

Fontenay-aux-Roses, le 26 septembre 2022

Monsieur le Directeur général du travail

AVIS IRSN N° 2022-00192

-
- Objet :** Projet d'arrêté définissant les modalités de calcul de doses efficaces et des doses équivalentes résultant de l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants
-
- Réf. :** [1] Votre lettre du 14 avril 2022
 [2] Avis IRSN n° 2020-00055 du 31 mars 2020 sur les modalités de calculs des doses efficaces et des doses équivalentes résultant de l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants
 [3] Avis IRSN n° 2020-00104 du 3 juillet 2020 sur les nouveaux coefficients de dose pour le radon publiés par la Commission Internationale de Protection Radiologique dans sa publication 137
 [4] Avis IRSN n° 2020-00211 du 22 décembre 2020 sur le projet d'arrêté relatif aux lieux de travail spécifiques pouvant exposer des travailleurs au radon
-

La directive 2013/59/Euratom du Conseil du 5 décembre 2013 fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants recommande notamment que les calculs de dose soient fondés sur des valeurs et des corrélations établies scientifiquement par la Commission internationale de protection radiologique (CIPR). La CIPR ayant publié au cours des dernières années de nouveaux coefficients de dose applicables aux travailleurs, l'arrêté du 1^{er} septembre 2003 nécessite d'être révisé. En conséquence, la DGT a demandé à l'IRSN, par courrier cité en référence [1], de formuler un avis sur le projet d'arrêté définissant les modalités de calcul des doses efficaces et des doses équivalentes résultant de l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants.

Pour ce qui concerne le contenu général du projet d'arrêté, à la demande du directeur général de la prévention des risques, l'IRSN a proposé une rédaction pour la mise à jour de cet arrêté [2]. Plus particulièrement pour le radon, l'IRSN s'est prononcé sur les nouveaux coefficients de dose pour le radon publiés par la CIPR dans sa publication 137 [3] et a formulé des remarques sur l'évaluation des coefficients de dose dans les lieux spécifiques [4].

De l'examen du projet de texte et s'appuyant sur les avis déjà émis, l'IRSN retient les éléments qui suivent.

Concernant le corps de l'arrêté, il est indiqué à l'article 5 que l'arrêté entrera en vigueur en janvier 2023. Sans préjuger de la date de parution de l'arrêté, il est nécessaire de prévoir un laps de temps suffisant entre la parution de l'arrêté et son entrée en vigueur pour permettre la mise à jour des outils de calculs. Une durée d'un an peut paraître suffisante, dans la mesure où le dernier volet des coefficients de dose applicables aux travailleurs (publication 151 : Occupational Intakes of Radionuclides: Part5) est en accès libre sur le site de la CIPR depuis mai 2022.

L'annexe I de l'arrêté précise les règles de calcul de la dose efficace résultant d'une exposition externe et interne aux rayonnements ionisants. L'IRSN estime que cette annexe rappelle utilement que les doses externes et internes doivent être prises en compte. Les périodes d'engagement, différentes pour les adultes et les enfants, sont d'emblée clairement définies et correspondent aux durées retenues par la CIPR pour établir ces coefficients. L'IRSN n'a pas de remarque sur cette annexe.

L'annexe II précise les définitions et méthodes utilisées pour le calcul de la dose efficace et de la dose équivalente résultant d'une exposition externe. Les grandeurs de protection, utilisés pour fixer les limites réglementaires, ainsi que les principales grandeurs opérationnelles mesurables permettant d'estimer les grandeurs de protection sont définies en accord avec les recommandations de la CIPR et de la commission internationale des unités et mesures radiologiques (ICRU). L'IRSN estime que des grandeurs peu utilisées en pratique, telles que la fluence particulaire ou le transfert linéique d'énergie, figurant dans l'arrêté de 2003 ont été à juste titre retirées. Les coefficients de pondération radiologiques et tissulaires donnés en annexe II sont ceux adoptés dans la publication 103 de la CIPR. En revanche, la formulation en fin de paragraphe II.5 « *Les valeurs de la publication 116 de la CIPR sont appliquées* » manque de précision car il n'est pas fait mention des valeurs dont il s'agit et ce à quoi elles s'appliquent.

L'annexe III fournit les valeurs de dose efficace par unité d'incorporation, pour les membres du public et les travailleurs, dans le cas de l'ingestion et de l'inhalation. Elle comporte également un tableau donnant la dose efficace en cas d'immersion dans un nuage de gaz radioactif.

L'IRSN estime que la suppression des valeurs des périodes radioactives et des valeurs du facteur d'absorption gastro-intestinal qui figurent dans l'arrêté du 1^{er} septembre 2003 est bienvenue car ces deux valeurs ne sont pas nécessaires aux calculs de dose, et le facteur d'absorption était source d'erreur car parfois utilisé comme facteur multiplicatif. Dans l'arrêté du 1^{er} septembre 2003, les formes physico-chimiques sont listées dans des tableaux séparés ; le projet actuel les inclut directement dans les tableaux donnant les coefficients de dose. Enfin, la prise en compte des données des publications 134, 137 et 141 de la CIPR apporte des informations sur des radionucléides qui n'étaient pas inclus dans le précédent arrêté (Eu-159, Tb-163, Tm-161, par exemple). Des formes physico-chimiques nouvelles ont également été introduites, par exemple les nanoparticules de plutonium, le nitrate de plutonium, l'aluminiure d'uranium.

Pour les travailleurs, les différentes formes physico-chimiques possibles sont listées pour chaque radionucléide dans les tableaux 3.1a, 3.1b, 3.2a et 3.2b et le coefficient de dose associé à la forme physico-chimique est directement donné dans ces tableaux. Dans le cas où la forme physico-chimique d'un radionucléide ne se trouve pas dans le tableau, la forme à utiliser par défaut est indiquée par la mention « *Autres composés et composés non spécifiés* ». Pour chaque radionucléide, une forme par défaut est indiquée. Dans le cas de l'inhalation, les coefficients de dose sont donnés pour des diamètres aérodynamiques médians en activité (DAMA) de 1 et 5 μm . Il est indiqué que le coefficient à utiliser par défaut est celui qui correspond au DAMA de

5 µm. L'IRSN estime que cette nouvelle présentation des coefficients de dose va dans le sens d'une utilisation plus directe des tableaux, sans avoir à croiser les informations figurant dans différents tableaux comme le nécessite la présentation de l'arrêté du 1^{er} septembre 2003.

Pour les membres du public, la forme par défaut est également indiquée. Cependant, dans le cas de l'inhalation (tableau 1.2), cette forme n'est indiquée que pour 31 éléments. Pour les 60 autres éléments, il est indiqué en III.1 « Pour les 60 autres éléments, les types d'absorption pulmonaire recommandés par défaut dans les tableaux 3.2a et 3.2b sont utilisés ». Les formes chimiques n'étant pas précisées dans le tableau 1.2 applicables à la population, il pourrait être indiqué qu'il est recommandé, dans tous les cas où le tableau 1.2 doit être utilisé, de consulter les tableaux 3.2a et 3.2b afin de choisir au mieux le type d'absorption pulmonaire en fonction des formes physico-chimiques listées en 3.2.a et 3.2b.

La CIPR a publié en mai 2022 la dernière partie de la révision des coefficients de dose pour l'exposition interne des travailleurs (publication 151, « Occupational Intakes of Radionuclides: Part 5). Cette publication inclut 38 éléments. Afin de fusionner les tableaux 3.1a et 3.1b relatifs aux coefficients de dose pour l'ingestion en un seul tableau (3.1), l'IRSN vous fournit par voie électronique, en parallèle du présent avis, un fichier présentant une mise à jour des coefficients de dose figurant dans l'arrêté du 1^{er} septembre 2003. Le même travail a été réalisé pour les coefficients de dose pour l'inhalation. Ces tableaux de coefficients de dose seront mis à disposition sur le site internet de l'IRSN <https://www.irsn.fr> simultanément à la parution de l'arrêté.

Le cas spécifique du radon

Afin de lever toute ambiguïté sur l'utilisation de ces coefficients de dose, l'IRSN estime que l'arrêté devrait préciser en amont des tableaux présentant les coefficients de dose pour le radon 220 et le radon 222 qu'ils doivent être utilisés pour estimer des doses dans l'air intérieur uniquement (habitat, établissement recevant du public et lieu de travail), conformément aux recommandations de la publication 137 de la CIPR. Par ailleurs, ces coefficients étant à présent issus du modèle dosimétrique de la CIPR et non plus de la conversion d'un excès de risque relatif en dose par l'utilisation du coefficient de risque nominal ajusté au détriment, le terme « coefficient de dose » apparaît plus adapté que le terme « facteur de conversion »

Au paragraphe 3 de l'annexe 3, intitulé « Coefficients de conversion conventionnels pour les descendants du radon 222 et du radon 220 », le projet d'arrêté donne l'équation de conversion permettant d'évaluer la dose efficace engagée résultant de l'inhalation des descendants du radon 220 à partir de l'activité volumique de thoron et la connaissance du facteur d'équilibre du lieu mesuré. L'équation est la suivante :

$$E_{interne} = F_{C_{radon\ 220}} \cdot F_{eq} \cdot Av_{radon\ 220} \cdot 75,6 \cdot 10^{-9} \cdot T$$

où :

$E_{interne}$ est la dose efficace engagée résultant de l'inhalation des descendants du radon 220 exprimée en sievert (Sv) ;

$F_{C_{radon\ 220}}$ est le coefficient de conversion conventionnel applicable pour les descendants du radon 220 (Sv/J.h.m⁻³) ;

F_{eq} est le facteur d'équilibre qui exprime le déséquilibre existant entre le thoron et ses descendants à vie courte ;

$Av_{radon\ 220}$ est l'activité volumique du radon 220 (Bq.m⁻³) ;

$75,6 \cdot 10^{-9}$ est l'énergie alpha potentielle volumique des descendants du radon 220 pour un becquerel de radon 220 en équilibre avec ses descendants (J.Bq⁻¹) ;

T est le temps d'exposition en heures (h).

L'IRSN estime que cette équation ne peut pas être utilisée car le facteur d'équilibre entre le thoron et ses descendants ne pourra pas être défini. En effet, du fait de la période radioactive courte du thoron, il n'y a pas

d'équilibre radioactif entre le thoron et ses descendants (excepté le polonium 216) et il est possible d'observer dans certaines situations une présence de descendants du thoron dans l'atmosphère sans thoron (disparu par décroissance radioactive). Une évaluation dosimétrique à partir uniquement de l'activité volumique du radon 220 pourrait donc sous-estimer la dose efficace. L'IRSN estime donc que la mesure de l'énergie alpha potentielle volumique des descendants du radon 220 devrait apparaître comme unique donnée d'entrée pour évaluer la dose efficace engagée due à l'inhalation des descendants du thoron et propose que cette équation soit supprimée.

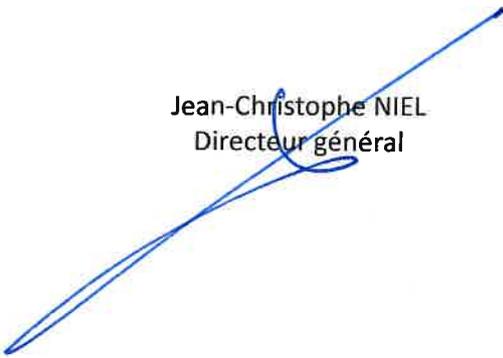
Les tableaux des coefficients de conversion conventionnels pour les descendants du radon 222 applicables à la population et aux lieux de travail sont présentés aux parties 3.1 et 3.2. du projet d'arrêté. Plus précisément, dans le tableau en annexe III 3. 2. au projet d'arrêté figurent 3 coefficients de dose : le premier, de 3 Sv/J.h.m^{-3} s'appliquant aux travailleurs ayant une activité sédentaire, le deuxième, de 6 Sv/J.h.m^{-3} , s'appliquant aux travailleurs ayant une activité majoritairement non sédentaire et le troisième, également de 6 Sv/J.h.m^{-3} , s'appliquant aux lieux de travail spécifiques mentionnés à l'article R 4451-4 du Code du travail.

L'IRSN rappelle que la valeur de 3 Sv/J.h.m^{-3} est obtenue par la CIPR en utilisant son modèle dosimétrique. Cette valeur est proche du coefficient de conversion déduit de l'approche épidémiologique menée sur les mineurs et dans l'habitat (Publication 115 de la CIPR) et doit donc être considérée comme la valeur de référence.

L'IRSN estime que, comme indiqué dans l'avis [3], la démarche consistant à appliquer pour les travailleurs des coefficients de dose différents selon leur activité physique serait difficile à mettre en œuvre. Cela aurait pour conséquence de complexifier la détermination du zonage radon et la gestion individuelle des travailleurs au sein d'une même entreprise, notamment dans le cas où ils exerceraient des activités différentes au sein d'un même local. De plus, la valeur recommandée par la CIPR de 3 Sv/J.h.m^{-3} , proche du coefficient de conversion donné dans la publication 115 de la commission, intègre déjà des activités physiques de différentes natures. Enfin, la valeur de 6 mSv/an peut être dépassée à des concentrations inférieures au niveau de référence de 300 Bq/m^3 , pour le coefficient de dose le plus élevé proposé dans le projet d'arrêté et un séjour à temps plein. Si 2 coefficients devaient être retenus dans l'arrêté, l'IRSN suggère d'aligner la désignation des locaux sur celle utilisée en matière d'aération et d'assainissement des lieux de travail (article R4222-6 du Code du travail), pour faciliter la vision globale des risques par l'employeur. La valeur de 3 Sv/J.h.m^{-3} s'appliquerait alors aux trois premières familles de locaux mentionnées à cet article (bureaux, locaux sans travail physique - locaux de restauration, locaux de vente, locaux de réunion - ateliers et locaux avec travail physique léger).

Pour ce qui concerne les lieux mentionnés dans l'arrêté du 30 juin 2021 relatif aux lieux de travail spécifiques pouvant exposer des travailleurs au radon, l'IRSN indiquait dans l'avis cité en référence [4] que l'établissement de coefficients conventionnels adaptés à chaque lieu de travail spécifique n'est pas envisageable à court terme. Les données scientifiques actuelles sont insuffisantes pour permettre de définir de manière étayée une valeur de coefficient de dose différente de 3 Sv/J.h.m^{-3} . L'IRSN rappelle que la recommandation de la CIPR, relative à l'application d'un coefficient de dose de 6 Sv/J.h.m^{-3} dans certains lieux, ne porte que sur les grottes touristiques. Concernant la possibilité laissée par l'arrêté de définir des coefficients de dose en fonction des connaissances et des études scientifiques réalisées, l'IRSN insiste sur la complexité des mesures de l'ensemble des paramètres à acquérir pour permettre la définition d'un coefficient de dose spécifique à un lieu de travail. De plus, la généralisation d'un coefficient de dose établi pour un lieu spécifique à d'autres lieux, y compris de la même famille au sens de l'arrêté 30 juin 2021 relatif aux lieux de travail spécifiques pouvant exposer des travailleurs, reste très incertaine. L'IRSN conduit actuellement une étude expérimentale sur le comportement du radon dans une famille de lieux spécifiques : les grottes touristiques.

En conclusion, l'IRSN considère que le coefficient de dose de 3 Sv/J.h.m^{-3} proposé par la CIPR dans sa Publication 137 pour les travailleurs est adapté pour le calcul de dose dans la très grande majorité des cas d'exposition au travail et que le recours à un coefficient de 6 Sv/J.h.m^{-3} applicable à l'ensemble des lieux spécifiques de travail n'est pas soutenu par un nombre de données scientifiques suffisantes mais constitue une approche prudente. Enfin l'IRSN estime que la possibilité de définir un coefficient de dose autre que 6 Sv/J.h.m^{-3} mentionnée dans le projet d'arrêté sera une disposition difficile à mettre en œuvre.



Jean-Christophe NIEL
Directeur général

