence sur cette composante, car le potassium dans l'organisme est en équilibre homéostatique avec l'environnement. La variation interindividuelle est essentiellement liée à la proportion d'os et de muscles de la personne concernée.

5.3 Outil informatique individualisé

En plus de la présentation des variations présentes dans la population, il serait utile de développer un outil informatique permettant d'estimer la dose reçue par un individu en fonction de ses habitudes propres, en s'inspirant de l'exemple français. Cela permettrait d'avoir un effet bénéfique sur la culture de radioprotection. Ce type de calcul devrait cependant être assorti d'un commentaire prédéfini permettant d'interpréter le résultat (p. ex. en mentionnant les moyens d'action pour moduler l'exposition).

6. Communication du risque

La question du lien entre la dose efficace et le risque stochastique devrait être abordée en rappelant la définition et le rôle de la limite de dose, afin d'éviter les possibles confusions. Il est en effet important de rappeler que la limite de dose ne s'applique qu'aux situations d'exposition planifiées, sauf pour les patients, pour lesquels le bénéfice attendu est plus important que le risque associé aux radiations. Les situations d'exposition existantes (comme le radon dans les habitations ou les situations post-accidentelles) et d'urgence (comme un accident ou un attentat) ne sont pas soumises à des limites, mais optimisées dans le cadre d'une analyse coût/bénéfice par le biais de niveaux de référence. La limite de dose ne concerne donc que les sources d'exposition artificielles sur lesquelles on dispose d'un certain contrôle. Pour le public, la limite de dose a été fixée à 1 mSv/an, car cela correspond aux variations typiquement observées dans la population. Cette valeur est reconnue comme étant adéquate pour protéger l'ensemble de la population, y compris les plus vulnérables [ICRP, 2007].

Même si la communication du risque associé à une dose efficace donnée est difficile à quantifier de manière compréhensible pour les non-spécialistes, elle devrait au minimum présenter les points suivants :

1. Le risque lié aux basses doses s'obtient à partir du modèle linéaire sans seuil dont l'acceptation découle du principe de précaution. Autrement dit, on admet que le risque est proportionnel à la dose et que même une petite dose est associée à un risque.
2. Le risque radiologique dépend du sexe et de l'âge de l'individu concerné.
 - En première approximation, et pour une irradiation corps entier, on peut considérer que le risque est deux fois plus important pour les femmes que pour les hommes.
 - En termes d'âge, les enfants sont environ deux fois plus à risque que les adultes en âge de travailler et les personnes âgées deux fois moins sensibles.

7. Recommandation

La Commission recommande à l'OFSP de revoir la nomenclature des sources d'exposition de la population en considérant les catégories suivantes :

- radon dans les habitations;
- imagerie médicale;
- comportement et société;
- environnement naturel et corps humain.

La dose efficace moyenne annuelle est une information utile, mais la culture de radioprotection de la population bénéficierait de se voir présenter des situations typiques d'exposition et la dose qui lui correspond. Une interface web permettant de faire des estimations individuelles, assorties de commentaires généraux prédéfinis serait utile.

La question de la communication du risque lié aux basses doses délicate et la Commission n'est actuellement pas en mesure de proposer une stratégie univoque. Il importe cependant de mentionner que le risque découle du modèle linéaire sans seuil et de l'application du principe de précaution, que les enfants sont plus sensibles que les personnes âgées et que les femmes sont plus sensibles que les hommes.

8. Bibliographie

- BfS 2017. Bundesamt für Strahlenschutz, Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung, Jahresbericht 2015
 - https://doris.bfs.de/jspui/bitstream/urn:nbn:de:0221-2017072814305/1/JB2015_25072017.pdf
- Howard 1989. R.A. Howard, Intl. J. of Technology Assessment in Health Care 5:357-370
 - <https://www.cambridge.org/core/journals/international-journal-of-technology-assessment-in-health-care/article/div-classtitlemicrorisks-for-medical-decision-analysisdiv/49AE0C38CD7BDEF7603EC3EB71529DE5>
- ICRP 2007. ICRP, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Annals of the ICRP, Publication 103.
 - <http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20103>
- IRSN 2015. Exposition de la population française aux rayonnements ionisants
 - http://logi103.xiti.com/go.click?xts=410711&s2=3&p=Rap-Expo-Pop-2015&clic=T&type=click&url=http://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports_expertise/DOCUMENTS/radioprotection/IRSN-Exposition-Population-Rayonnements-Ionisants_2015-00001.pdf
- NCRP 2009. Ionizing Radiation Exposure of the Population of the United States, NCRP-Report 160.
 - <http://ncrponline.org/publications/reports/ncrp-report-160-2/>



Empfehlung zur Strahlenexposition der Schweizer Bevölkerung

Version: 08.03.2018

1. Einleitung

Gemäss Strahlenschutzverordnung macht das BAG Angaben über die Strahlendosis, der die Schweizer Bevölkerung ausgesetzt ist. Dies geschieht im Jahresbericht der Abteilung Strahlenschutz in Form einer durchschnittlichen Dosis in Millisievert pro Jahr. Nach Ansicht der Eidgenössischen Kommission für Strahlenschutz wäre es möglich, diese Information noch anschaulicher zu präsentieren und die Unterschiede zwischen den einzelnen Personen besser zur Geltung zu bringen.

Zu Beginn der vorliegenden Empfehlung wird die aktuelle Situation in der Schweiz beschrieben und mit dem Ausland verglichen. Davon ausgehend erfolgt ein Vorschlag für eine andere Einteilung der verschiedenen Strahlenquellen und eine neue Art der Darstellung der Dosiswerte. Schliesslich enthält die Empfehlung auch Überlegungen zum Zusammenhang zwischen Dosis und Risiko.

2. Aktuelle Situation in der Schweiz

Niedrige Dosen ionisierender Strahlung bergen ein stochastisches Risiko für die Entstehung von Krebs oder Missbildungen bei Nachkommen. Dieses Risiko lässt sich aufgrund der effektiven Dosis E schätzen, ausgedrückt in der Einheit Millisievert, und – basierend auf dem Vorsichtsprinzip – unter Anwendung des linearen Modells ohne Schwellenwert. Die Abteilung Strahlenschutz des BAG informiert die Öffentlichkeit in ihrem Jahresbericht jeweils über die durchschnittliche effektive Dosis, der die Bevölkerung im betreffenden Jahr ausgesetzt war. Dazu verwendet sie eine Grafik (siehe Abbildung 1) und ein bis zwei Seiten erklärenden Text. Die wichtigsten Strahlenquellen sind in 4 Gruppen eingeteilt: (1) Radon, (2) medizinische Diagnostik, (3) natürliche Radioaktivität und (4) übrige.

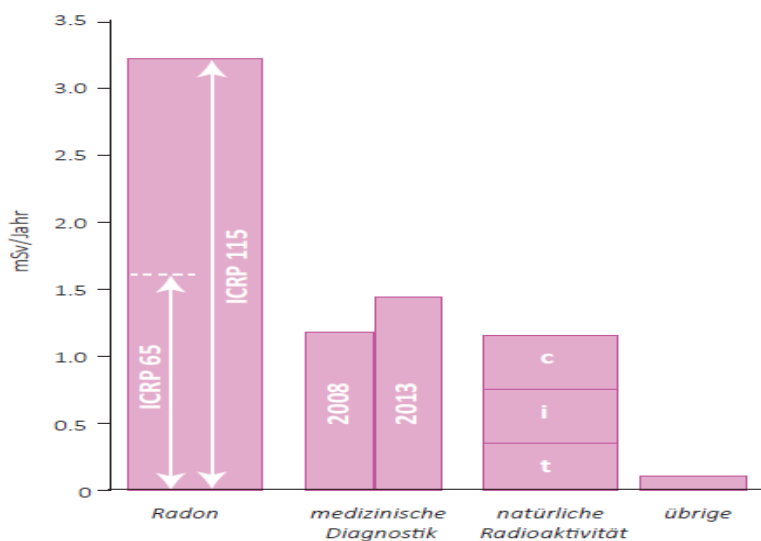


Abbildung 1: Grafische Darstellung der durchschnittlichen effektiven Strahlendosen in der Schweizer Bevölkerung nach Strahlenquellen (Jahresbericht BAG 2016).

Die Hauptvorteile dieser Einteilung sind:

- Die Dominanz von Radon und die grosse Unsicherheit, die zum Zeitpunkt der Verfassung des Jahresberichts 2016 herrschte, kommen klar zum Ausdruck.
- Diese grafische Trennung der verschiedenen Strahlenquellen sorgt dafür, dass nicht Quellen, gegen die keine Massnahmen möglich sind, mit Quellen gemischt werden, bei denen es möglich ist, die Strahlenbelastung zu reduzieren.

Die Hauptnachteile dieser Einteilung sind:

- Die Grafik präsentiert lediglich Durchschnittswerte und erlaubt keine Rückschlüsse auf die substanziellen Unterschiede, die bei gewissen Quellen (insbesondere Radon und medizinische Diagnostik) zwischen den einzelnen Personen bestehen.
- Der Begriff «Radon» könnte zur Annahme verleiten, dass es sich um eine ausschliesslich natürliche Quelle handelt, die Belastung ist jedoch weitgehend von baulichen Parametern abhängig.
- Der Begriff «natürliche Radioaktivität» ist unscharf, da er auch die Inkorporation von künstlichen Radionukliden beinhaltet und Radon ausschliesst.
- Auch der Begriff «medizinische Diagnostik» ist nicht eindeutig, da er auch die interventionelle Radiologie umfasst.

3. Situation in Deutschland, Frankreich und den USA

3.1 Ansatz in Deutschland

Das Bundesamt für Strahlenschutz macht jeweils eine aktuelle Bestandesaufnahme in ihrem Jahresbericht ans Parlament [BfS 2017]. Der Bericht ist sehr umfassend und behandelt die Exposition gegenüber ionisierender Strahlung und nicht-ionisierender Strahlung sowohl der Bevölkerung als auch von beruflich strahlenexponierten Personen. Bei den Quellen ionisierender Strahlung unterscheidet das Amt zwischen zwei Hauptquellen: natürliche und zivilisatorische Strahlenexposition (Abbildung 2).

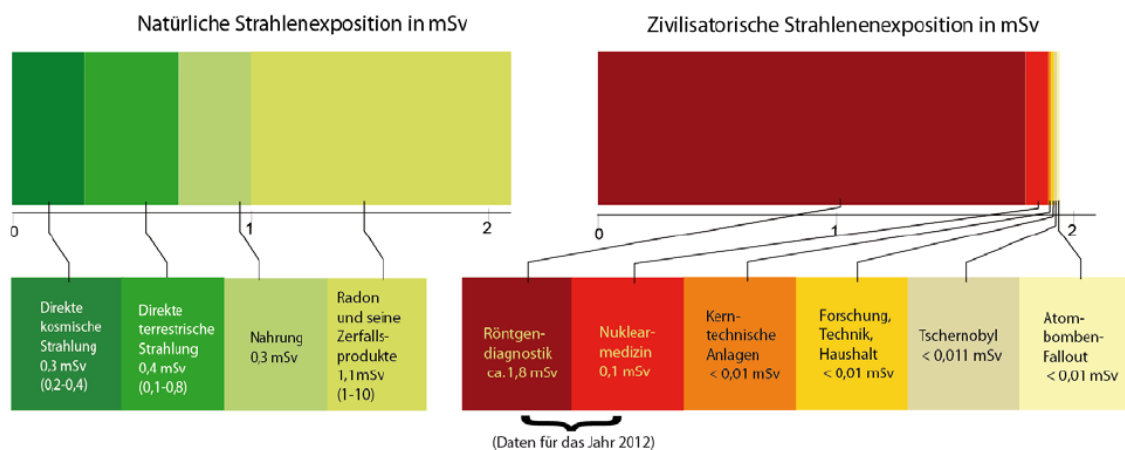


Abbildung 2: Präsentation der Verteilung der durchschnittlichen effektiven Jahresdosen pro Person im deutschen Bericht.

Die Hauptvorteile dieser Einteilung sind:

- Detaillierte Schätzungen zu jeder Komponente.
- Karten vermitteln einen Eindruck über die geografischen Unterschiede im Land.
- Digitale Informationen aus diesem Bericht könnten übernommen werden, um die Schweizer Dosen zu evaluieren.

Die Hauptnachteile dieser Einteilung sind:

- Die Vereinfachung mit der Zweiteilung natürlich/zivilisatorisch und zwei entsprechenden Farben könnte den Eindruck erwecken, dass es sich um eine Trennung zwischen «Gut» und «Böse» handelt.
- Die Rubrik Nahrung umfasst auch ^{40}K und durch Nahrungsmittel aufgenommene künstliche Radionuklide.

- Die Belastung durch Radon wird mindestens so stark zivilisatorisch wie natürlich bestimmt, da die Architektur und die Lebensweise den Expositionsgrad stark beeinflussen.

3.2 Ansatz in Frankreich

Das IRSN (Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire) veröffentlicht ebenfalls einen Jahresbericht mit dem Ziel, die Bevölkerung zu informieren [IRSN 2015]. Im Bericht werden die Expositionsquellen in zwei Überkategorien zusammengefasst, ähnlich wie beim deutschen Ansatz: natürliche und künstliche. Die zusammenfassende grafische Darstellung ist in Abbildung 3 zu sehen.

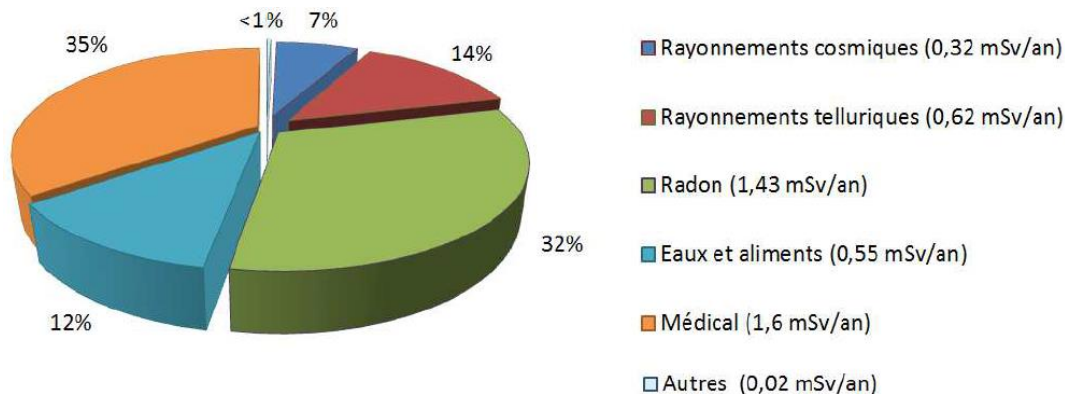


Abbildung 3: Verteilung der durchschnittlichen effektiven Jahresdosen pro Person im französischen Bericht.

Die Hauptvorteile dieses Berichts sind:

- Ein besonderes Augenmerk wurde auf die Unterschiede zwischen den einzelnen Personen gelegt.
- Die Präsentation von typischen Beispielfällen gibt einen Eindruck von der Bandbreite der Exposition bei verschiedenen Personen. Nachfolgend zwei Beispiele:
 - Eine Person, die keine medizinische Untersuchung erhalten hat, in einer Gemeinde mit niedriger Radonkonzentration und geringer terrestrischer Strahlung lebt und wenig Nahrungsmittel konsumiert, die reich an natürlichen Radionukliden sind.
 - Eine Person, die eine bedeutende medizinische Strahlenanwendung erhalten hat, in einer Gemeinde mit mittlerer Radonkonzentration und hoher terrestrischer Strahlung lebt und durchschnittlich viele Nahrungsmittel konsumiert, die reich an natürlichen Radionukliden sind.
- Bei einem Online-Rechner können Interessierte ihre eigenen Daten eingeben und eine individuelle Berechnung vornehmen².
- Es werden mögliche Massnahmen vorgeschlagen, um Einfluss auf die verschiedenen Expositionsquellen zu nehmen.
- Digitale Informationen aus diesem Bericht können übernommen werden, um die Schweizer Dosen zu evaluieren.

Die Hauptnachteile dieses Berichts sind:

- Die grafische Darstellung in Form eines Kuchendiagramms erweckt den Eindruck, dass alle Quellen von ähnlicher Bedeutung sind und Massnahmen bei allen Quellen gleich wirksam sind.
- Wie beim deutschen Bericht kann die vereinfachende Teilung in die Gruppen natürliche/zivilisatorische Quellen den Eindruck erwecken, dass es sich um eine Trennung zwischen «Gut» und «Böse» handelt.
- Bei den Nahrungsmitteln sind auch ⁴⁰K und eingenommene künstliche Radionuklide enthalten.
- Die geografische Einschätzung der radoninduzierten Dosis in der Grenzzone des französischen Jura ist eindeutig falsch (die Schätzung erfolgt aufgrund einer Berechnung und weicht sehr stark ab von der auf Tausenden von Messungen beruhenden Schätzung für das benachbarte Gebiet in der Schweiz).

² <https://expop.irsrn.fr/>

3.3 Ansatz in den USA

Der NCRP (National Council on Radiation Protection and Measurements) hat einen umfangreichen Bericht verfasst, der sich vorwiegend an die Experten in diesem Bereich richtet [NCRP 2009]. Der Bericht behandelt die Frage sehr ausführlich. Fünf Kategorien von Quellen werden dargestellt: (1) Background (einschliesslich Radon und alle Arten der Inkorporation), (2) Patienten, (3) Konsumprodukte, (4) alle anderen Strahlenbelastungen der Bevölkerung (Industrie, Sicherheit, Medizin, Bildung und Forschung) und (5) beruflich bedingte Expositionen.

Die Überblicksgrafik des US-Berichts ist in Abbildung 4 zu sehen:

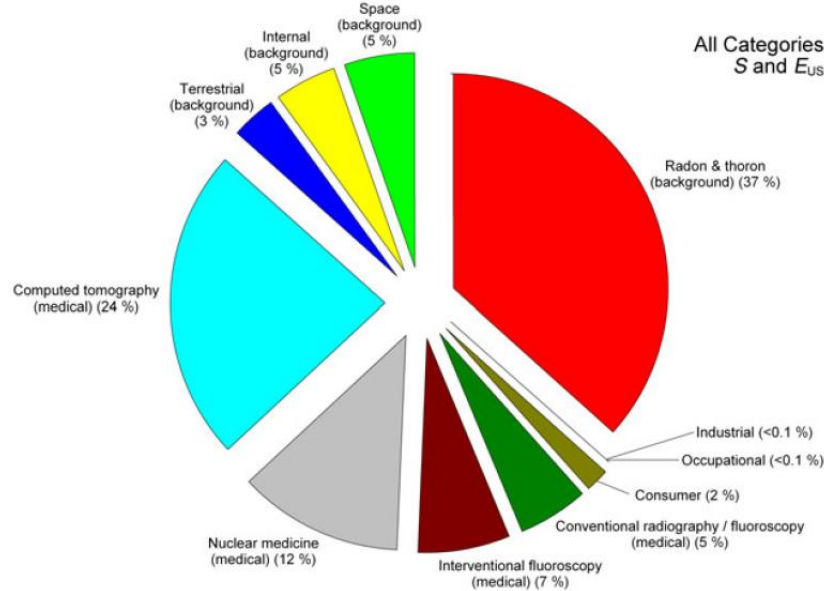


Abbildung 4: Verteilung der durchschnittlichen effektiven Jahresdosen pro Person im amerikanischen Bericht.

Die Hauptvorteile dieses Berichts sind:

- Die Bibliographie ist umfassend.
- Im Bericht wird die bei externen Strahlentherapien abgegebene effektive Dosis angesprochen (unter Berücksichtigung der Organe, die ausserhalb des behandelten Volumens liegen), sie ist aber wie in den anderen nationalen Berichten ebenfalls nicht im Gesamtwert der medizinischen Strahlenbelastung enthalten.
- Digitale Informationen aus diesem Bericht könnten übernommen werden, um die Schweizer Dosen zu evaluieren.

Die Hauptnachteile dieses Berichts sind:

- Wie im französischen Bericht erweckt die grafische Darstellung in Form eines Kuchendiagramms den Eindruck, dass alle Quellen von ähnlicher Bedeutung sind und Massnahmen bei allen Quellen gleich wirksam sind.
- Die Daten sind nicht mehr sehr aktuell (Publikation 2009, aber basierend auf Daten von 2006).
- Der interne Background beinhaltet auch das ^{40}K und aufgenommene künstliche Radionuklide.
- Durch die Berücksichtigung der Strahlenexposition der Berufspersonen lässt sich zeigen, dass der Durchschnittswert im Vergleich zu den übrigen Quellen sehr gering ist. Falls die Information für die breite Öffentlichkeit bestimmt ist, kann diese Information jedoch etwas irreführend sein.

4. Unterschiedliche Aufteilung der Expositionsquellen

Gemäss StSV bezieht sich der Begriff «Expositionskategorie» auf die betroffenen Personen (Bevölkerung, berufliche Exposition, medizinische Exposition) und «Expositionssituation» auf die Art und Weise, in der die Exposition erfolgt (geplant, Notfall, bestehend). Wir verwenden deshalb den Begriff «Expositionsquellen», um den Ursprung der Strahlung zu bezeichnen. Folgende Expositionsquellen dürften in der Schweiz in erster Linie zu berücksichtigen sein:

- **Kosmische Strahlung** Exposition aus kosmischer Strahlung für eine Person, die an einem bestimmten Ort in der Schweiz wohnt. Dieser Wert hängt direkt von der Höhe des Wohnorts ab.
- **Terrestrische Strahlung**. Exposition aus terrestrischer Strahlung für eine Person, die an einem bestimmten Ort in der Schweiz wohnt. Dieser Wert hängt direkt von der Geologie des betreffenden Ortes ab.
- **Interne Exposition – ⁴⁰K**. Die interne Strahlenbelastung, hauptsächlich aufgrund des Kalium-40-Isotops, das natürlicherweise im Körper vorkommt. Man könnte zusätzlich auch das Kohlenstoff-14-Isotop berücksichtigen, dessen Beitrag ist jedoch wesentlich geringer.
- **Radon in Wohnräumen**. Exposition durch Radon und dessen Zerfallsprodukte beim Einatmen der Luft in einem Wohnraum.
- **Reisen mit dem Flugzeug**. Exposition durch kosmische Strahlung, die in einem Flugzeug deutlich grösser ist als am Boden.
- **Rauchen**. Exposition durch Einatmen von ²¹⁰Pb/²¹⁰Po, einem natürlichen Bestandteil von Tabak.
- **Ernährung**. Interne Exposition durch Radionuklide, die mit Nahrungsmitteln aufgenommen wurden (abgesehen von ⁴⁰K).
- **Medizinische Bildgebung**. Externe Exposition aufgrund von Röntgenverfahren und interne Exposition aufgrund von Radionukliden, die in der Nuklearmedizin verwendet werden. Strahlentherapien sind ausgenommen, da deren Zweck gerade darin besteht, das Zielvolumen (Tumor) einer hohen Dosis auszusetzen. Im Gegensatz dazu ist die Strahlenbelastung bei der medizinischen Bildgebung eine unerwünschte Wirkung.
- **Industrie und Medizin**. Externe und interne Expositionen aus allen noch nicht berücksichtigten radioaktiven Quellen. Diese Kategorie betrifft insbesondere die Emissionen der Nuklearindustrie und die Abgabe von in der Medizin verwendeten Strahlenquellen an die Umwelt (aber nicht die Exposition von Patienten). Eingeschlossen ist hier auch der Niederschlag radioaktiver Stoffe infolge von atmosphärischen Kernwaffenversuchen und von Reaktorunfällen (Tschernobyl).

Aus Abbildung 5 geht hervor, dass die Unterscheidung zwischen natürlichen und künstlichen Strahlenquellen, die häufig in Mitteilungen an die Öffentlichkeit verwendet wird, nicht eindeutig ist. Dies gilt insbesondere für die wichtigste Strahlenquelle in der Schweiz, das Radon, bei dem häufig die baulichen Gegebenheiten und der Lebensstil entscheidender sind als die in der Umwelt vorhandene Radioaktivität. Ähnlich ist die Situation beim Rauchen und bei Flügen, wo die Strahlung aus natürlichen Quellen stammt, bei denen jedoch die an eine bestimmte Person abgegebene Dosis direkt mit deren Verhalten zusammenhängt. Bei der Exposition durch Nahrungsmittel wiederum sollte unterschieden werden zwischen der Strahlenbelastung durch ⁴⁰K und der Exposition aufgrund anderer radioaktiver Elemente. Bei ⁴⁰K handelt es sich nämlich um ein radioaktives Element natürlicher Herkunft, das sich in einem homöostatischen Gleichgewicht mit der Umwelt befindet: Bei einer bestimmten Morphologie ist eine Person immer gleich stark exponiert, unabhängig von ihren Ernährungsgewohnheiten. Hingegen können die übrigen durch die Ernährung aufgenommenen Radionuklide sowohl natürlicher Herkunft sein (z.B. ²²⁶Ra, ²¹⁰Pb) als auch künstlicher Herkunft (z.B. ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr) und die Exposition einer Person hängt direkt davon ab, was sie isst.

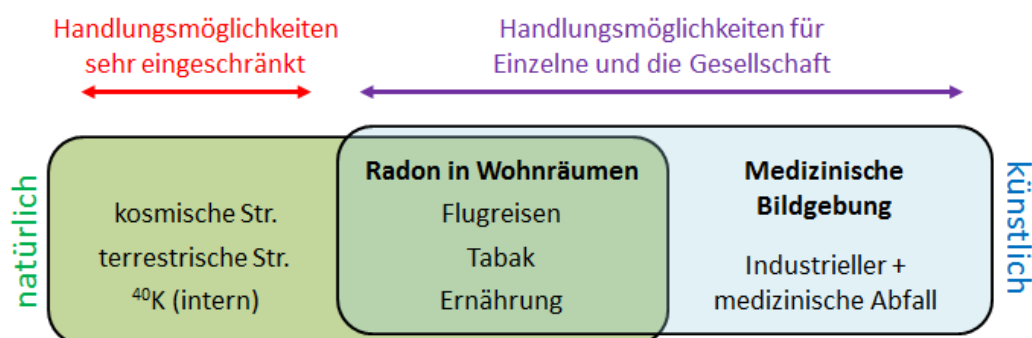


Abbildung 5: Aufteilung der wichtigsten Expositionsquellen gemäss der häufig verwendeten Unterscheidung natürlich/künstlich und nach der Möglichkeit einer Einflussnahme durch die einzelne Person oder die Gesellschaft.

Aus Sicht der öffentlichen Gesundheit schlägt die Kommission vor, bei den Expositionsquellen je nach Möglichkeit der Einflussnahme der Einzelperson und der Gesellschaft zu unterscheiden. Für die Quellen, auf die wir Einfluss nehmen können, wird vorgeschlagen, ihre beiden wichtigsten Quellen separat darzustellen. Figure 6e Expositionsquellen Radon in Wohnräumen und medizinische Bildgebung sind nämlich nicht nur bedeutender als alle anderen, sondern sie werden auch sehr unterschiedlich wahrgenommen, was das Verhältnis Nutzen/Schaden und die Gegenmassnahmen betrifft (siehe Abbildung 6).

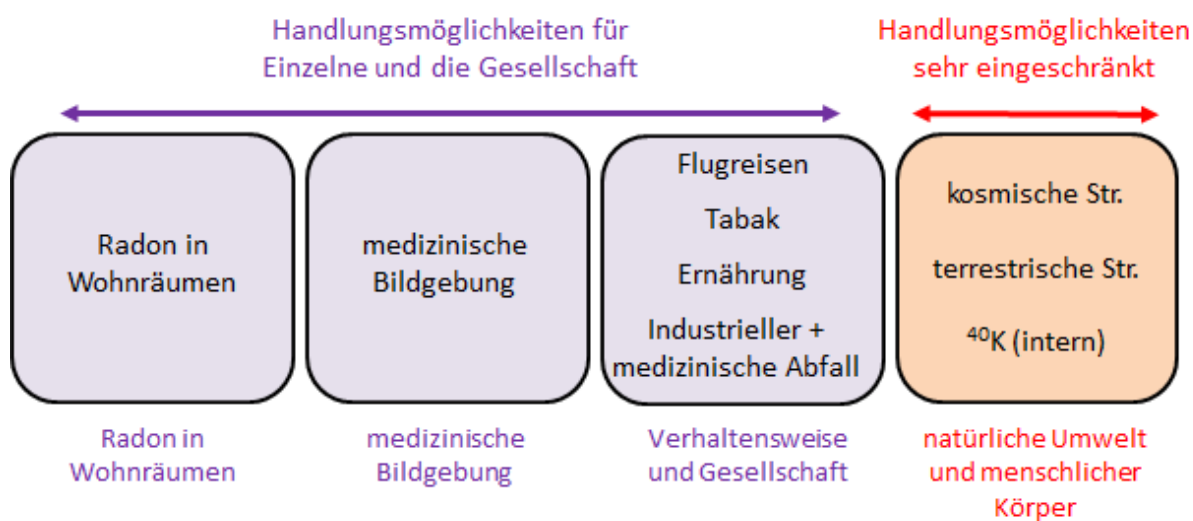


Abbildung 6: Aufteilung der Strahlenquellen gemäss Vorschlag in diesem Dokument

Tabelle 1 zeigt die Aufgliederung der Strahlenquellen nach der Möglichkeit der Einflussnahme auf die Exposition.

Tabelle 1: Vorschlag für eine neue Einteilung der Strahlenquellen, denen die Bevölkerung ausgesetzt ist, und Möglichkeiten einer Einflussnahme.

Strahlenquelle	Individuelle Einflussnahme	Institutionelle Einflussnahme
Radon in Wohnräumen	Messung der Radonkonzentration in der eigenen Wohnung Gegebenenfalls Sanierung	Referenzniveau 300 Bq/m ³ Technische Unterstützung und Info Mess-Service Radonfachpersonen Radondatenbank Bauvorschriften
Medizinische Bildgebung	Sicherstellen, dass die eigenen medizinischen Untersuchungen gerechtfertigt sind	Rechtfertigung von Untersuchungen Referenzniveau für Diagnosen Klinische Audits Optimierung der Aufnahmebedingungen
Verhalten und Gesellschaft		
– Flugreisen	Dosen bei eigenen Flugreisen schätzen. Ggf. Reisen beschränken	Passagiere informieren
– Rauchen	Konsum reduzieren	Rauchende informieren
– Ernährung	Strahlenbelastung bei der Auswahl der Nahrungsmittel berücksichtigen	Marktüberwachung
– Industrie und Medizin	---	Immissionsgrenzwerte
Natürliche Umgebung und menschlicher Körper		
– Kosmische Strahlung	Wohnen in tiefen Lagen	---
– Terrestrische Strahlung	Gewisse Regionen haben mehr Radioaktivität als andere	---
– K-40	---	---

5. Präsentation der Dosen

5.1 Durchschnittswerte

Figure 1 Die Präsentation der durchschnittlichen effektiven Dosis pro Jahr und Person wie in den letzten Berichten des BAG (siehe Abbildung 1) ist geeignet.

5.2 Unterschiede zwischen Personen

Neben den Durchschnittswerten wäre es gut, auch die Unterschiede bei der Belastung der einzelnen Personen für die verschiedenen Strahlenquellen darzustellen. Die grafische Darstellung müsste wohlüberlegt sein, da es wichtig ist, dass sie auch für Laien verständlich ist. Neben kontinuierlichen Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen, Histogrammen oder Box-Plot-Diagrammen sind zum Beispiel die in Abbildung 7 aufgeführten zwei Darstellungen möglich.

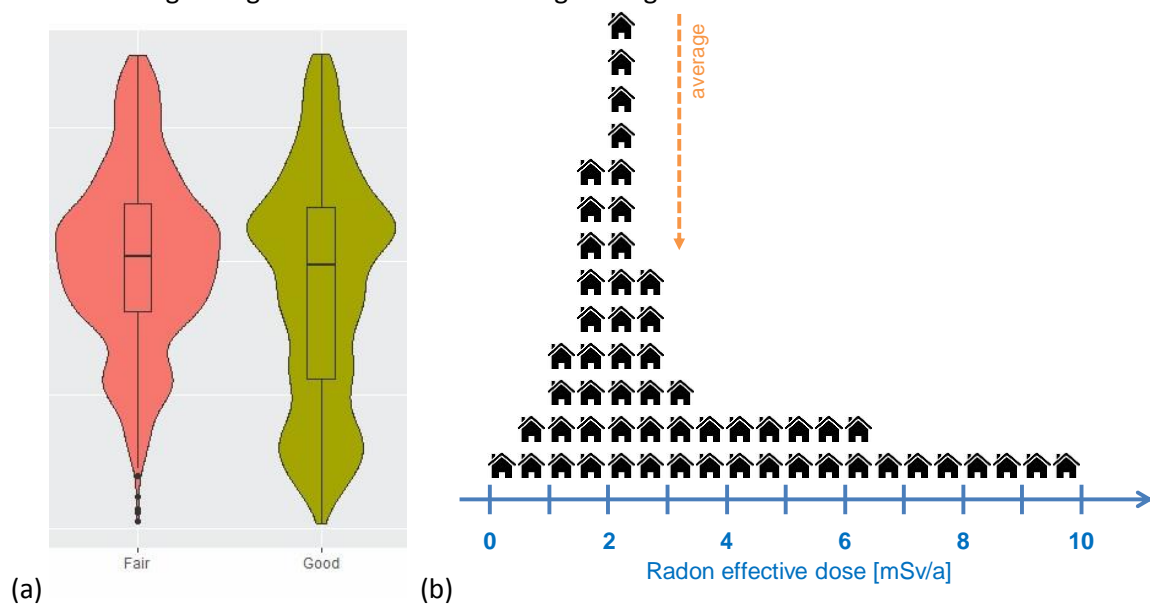


Abbildung 7: Beispiele für mögliche Darstellung der Verteilung. (a) Violin-Plot mit der zur vertikalen Achse symmetrischen Verteilung, kombiniert mit einer Box-Plot-Darstellung der Quartilen (die horizontale Linie im Rechteck entspricht dem Median). (b) Histogramm der radonbedingten effektiven Dosis in Wohnräumen (fiktive Daten). Die Verwendung von Häuser-Symbolen würde veranschaulichen, dass es sich in erster Linie um ein Problem im Zusammenhang mit dem Wohnen handelt.

5.2.1 Radon in Wohnräumen

Die Verteilung der effektiven Dosen pro Person der Schweizer Bevölkerung könnte für drei typische Regionen präsentiert werden (z.B. La Chaux-de-Fonds, Bern und Lugano). Bei diesen Verteilungen müsste die Dosis angegeben werden, die dem Referenzwert entspricht (300 Bq/m^3).

5.2.2 Medizinische Bildgebung

Idealerweise wäre die Verteilung der effektiven Dosen pro Person zu zeigen, doch diese Daten sind bisher nicht verfügbar. Eine Alternative würde darin bestehen, grafisch aufzuzeigen, wo sich der Referenzwert für bestimmte diagnostische Verfahren befindet (zum Beispiel Zahnröntgenbild, Röntgenbild des Brustkorbs, CT-Bild bei Mehrfachverletzungen, diagnostische und/oder therapeutische Koronarangiographie).

5.2.3 Verhalten und Gesellschaft

Flugreisen. Ideal wäre die Darstellung der Verteilung der effektiven Dosen pro Person. Falls dies nicht möglich ist, sollte zumindest grafisch gezeigt werden, wo der Durchschnittswerte für gewisse typische Verhaltensweisen liegt (z.B. keine Flüge, Europaflug, Interkontinentalflug, «Frequent Flyer», Flugpersonal von Langstreckenflügen). Gemäss der ICRP-Publikation 132 sollte der Schwerpunkt auf der Information von Personen liegen, die regelmässig fliegen.

Rauchen. Es sollte möglich sein, die Verteilung der effektiven Dosen pro Person anhand der Statistiken zum Konsum zu zeigen. Bei dieser grafischen Darstellung sollten der Durchschnittswert und einige typische Situationen angegeben werden (z.B. Nichtraucher, 1 Päckchen pro Tag, 2 Päckchen pro Tag).

Ernährung. Die Daten zu den Ernährungsgewohnheiten der Schweizer Bevölkerung scheinen nicht genügend genau, um die Dosisverteilung in der Bevölkerung beurteilen zu können. Man könnte sich deshalb darauf beschränken, hinzuweisen dass einige Lebensmittel wie Fische und Muscheln eher Radioaktivität enthalten können. Es sollte jedoch nicht übersehen werden, dass diese Art von Nahrungsmitteln aus Ernährungssicht grundsätzlich gesund sind. Ebenfalls erwähnenswert wäre auch der Fall der Schweizer Wildschweine, die noch immer vom Unfall in Tschernobyl belastet sind.

Industrie und Medizin. Angesichts der geringen Werte dieser Quelle ist es vermutlich nicht notwendig, die Verteilung zu zeigen. Erwähnenswert wären hingegen die Folgen der radiologischen Altlasten aus der Uhrenindustrie (^{226}Ra).

5.2.4 Natürliche Umgebung und menschlicher Körper

Kosmische Strahlung. Zu empfehlen wäre eine Schweizer Karte mit einem expliziten Hinweis darauf, dass die Stärke der kosmischen Strahlung direkt von der Höhenlage abhängig ist. Die Verteilung der effektiven Dosen pro Person ist dann aufgrund der Daten zum Wohnort einfach einzuschätzen.

Terrestrische Strahlung. Siehe kosmische Strahlung.

K-40. Dazu sollte explizit erwähnt werden, dass die Ernährung keinen Einfluss auf diese Komponente hat, da das Kalium im Körper in einem homöostatischen Gleichgewicht mit der Umwelt steht. Die Unterschiede zwischen verschiedenen Personen sind hauptsächlich auf das Verhältnis von Knochen und Muskeln der betroffenen Person zurückzuführen.

5.3 Individualisiertes Informatik-Tool

Neben der Präsentation der Unterschiede in der Bevölkerung wäre es nützlich, ein Informatik-Tool zu entwickeln, das es ermöglicht, die von einer Person erhaltene Dosis aufgrund ihrer persönlichen Gewohnheiten zu schätzen, angelehnt an das Beispiel Frankreichs. Dies hätte einen vorteilhaften Effekt auf die Strahlenschutz-Kultur. Diese Art von Berechnung müsste jedoch mit einem vorbereiteten Kommentar versehen sein, damit das Ergebnis richtig interpretiert wird (z.B. durch die Angabe von Möglichkeiten zur Verringerung der Exposition).

6. Kommunikation des Risikos

Die Frage des Zusammenhangs zwischen effektiver Dosis und stochastischem Risiko sollte behandelt werden, indem Definition und Rolle des Dosisgrenzwerts in Erinnerung gerufen werden, um allfälligen Missverständnissen vorzubeugen. Es ist nämlich wichtig, zu erklären, dass der Dosisgrenzwert bei geplanten Expositionen zur Anwendung kommt, ausser für Patienten, bei denen der erwartete Nutzen grösser ist als das mit der Strahlung verbundene Risiko. Für die bestehenden Expositionen (wie Radon in Wohngebäuden oder Situationen nach nuklearen Unfällen) und Expositionen in Notfällen (wie ein Unfall oder ein Anschlag) gelten keine Grenzwerte, sondern es erfolgt eine Optimierung im Rahmen einer Kosten/Nutzen-Analyse mittels Referenzwerten. Der Dosisgrenzwert betrifft somit nur künstliche Expositionsquellen, über die eine gewisse Kontrolle besteht. Für die Bevölkerung wurde der Dosisgrenzwert auf 1 mSv/Jahr festgelegt, entsprechend dem typischerweise in der Bevölkerung festgestellten Dosisbereich. Dieser Wert gilt als angemessen, um den Schutz der gesamten Bevölkerung, einschliesslich besonders schutzbedürftige Personen, sicherzustellen [ICRP, 2007].

Selbst wenn es schwierig ist, das mit einer bestimmten effektiven Dosis verbundene Risiko für Laien verständlich zu quantifizieren, sollten in einer solchen Kommunikation mindestens folgende Punkte erwähnt werden:

3. Das Risiko durch Niedrigdosen wird basierend auf dem Vorsichtsprinzip mit einem linearen Modell ohne Schwellenwert geschätzt. Mit anderen Worten: Es wird davon ausgegangen, dass das Risiko proportional zur Dosis ist und dass selbst eine kleine Dosis mit einem Risiko verbunden ist.
4. Das Strahlenrisiko ist vom Geschlecht und Alter der betreffenden Person abhängig.
 - Als Annäherung und für eine Ganzkörperbestrahlung ist davon auszugehen, dass das Risiko für Frauen doppelt so hoch ist wie für Männer.
 - Bei den Altersgruppen sind Kinder doppelt so stark gefährdet wie Erwachsene im Erwerbsalter und ältere Menschen nur halb so empfindlich.

7. Empfehlung

Die Kommission empfiehlt dem BAG, die Nomenklatur für die Expositionsquellen der Bevölkerung zu überprüfen und folgende Kategorien in Betracht zu ziehen:

- Radon in Wohnräumen
- Medizinische Bildgebung
- Verhalten und Gesellschaft
- Umwelt und menschlicher Körper

Die durchschnittliche effektive Dosis pro Jahr ist eine nützliche Information, doch für die Strahlenschutz-Kultur in der Bevölkerung wäre es förderlich, typische Expositionssituationen mit den entsprechenden Dosen darzustellen. Nützlich wäre auch ein Online-Tool mit der Möglichkeit einer individuellen Schätzung, begleitet von allgemeinen, vordefinierten Kommentaren.

Die Frage der Kommunikation des Risikos von Niedrigstrahlung ist heikel, und die Kommission kann derzeit keine einheitliche Strategie empfehlen. Wichtig ist jedoch der Hinweis, dass das Risiko basierend auf dem Vorsichtsprinzip durch ein lineares Modell ohne Schwellenwert abgeschätzt wird, dass Kinder empfindlicher sind als Erwachsene und Frauen empfindlicher als Männer.

8. Bibliographie

- BfS 2017. Bundesamt für Strahlenschutz, Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung, Jahresbericht 2015
 - https://doris.bfs.de/jspui/bitstream/urn:nbn:de:0221-2017072814305/1/JB2015_25072017.pdf
- Howard 1989. R.A. Howard, Intl. J. of Technology Assessment in Health Care 5:357-370
 - <https://www.cambridge.org/core/journals/international-journal-of-technology-assessment-in-health-care/article/div-classtitlemicrorisks-for-medical-decision-analysisdiv/49AE0C38CD7BDEF7603EC3EB71529DE5>
- ICRP 2007. ICRP, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Annals of the ICRP, Publication 103.
 - <http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20103>
- IRSN 2015. Exposition de la population française aux rayonnements ionisants
 - http://logi103.xiti.com/go.click?xts=410711&s2=3&p=Rap-Expo-Pop-2015&clic=T&type=click&url=http://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports_expertise/DOCUMENTS/radioprotection/IRSN-Exposition-Population-Rayonnements-Ionisants_2015-00001.pdf
- NCRP 2009. Ionizing Radiation Exposure of the Population of the United States, NCRP-Report 160.
 - <http://ncrponline.org/publications/reports/ncrp-report-160-2/>