



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

Liberté  
Égalité  
Fraternité

**IRSN**  
INSTITUT DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Fontenay-aux-Roses, le 22 décembre 2020

Monsieur le Directeur général du travail

## AVIS IRSN N° 2020-00211

---

**Objet :** Avis sur le projet d'arrêté relatif aux lieux de travail spécifiques pouvant exposer des travailleurs au radon

---

**Réf. :** [1] Courrier de consultation de la DGT réf. D-20-018836 du 2 octobre 2020 - Avis formel sur le projet d'arrêté relatif aux lieux de travail spécifiques pouvant exposer des travailleurs au radon -  
[2] Note de présentation jointe au courrier de la DGT [1] – Projet d'arrêté relatif aux lieux de travail spécifiques pouvant exposer des travailleurs au radon.

---

### 1. INTRODUCTION

La publication de la directive européenne 2013/59/Euratom a conduit les pouvoirs publics français à adapter le cadre législatif et réglementaire national en matière de gestion des risques pour la santé résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants. A cet égard, le décret 2018-437 du 4 juin 2018 actualise le code du travail, notamment en ce qui concerne les activités humaines impliquant la présence de sources naturelles de rayonnements ionisants lorsqu'elles entraînent une augmentation notable de l'exposition des travailleurs. Il s'agit en particulier des activités se déroulant dans les sous-sols, les rez-de-chaussée des bâtiments ou dans certains lieux de travail spécifiques dans lesquels peut s'accumuler le radon<sup>1</sup>. L'article R4451-4 de ce décret prévoit que la liste des lieux de travail spécifiques soit fixée par arrêté conjoint des ministres du travail, des mines, de l'environnement et de l'agriculture.

Par son courrier en référence [1], la Direction générale du travail (DGT) a transmis à l'IRSN le projet d'arrêté appelé par l'article R4451-4 du code du travail [2] et souhaité recueillir son avis formel sur ce texte. Les observations de l'IRSN sur ce projet sont synthétisées ci-après.

---

<sup>1</sup> Art. 4451-1 du code du travail.

MEMBRE DE  
**ETSON**

## 2. ANALYSE DE L'IRSN

### 2.1. Définition des « lieux spécifiques »

L'article 2 du projet d'arrêté met en place quatre catégories de lieux spécifiques de travail :

- « 1. les cavités souterraines naturelles ou artificielles telles que les mines, les carrières, les grottes, les musées miniers, les caves à vins, les caves à fromages, les champignonnières, les entrepôts souterrains, les installations de stockage de déchets... ;
2. les ouvrages d'art enterrés ou en partie enterrés tels que les barrages, les tunnels, les égouts, les châteaux d'eau, les parkings souterrains, les installations souterraines de transports urbains... ;
3. les galeries ou ateliers techniques en milieu souterrain ;
4. les lieux à proximité de sources d'eau souterraine tels que les établissements thermaux, les stations de captage ainsi que les usines de traitement d'eau souterraine. »

Ces quatre catégories de lieux présentent des caractéristiques intrinsèques de nature à engendrer de fortes concentrations de radon (contact [direct ou indirect] avec la roche sous-jacente, ventilation faible / confinement élevé, transport du radon par des sources d'eau profonde, présence potentielle de source de chaleur...), y compris dans des zones à faible potentiel radon. En ceci, cette catégorisation est pertinente sur le principe.

En revanche, il convient de rappeler<sup>2</sup> que les niveaux de radon généralement observés dans de tels lieux sont disparates. S'il est bien établi que le niveau de référence (300 Bq/m<sup>3</sup>) pourrait être dépassé dans la plupart des cavités telles les grottes, les carrières et ouvrages miniers souterrains quel que soit le potentiel radon de la zone dans laquelle ils se trouvent, la question est moins solidement établie pour les autres types de lieux. Ainsi, les données disponibles sur les teneurs en radon dans les ouvrages souterrains de transport (tunnels ferroviaires ou de métros) ne mettent pas en évidence des teneurs particulièrement élevées dans les zones de faible potentiel radon (potentiel 1) et certaines mesures dans les tunnels ferroviaires dans les zones de potentiel 3 ne mettent pas en évidence un dépassement systématique du niveau de 300 Bq/m<sup>3</sup>. De même, la situation semble relativement contrastée pour les établissements thermaux ou les galeries souterraines. Par ailleurs, l'IRSN ne dispose pratiquement pas de données sur les caves à fromage, les champignonnières ou les caves à vin et il n'avait pas proposé, dans son avis de 2019, de les inclure à cette liste.

Ainsi, la définition des lieux spécifiques de travail fixée par ce projet d'arrêté peut apparaître comme relativement large au regard des connaissances actuellement disponibles sur les niveaux de radon susceptibles d'être rencontrés dans la majorité de ces lieux (en dehors des grottes, des mines et carrières souterraines). Cette liste méritera vraisemblablement d'être ajustée lorsqu'une meilleure connaissance aura été acquise des gammes de concentrations rencontrées dans chacun de ces lieux, soit au travers de l'exploitation des données de mesure qui doivent être transmises à l'IRSN par les laboratoires agréés dans les prochaines années, soit au travers d'études dédiées.

### 2.2. Modalités particulières de prévention du risque radon dans les lieux spécifiques

L'article 3 du projet d'arrêté rappelle la singularité des lieux de travail spécifiques dans la démarche initiale d'évaluation du risque radon puisque pour ces lieux, il ne doit pas être tenu compte du potentiel radon de la commune dans laquelle ils se trouvent. Il rappelle que pour procéder à cette évaluation du risque, l'employeur doit principalement s'appuyer sur son analyse des dispositions d'aération naturelle ou du système de ventilation du lieu de travail. Pour l'IRSN, compte tenu de la diversité des situations rencontrées et de la complexité

<sup>2</sup> Se référer à l'avis IRSN 2019-00037 du 22 février 2019 sur le même sujet.

potentielle de l'aérouique de ces lieux, cette analyse ne saurait garantir à elle seule l'atteinte de l'objectif (maintenir l'activité volumique de radon en dessous du niveau de référence) ; seule une mesure de l'activité volumique de radon pourra en attester.

### 2.3. Usage de « détecteurs d'alerte »

L'article 4 du projet d'arrêté prévoit que l'employeur équipe les travailleurs d'un détecteur électronique de mesure en continu du radon à lecture directe lorsqu'ils doivent effectuer des interventions de courte durée dans des lieux où l'évaluation préalable du risque radon n'a pas permis de conclure à l'absence d'un dépassement du niveau de référence et dans lesquels il n'y a pas de dispositif de surveillance d'ambiance de l'activité volumique du radon. Cet équipement doit permettre aux travailleurs d'être informés du dépassement d'une activité volumique instantanée de radon de  $1\ 000\ \text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$  et à l'entreprise d'engager alors des actions pour abaisser la concentration de radon avant intervention. Du point de vue de l'IRSN, cette disposition est potentiellement utile car elle permet à l'employeur d'adapter les moyens de prévention aux situations de travail réellement rencontrées (par exemple, ne pas équiper en permanence d'une dosimétrie d'ambiance des lieux dans lesquels les travailleurs ne se rendent que très rarement) et aux salariés d'être informés et en mesure de réagir face à une situation d'exposition potentiellement importante, même si elle doit être courte. Elle appelle néanmoins quelques observations.

- **Activité volumique instantanée de  $1\ 000\ \text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ .** Conçue pour organiser la gestion d'expositions ponctuelles dans des lieux dans lesquels les teneurs en radon sont mal établies, cette valeur « d'alerte » est pratique en ceci qu'elle constitue un critère très simple (une mesure directe) à partir duquel des actions doivent être engagées : 1/ réduire l'activité volumique de radon autant que possible par l'aération/ventilation des lieux, 2/ évaluer l'exposition du/des travailleurs et, le cas échéant, mettre en place un dispositif renforcé pour sa/leur protection.

Ce niveau « d'alerte » est relativement bas et *de facto* très protecteur si l'exposition à un tel niveau est effectivement de courte durée (de l'ordre de l'heure à la dizaine d'heures). Pour une durée d'exposition d'une heure, une activité volumique de  $1\ 000\ \text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$  de radon induit une dose très faible, environ 7 ou 13  $\mu\text{Sv}$  suivant le coefficient de dose de la CIPR 137 retenu (10 ou 20 mSv/WLM). Ce niveau pourrait être regardé comme inutilement contraignant et potentiellement critiquable en ceci qu'il n'est pas clairement associé à une durée d'exposition. Pour compléter le dispositif, la mise à disposition auprès des employeurs d'abaques calculant la dose efficace reçue en fonction du temps d'intervention et de l'activité volumique du radon pourrait être utile. À l'aide de telles abaques, l'employeur pourrait adapter le temps d'exposition des travailleurs en fonction de la dose projetée pour le niveau de radon mesuré et comparer cette dose projetée à un niveau de dose annuel défini (une contrainte de dose au sens de la CIPR) ou de la référence de 6 mSv/an induisant la mise en place d'une protection renforcée des travailleurs. Bien entendu, une telle pratique ne devrait pas se substituer à l'obligation générique, rappelée dans le projet d'arrêté, de réduire autant que possible l'exposition des travailleurs au travers de l'ensemble des moyens disponibles, notamment par la mise en place de pratiques d'aération ou de systèmes de ventilation avant et pendant l'intervention des travailleurs si de telles pratiques/systèmes ne peuvent pas être mis en place de manière permanente.

En termes de communication, il pourrait être utile de rappeler que ce niveau « d'alerte » ne constitue pas une limite infranchissable, un seuil sanitaire<sup>3</sup>. En ce sens, l'indication figurant à la note d'accompagnement de l'arrêté mériterait vraisemblablement de figurer dans l'arrêté lui-même : il s'agit

---

<sup>3</sup> Les niveaux de référence du radon sont établis pour des scénarios d'exposition chronique. Pour les travailleurs, ils sont établis sur l'hypothèse d'une exposition annuelle de 2000 heures.

d'une activité volumique considérée comme un « niveau de précaution sans risque notable pour des expositions de quelques heures ».

- **Performances métrologiques des détecteurs.** En matière de mesure nucléaire, plus la durée de mesure (comptage) est élevée, plus la capacité des détecteurs à s'approcher d'une « valeur vraie » (statistiquement représentative) est grande. Selon le retour d'expérience de l'IRSN sur les dispositifs de mesure en continu du marché, les appareils répondant au contexte d'intervention et aux objectifs fixés à l'article 4 du projet d'arrêté ne sont capables de s'approcher d'une valeur « vraie » de la teneur d'ambiance en radon qu'au bout de quelques heures. En dessous de quelques heures, la mesure restituée est très fluctuante et ne peut pas être considérée comme représentative : tout au plus peut-elle fournir un ordre de grandeur, ordre de grandeur au regard duquel l'apparente précision d'une valeur instantanée de  $1\,000\text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$  doit être relativisée, de même que « l'effet seuil » qui en résulte. Les seuls appareils suffisamment sensibles pour obtenir une valeur de mesure proche de la valeur d'ambiance sur des périodes suffisamment courtes (de l'ordre de quelques minutes) sont coûteux et encombrants.

## 2.4 Estimation de la dose efficace

L'article 5 du projet d'arrêté prévoit que lorsque les mesures de réduction des teneurs en radon n'ont pas permis de les ramener en dessous du niveau de référence, l'employeur doit évaluer une dose efficace annuelle due au radon et procéder à la définition de « zones radon » dans les lieux où cette dose efficace est susceptible de dépasser  $6\text{ mSv}\cdot\text{an}^{-1}$ . Il reprend, pour les lieux spécifiques de travail, les dispositions de l'article R.4451-22 du code du travail et le complète en ce qui concerne les modalités de calcul d'une dose efficace. Il indique en particulier que pour calculer cette dose, « toute estimation [...] relative à l'exposition des travailleurs au radon tient compte du facteur d'équilibre entre le radon gaz et ses descendants radioactifs à vie courte notamment grâce au mesurage de l'énergie alpha potentielle ou à des valeurs de référence émises par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire pour certains lieux de travail spécifiques. ». Cette proposition appelle plusieurs observations de la part de l'IRSN.

a/ Pour calculer une dose efficace pour le radon, il n'est pas indispensable de disposer de la mesure d'un facteur d'équilibre. Au regard de la méthode fixée jusqu'à présent dans l'arrêté sur le calcul des doses efficaces<sup>4</sup>, une mesure d'énergie alpha potentielle (EAP) de ses descendants à vie courte permet aussi un tel calcul. En ce sens, rendre obligatoire l'évaluation d'une mesure du facteur d'équilibre<sup>5</sup> peut paraître indument contraignant. Cette mesure peut néanmoins s'avérer nécessaire s'il est décidé par l'employeur de calculer la dose efficace à partir d'une activité volumique du radon et d'un facteur d'équilibre adapté aux conditions du lieu d'exposition. Mais, pour l'IRSN, cette alternative devrait plutôt être regardée comme une faculté et non une obligation.

b/ La mesure de facteurs d'équilibre est une opération relativement délicate et complexe. Comme le prévoit le projet d'arrêté, cette mesure pourrait être remplacée par des valeurs conventionnelles de facteurs d'équilibre, publiées officiellement, pour chaque type de lieu de travail spécifique. Pour définir ces valeurs conventionnelles, il convient de disposer de suffisamment de connaissances sur les niveaux de radon dans chaque type de lieu spécifique afin d'évaluer s'il est possible de tirer de cette connaissance un indicateur statistique fiable (une moyenne). C'est le cas pour les mines souterraines modernes disposant de systèmes de ventilation puissants : pour ces lieux, on dispose de suffisamment de données et d'un retour d'expérience suffisamment long pour considérer que la valeur 0,2 est représentative du

<sup>4</sup> Arrêté du 1<sup>er</sup> septembre 2003 définissant les modalités de calcul des doses efficaces et des doses équivalentes résultant de l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants.

<sup>5</sup> Cette mesure est généralement complexe du fait de sa grande variabilité dans le temps et selon les conditions de ventilation / d'aération du lieu, a fortiori dans les lieux spécifiques plus ou moins aisés à instrumenter.

facteur d'équilibre du radon avec ses descendants. Le facteur d'équilibre de 0,4 est un facteur d'équilibre moyen pour la plupart des lieux clos, dans l'habitat individuel comme dans les bâtiments collectifs, industriels, même si d'importants écarts autour de cette valeur peuvent être rencontrés en pratique. Pour les lieux spécifiques autres que les mines, l'IRSN ne dispose pas aujourd'hui<sup>6</sup> de suffisamment de données pour être en mesure de proposer des références de facteurs d'équilibre. Et il n'est pas certain qu'il soit possible de tirer de campagnes de mesure dédiées des gammes de valeur représentatives de chacun de ces lieux de travail, compte tenu de la diversité potentielle de leurs caractéristiques. S'il était néanmoins jugé utile de procéder à des études spécifiques destinées à établir des telles références, celles-ci seront longues et l'IRSN ne sera en mesure de proposer de tels facteurs conventionnels qu'à moyen ou long terme.

c/ Pour établir les coefficients de dose de 10 et 20 mSv/WLM, la CIPR a utilisé le même facteur d'équilibre pour les bâtiments et les grottes touristiques (0,4). Elle ne s'en est écartée que pour les mines (ventilées), pour lesquelles elle a retenu le facteur 0,2, compte tenu de la connaissance acquise sur ce type de lieu de travail.

**Tableau 1 : Scénarios d'exposition et paramètres de calcul des coefficients de dose de la publication 137 de la CIPR.**

Scénario type d'exposition	Activité de travail physique en intérieur	Activité de travail sédentaire en intérieur	Activité de travail en mine	Activité de travail en grotte touristique
<i>Paramètres d'exposition utilisés</i>				
<i>Débit respiratoire moyen</i>	1,2 m <sup>3</sup> /h	0,86 m <sup>3</sup> /h	1,2 m <sup>3</sup> /h	1,2 m <sup>3</sup> /h
<i>Facteur d'équilibre</i>	0,4	0,4	0,2	0,4
<i>Fraction libre</i>	8%	8%	1%	15%
<i>Diamètre thermodynamique médian</i>	30 nm (20%) 250 nm (80%)	30 nm (20%) 250 nm (80%)	250 nm	200 nm
<b>Coefficient de dose (en mSv/WLM)</b>				
Coefficient de dose calculé	20	14	12	24
Coefficient de dose recommandé	20	10	10	20

d/ Les paramètres d'environnement du modèle dosimétrique de la CIPR susceptibles d'avoir un impact sur la détermination d'un coefficient de dose ne se résument pas au facteur d'équilibre : il s'agit également de la fraction libre et du diamètre médian des descendants à vie courte du radon sous forme particulière (tableau 1). L'impact de la valeur de ces paramètres sur le résultat du calcul d'un coefficient de dose est au moins aussi grand que la valeur du facteur d'équilibre. La mesure de ces paramètres est par nature trop complexe pour être mise en œuvre dans le cadre de la prévention du risque radon au travail et leur définition conventionnelle pour des lieux spécifiques est certainement aussi complexe et incertaine que la définition de facteurs d'équilibres conventionnels. Ainsi, choisir de conserver le facteur d'équilibre comme seule variable d'entrée pour le calcul d'un coefficient de dose est discutable : une telle méthode revient de facto à fixer les autres variables environnementales alors qu'elles ne sont certainement pas les mêmes dans tous les lieux. En tout état de cause, cette méthode ne permet pas de garantir que le coefficient de dose ainsi établi sera représentatif de la situation d'exposition rencontrée.

e/ Malgré la puissance du modèle dosimétrique de la CIPR qui permet aujourd'hui le calcul de coefficients de dose adaptés à la situation d'exposition, l'IRSN rappelle que :

<sup>6</sup> En propre ou au travers l'analyse de la littérature.

- l'intérêt de tels calculs doit être relativisé dans l'optique d'une gestion globale du risque radon<sup>7</sup>
- la CIPR recommande l'usage du coefficient de dose de 10 mSv/WLM dans la plupart des situations d'exposition et celui de 20 mSv/WLM dans un nombre beaucoup plus limité de cas sur les lieux de travail, sur la base d'un jugement qualitatif ;
- la méthode de calcul de coefficients de dose spécifiques proposée par la CIPR pour le radon implique un choix explicite de toutes les variables environnementales d'entrée de calcul, et non le choix d'une seule.

Ainsi, l'IRSN considère que :

- la mesure d'un facteur d'équilibre est une opération complexe, peu compatible avec une gestion opérationnelle du risque radon ;
- l'établissement de coefficients conventionnels adaptés à chaque lieu de travail spécifique défini dans le projet d'arrêté n'est pas envisageable à court terme. En l'absence de bases scientifiques plus solides pour les calculer, l'IRSN propose de retenir la valeur moyenne de 0,4 pour tous les lieux de travail, à l'exception des mines pour lesquelles la valeur de 0,2 est bien établie ;
- l'usage du facteur d'équilibre comme seule variable d'entrée pour le calcul d'un coefficient de dose ne permet pas de garantir la justesse de ce coefficient au regard de la situation d'exposition rencontrée. Dans ce contexte, il pourrait être utile d'étudier une option de simplification de la méthode. Il pourrait s'agir, par exemple, de limiter le choix du coefficient de dose aux deux seuls coefficients proposés par la CIPR (10 ou 20 mSv/WLM) et d'aider au choix de ce coefficient sur la base de critères strictement qualitatifs au regard de la nature du lieu dans lequel s'exerce l'activité professionnelle.

**IRSN**

Le Directeur général  
par délégation  
Michel BAUDRY

Adjoint au directeur de l'environnement

---

<sup>7</sup> Une gestion intégrée de ce risque prend en compte à la fois les expositions dans l'habitat domestique et au travail (se référer au rapport de l'IRSN sur les coefficients de dose publié en juillet 2020 (réf. 2020-00510)). Compte tenu des modes de vie actuels dans les sociétés occidentales, le temps passé dans les habitations domestiques est généralement supérieur au temps passé dans les lieux de travail. De fait, à concentration égale de radon dans l'un et l'autre de ces lieux, les doses reçues dans l'habitat sont généralement bien supérieures à celles reçues dans les lieux de travail.