



**MINISTÈRE  
DU TRAVAIL,  
DE L'EMPLOI  
ET DE L'INSERTION**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

**Direction générale  
du travail**



Guide pratique

# Prévention du risque radon

Edition 2020





## Sommaire

<b>Avant-propos</b>	<b>4</b>
<b>Introduction</b>	<b>5</b>
<i>Contexte</i>	5
<i>Objectif du guide</i>	5
<b>1. Le risque radon</b>	<b>6</b>
1.1 <i>Qu'est-ce que le radon ?</i>	6
1.2 <i>Où trouve-t-on du radon ?</i>	6
1.3 <i>Quels sont les risques sanitaires liés au radon ?</i>	7
<b>2. Démarche de prévention du risque radon dans les lieux de travail</b>	<b>9</b>
2.1 <i>Synthèse de la démarche de prévention</i>	9
2.2 <i>Evaluation et réduction du risque</i>	10
2.3 <i>Que faire en cas de dépassement persistant du niveau de référence ?</i>	20
2.4 <i>Système renforcé pour la protection des travailleurs</i>	22
<b>Conclusion</b>	<b>29</b>
<b>Annexes</b>	<b>31</b>
<i>Annexe 1 : protocole de mesurage du radon dans le cadre de l'évaluation du risque</i>	32
1A – <i>Mesurage du radon dans un lieu de travail situé dans un bâtiment</i>	33
1B – <i>Mesurage du radon dans un lieu de travail spécifique en milieu souterrain</i>	35
<i>Annexe 2 : exigences minimales pour le mesurage radon lors de l'évaluation des risques</i>	37
<i>Annexe 3 : liste des normes radon</i>	43
<i>Annexe 4 : mesures de réduction : actions simples</i>	44
<i>Annexe 5 : mesures de réduction : expertise radon</i>	45
<i>Annexe 6 : mesures de réduction : travaux complexes</i>	47
<i>Glossaire</i>	49

# Avant-propos

Ce guide de prévention du risque radon remplace l'ancien guide de 2017 à destination des employeurs pour la gestion du risque radon devenu caduc avec l'entrée en vigueur du décret n° 2018-437 du 4 juin 2018 relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux rayonnements ionisants, transposant la directive 2013/59/Euratom fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants. En effet, le risque radon a été inséré dans la démarche générale de prévention des risques professionnels ce qui a profondément modifié l'approche, en particulier avec la nécessité de procéder à l'évaluation des risques et la possibilité de réaliser un auto-mesurage du radon qui sont détaillées dans ce guide.

Un travail préparatoire à la rédaction de ce guide a été mené par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire dans cadre d'une saisine de la Direction générale du travail et de l'Autorité de sûreté nucléaire afin notamment d'apporter des éléments pratiques pour la réalisation des auto-mesurages permettant d'obtenir des résultats représentatifs du lieu de travail et des conditions de travail pouvant être comparés au niveau de référence. Je remercie tout particulièrement les membres du groupe pluraliste ayant contribué à élaborer ce guide pour leur travail de synthèse et leur approche pédagogique sur ce sujet particulièrement technique.

Ce guide est avant tout un outil mis à disposition des acteurs de la prévention de ce risque afin de les aider en leur présentant un cadre large et souple où ils vont pouvoir récupérer les éléments dont ils ont besoin en fonction de leur situation propre. En effet, chaque situation étant un cas particulier, il faut en conséquence adapter les moyens de prévention.

Enfin, ce guide n'est pas une fin en soi, c'est plutôt un commencement. Il pourra être étoffé avec le retour d'expérience et intégrer plusieurs arrêtés en cours d'élaboration (vérifications initiales et périodiques ; radon dans les lieux de travail spécifiques ; calcul de dose).



Le Directeur Général du Travail



Yves STRUILLOU

## Remerciements

Ont contribué à la rédaction de ce guide :

*Coordination : Nicolas MICHEL (DGT)*

*Contribution : Sylvain ANDRESZ (CEPN), Chantal BARDELAY (ASN), Nicolas BESSOT (DGT), Jérôme CAUET (MAA), Laurent DESTACAMP (IRSN), Dominique FONTAINE (DIRECCTE-NORM), Gilliane GIROD (DIRECCTE-BFC), Pauline GUICHANE-RAMLET (DGT), Anne JEGOUZO (ASN), Géraldine IELSCH (IRSN), Pierrick JAUNET (ASN), Thierry LAHAYE (DGT), Pierre LAURENT (CARSAT Centre-Ouest), Romain MOUILLSEAUX (INRS), Myriam PEROUEL (ASN), Corine PIRON (DGT), Patrick POTARD (IRSN), Alain RANNOU (IRSN), Frédéric TEZE (DGT), Caroline VIGNAUD (IRSN), réseau préventeurs INRS/CARSAT, réseau correspondants radon DGT/DIRECCTE.*

*Approbation : Yves STRUILLOU (DGT)*

# Introduction

## Contexte

Le radon est un gaz radioactif naturel présent partout à la surface de la terre. Il a pour origine l'uranium contenu dans la croûte terrestre en quantité variable suivant le type de roches. S'agissant d'un gaz, le radon peut sortir du sol et va se retrouver dans l'air que l'on respire. Il va se diluer rapidement dans l'air extérieur mais s'accumuler dans l'air intérieur. Il constitue, en France, la principale source d'exposition naturelle aux rayonnements ionisants et, du fait de son caractère cancérigène pulmonaire certain pour l'homme, engendre un excès de risque de cancer du poumon.

Le radon géogénique provenant des sols ou indirectement de l'eau ou de certains matériaux de construction est un risque d'origine naturelle. Il doit cependant être pris en compte dans la démarche d'évaluation des risques professionnels par l'employeur ou le « préventeur » qu'il a nommé, lorsque ce gaz radioactif s'accumule dans un lieu de travail. Toutefois, les mesures de prévention pour ce risque diffèrent significativement des mesures habituelles de prévention des risques liés aux rayonnements ionisants.

### Définitions

**Radon 222** : isotope du radon provenant de la chaîne de désintégration de l'uranium 238, le plus présent dans la croûte terrestre.

**Radon géogénique** : radon généré directement par les roches du sol ou secondairement par l'eau circulant dans ces roches ou les matériaux extraits de ces roches.

**Radon anthropique** : radon généré par une activité humaine, en général industrielle, utilisant des matières premières contenant des quantités significatives d'uranium ou de thorium et générant des déchets potentiellement radioactifs notamment radifères (radium).

*Dans ce guide, on entend par « radon », le radon 222 d'origine géogénique. Le radon d'origine anthropique se rattache au dispositif général concernant les rayonnements ionisants.*

Nota : un **glossaire** est présent à la fin de ce guide.

## Objectif du guide

Ce guide a pour objectif de détailler, de manière opérationnelle, les étapes de l'évaluation des risques professionnels pour le risque radon, et en particulier, celle liée à son mesurage. Il permet d'expliquer le sens des articles R. 4451-1 et suivants du code du travail concernant les dispositions particulières sur le radon géogénique, en prenant en compte à la fois les principes généraux de prévention (CT : L. 4121-2) et les principes généraux de la radioprotection (CSP : L. 1333-2 et L. 1333-3).

Ce guide est destiné à tous les acteurs ayant à mettre en œuvre la prévention du risque radon (employeurs ; préventeurs : salariés compétent mentionné à l'article L. 4644-1 du CT, conseillers de prévention, conseillers en radioprotection, médecins du travail, prestataires de service...) ainsi qu'aux corps de contrôle régis par le code du travail (inspection du travail et inspection de la radioprotection).

# 1. Le risque radon

## 1.1 Qu'est-ce que le radon ?

Le radon est un gaz radioactif naturel ayant les propriétés des gaz nobles : invisible, inodore et chimiquement inerte. Il est produit par désintégration alpha du radium, provenant lui-même de la chaîne de désintégration radioactive de l'uranium contenu dans certains minéraux des sols. Il existe trois isotopes du radon (219, 220, 222) mais le radon 222 est le seul qui ait une période radioactive (demi-vie) assez longue (3,8 jours) pour migrer jusqu'à la surface et y rester assez longtemps pour créer un risque pour la santé. En effet, le radon, en se désintégrant par émission alpha, crée des descendants solides qui sont eux-mêmes radioactifs et des métaux lourds : le polonium, le plomb et le bismuth.

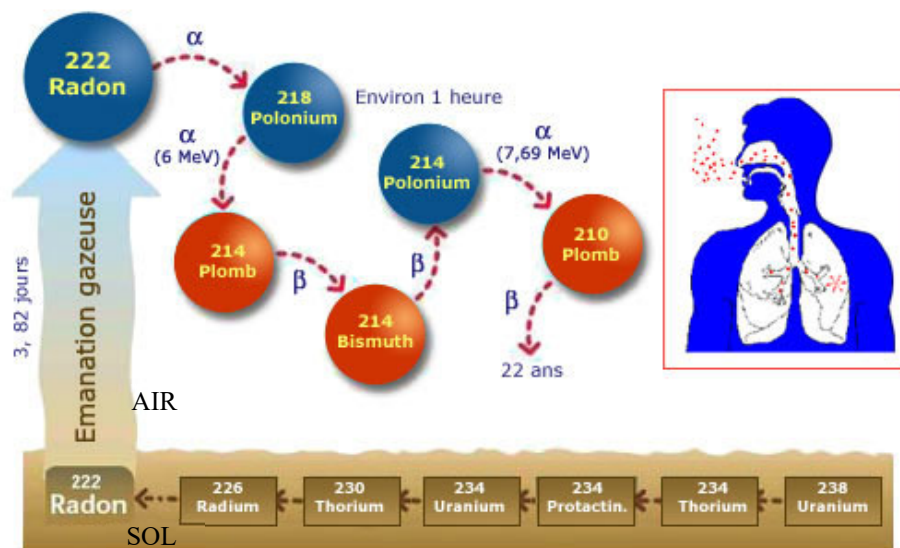


Figure 1 - Origine du radon (Source IRSN)

## 1.2 Où trouve-t-on du radon ?

A la surface de la terre, le radon est toujours présent dans l'air ambiant mais à des teneurs variables dépendant de facteurs géologiques, atmosphériques et humains.

Les facteurs géologiques sont liés à la nature des sols dont la teneur en uranium (source du radon) et les caractéristiques particulières (porosité, failles...) permettent au radon de sortir des sols (exhaler) plus ou moins rapidement. La cartographie du potentiel radon des sols du territoire français, élaborée par l'IRSN (voir § 2.2.1), est basée principalement sur ces facteurs géologiques.

Les facteurs atmosphériques (pression, température, neige, pluie...) ont des effets à la fois sur l'exhalation du radon des sols et sur sa dilution dans l'air extérieur mais aussi sur son accumulation dans les espaces clos ou mal ventilés, plus généralement dans l'air intérieur.

Enfin, les facteurs humains sont les plus complexes à appréhender et peuvent être classés en deux grandes catégories : ceux liés à la qualité de la construction du lieu de travail vis-à-vis du radon (étanchéité et ventilation) et ceux liés aux conditions de travail dans le lieu de travail (réglage et entretien des systèmes de ventilation, de chauffage ou de climatisation ; ouverture des fenêtres ou portes...). De plus, certaines activités professionnelles ou lieux de travail spécifiques peuvent engendrer des accumulations particulières de radon du fait de la présence d'eau souterraine, de sources de chaleur ou de ventilation drainant plus de radon, de lieux très confinés ou en milieu souterrain... Ces lieux ou locaux de travail spécifiques vis-à-vis de l'accumulation du radon doivent faire l'objet d'une attention toute particulière dans le cadre de l'évaluation du risque (voir § 2.2).

Le radon étant un gaz radioactif présent dans l'air, son unité de mesure est exprimée en Becquerel<sup>1</sup> par mètre cube (Bq/m<sup>3</sup>) représentant l'activité volumique de ce gaz.

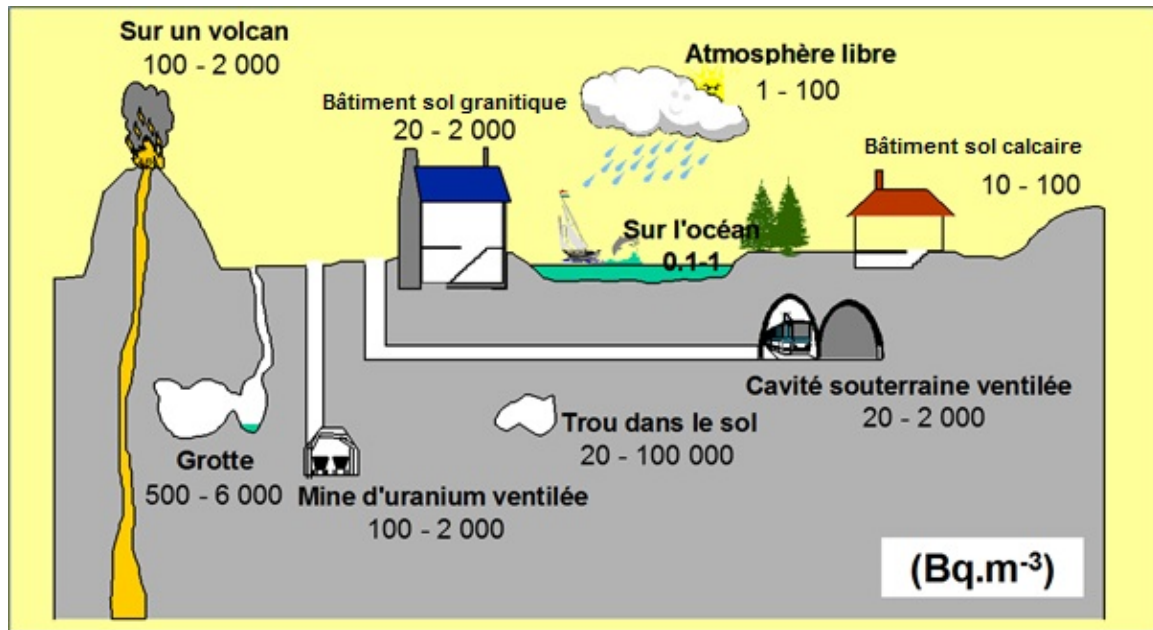


Figure 2 - radon dans l'environnement (Source IRSN)

## 1.3 Quels sont les risques sanitaires liés au radon ?

### 1.3.1 Exposition aux sources de rayonnements ionisants

Pour la population française, l'exposition au radon constitue la première source d'exposition aux rayonnements ionisants d'origine naturelle. Cette exposition est déjà en moyenne supérieure à la dose efficace de 1 mSv/an<sup>2</sup> qui représente la valeur de référence au-delà de laquelle, des dispositions de prévention et de protection spécifiques vis-à-vis des risques liés aux rayonnements ionisants s'appliquent. Ces dispositions complémentaires constituent le système renforcé de radioprotection. C'est pourquoi ce n'est pas cette valeur qui a été retenue pour les travailleurs pour entrer dans le système renforcé spécialement conçu pour leur protection vis-à-vis du risque radon. En effet, le radon est un problème de santé publique car son exposition touche l'ensemble de la population, principalement dans l'habitat, et plus particulièrement, les travailleurs sur leurs lieux de travail.

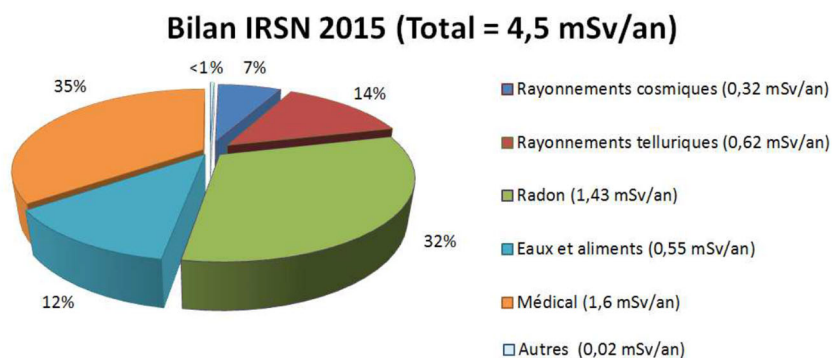


Figure 3 - Sources d'exposition aux rayonnements ionisants de la population française (Source IRSN)

<sup>1</sup> Le Becquerel (Bq) correspond à une désintégration de noyau radioactif par seconde.

<sup>2</sup> Le Sievert (Sv) correspondant à l'unité de la dose efficace (corps entier) utilisée pour l'estimation des effets stochastiques / aléatoires des rayonnements ionisants néfastes pour la santé (principalement l'excès de risque de cancer).

### 1.3.2 Principal risque lié à l'exposition au radon : le cancer du poumon

Depuis 1987, le radon est classé comme cancérigène pulmonaire certain pour l'homme (groupe I) par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) de l'Organisation mondiale pour la santé (OMS). L'exposition à la fois au radon et au tabac augmente de façon majeure le risque de développer un cancer du poumon. De ce fait, le radon constitue la seconde cause de cancer du poumon, derrière le tabagisme. D'après les dernières études de l'IRSN et de Santé publique France (2018), **3 000 décès par cancer du poumon par an en moyenne seraient attribuables au radon en France, soit environ 10 % des décès pour ce type de cancer**. Par ailleurs, des études sont en cours concernant d'autres pathologies comme la leucémie ou les cancers de l'estomac (dans ce dernier cas, en lien avec la consommation d'eau chargée en radon), mais il ne s'agit que de recherches scientifiques non concluantes à la date de publication de ce guide.

Les risques liés au radon ne sont pas dus uniquement à sa propre désintégration. Ils proviennent même pour l'essentiel de ses descendants radioactifs à vie courte (polonium, plomb et bismuth). C'est pourquoi, la dose efficace due au radon doit prendre en compte l'énergie alpha potentielle (EAP) du radon et de ses descendants à vie courte ainsi que le facteur d'équilibre<sup>3</sup> (F) entre ces derniers. Pour simplifier ce calcul, un facteur de conversion, tenant compte de l'EAP, est établi par voie réglementaire.

Concernant le facteur d'équilibre (F), il est en général de l'ordre de 0,4 dans les lieux de travail des bâtiments tertiaires (bureaux). Cette valeur (F = 0,4) est retenue par défaut pour déterminer le coefficient de dose lorsqu'on procède au mesurage du radon dans des bâtiments.

Cependant, outre dans les bâtiments, les lieux de travail peuvent aussi se situer dans des ouvrages ou des cavités souterraines pour lesquels le facteur d'équilibre peut varier fortement en fonction d'un confinement particulier, de l'empoussièrément, de l'aération naturelle, d'un système de ventilation mécanique... C'est pourquoi, dans certains cas, la détermination de l'EAP et du facteur d'équilibre peuvent être nécessaires pour estimer la dose reçue par les travailleurs exposés dans certains lieux de travail spécifiques à l'égard du radon. Le chapitre 2.4 relatif au dispositif de protection renforcée des travailleurs détaille ces concepts de dose complexes mais nécessaires à appréhender pour le suivi des travailleurs exposés.

*Le radon est un des polluants de l'air intérieur dont il faut se préoccuper pour réduire l'exposition radiologique des travailleurs aussi bas que raisonnablement possible tout en faisant attention aux effets indésirables que certaines actions de réduction peuvent entraîner sur d'autres risques ou sur l'efficacité énergétique du bâtiment.*

---

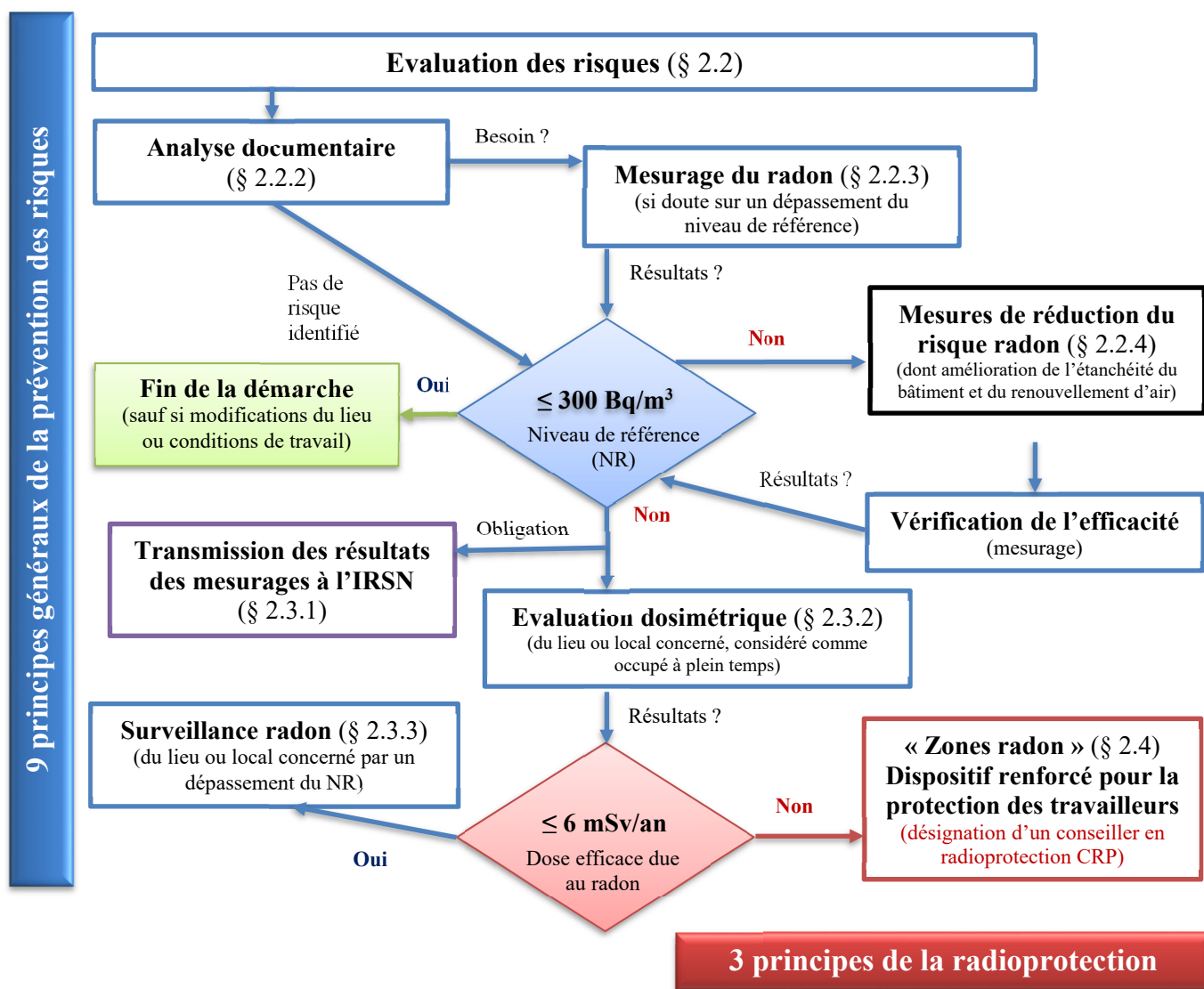
<sup>3</sup> Le facteur d'équilibre (F) entre le radon gaz et ses descendants radioactifs à vie courte, varie suivant l'environnement et le confinement de 0 (présence de gaz uniquement) à 1 (autant de gaz que de descendants solides dans l'air). Plus F est élevé plus le risque (la dose) est important. Par défaut, F = 0,4 dans les bâtiments mais, s'ils sont mal ventilés, il est plutôt de 0,5 voire plus.



## 2. Démarche de prévention du risque radon dans les lieux de travail

### 2.1 Synthèse de la démarche de prévention

La démarche de prévention du risque associé au radon dans les lieux de travail est résumée sur le schéma ci-dessous :



#### Légende :

- **bleu** : droit commun, démarche de prévention des risques
- **rouge** : système renforcé pour la protection des travailleurs (système de radioprotection)
- **vert** : sortie du dispositif
- **noir** : mesures de réduction (et travaux)

## 2.2 Evaluation et réduction du risque

### 2.2.1 Principes généraux de prévention appliqués au risque radon

Le radon représente un risque professionnel qui doit être appréhendé de la même manière que les autres risques. Il appartient à l'employeur de réduire ce risque afin d'assurer la sécurité des travailleurs et de protéger leur santé. Pour ce faire, l'employeur procède à une évaluation du risque radon avec l'aide du **préventeur** qu'il a désigné (salarié compétent mentionné à l'article L. 4644-1 du CT, conseiller de prévention pour les collectivités, conseiller en radioprotection...). Il consigne cette évaluation dans le document unique, en prenant, si nécessaire, des mesures qu'il met en œuvre conformément aux principes généraux de prévention des risques professionnels (CT : L. 4121-1).

Il est impossible de supprimer la présence de radon dans l'air intérieur (il restera toujours un « bruit de fond ») mais il est possible, dans la plupart des cas, de réduire facilement son niveau.

Pour que le radon ne soit pas considéré comme un risque d'exposition professionnel, l'article R. 4451-10 du code du travail fixe un niveau de référence (NR) pour le radon à 300 Bq/m<sup>3</sup> en activité volumique moyenne annuelle. Ce niveau de référence est un niveau de gestion harmonisé en France pour toute situation d'exposition (habitat, lieu de travail, ERP). Il ne doit pas être considéré comme un seuil sanitaire en dessous duquel il n'y a plus de risque de cancer puisqu'en matière de rayonnements ionisants, il n'y a pas de seuil.

En dessous de ce niveau de référence (NR), l'employeur n'est pas contraint par la réglementation spécifiquement liée aux rayonnements ionisants d'agir pour réduire l'exposition au radon. Cependant, les principes généraux de prévention des risques professionnels et ceux de la radioprotection l'engagent à réduire le risque aussi bas que raisonnablement possible. Des constatations épidémiologiques récentes provenant d'études résidentielles démontrent une augmentation statistiquement significative du risque de cancer du poumon résultant d'une exposition prolongée au radon à l'intérieur des bâtiments qui atteint des niveaux de l'ordre de 100 Bq/m<sup>3</sup>. Cette valeur correspond à approximativement à la moyenne française de la concentration de radon dans l'air intérieur.

#### → Quels sont les lieux de travail concernés par l'évaluation du risque radon ?

Tout employeur est dans l'obligation de procéder à une évaluation du risque radon dans le **lieu de travail** : au moins en sous-sol ou rez-de-chaussée des **bâtiments** (CT : R. 4451-1) ou dans des **lieux de travail spécifiques** (CT : 4451-4) comme des cavités souterraines (carrières, mines, grottes, caves agricoles...) ou des ouvrages enterrés (barrages, égouts, tunnels...). Il peut aussi être recommandé de procéder à une évaluation du risque radon dans d'autres situations comme par exemple, dans un lieu de travail situé au premier étage d'un bâtiment dans lequel il a été mesuré un dépassement du niveau de référence au rez-de-chaussée.

#### → Quels acteurs peuvent aider dans la prévention du risque radon ?

Avec l'aide du préventeur qu'il a désigné (salarié compétent mentionné à l'article L. 4644-1 du CT, conseiller de prévention, conseiller en radioprotection...), l'employeur associe le comité social et économique (CSE) s'il y en a un, ainsi que le service de santé au travail à sa démarche d'évaluation du risque radon. Ce sujet nécessite une approche pédagogique appropriée pour ne pas générer des risques psychosociaux pouvant avoir un impact plus important que le risque physique lui-même car la radioactivité reste encore mal connue hors du secteur nucléaire. Si l'employeur ne dispose pas des moyens nécessaires en interne pour réaliser son évaluation du risque radon ou certaines étapes de cette évaluation, il peut faire appel aux services de prévention des caisses d'assurance retraite et de santé au travail (CARSAT) avec l'appui, si nécessaire, de l'Institut national de recherche et de sécurité (INRS) ou à des prestataires de services compétents dans ce domaine.

Dans de rares cas ou dans certains lieux de travail spécifiques, il n'est pas possible de réduire le radon en dessous du niveau de référence sans modifier la conception du lieu de travail ou l'activité professionnelle, ce qui est parfois impossible (cf. cavités agricoles...). Ces situations problématiques nécessitent une réflexion plus poussée au cours de laquelle l'employeur devra faire appel à un conseiller en radioprotection (CRP) pour l'assister dans la mise en place d'un système renforcé pour la protection des travailleurs vis-à-vis du risque radon. Ce système est détaillé dans les chapitres 2.3 et 2.4.

### 2.2.2 Analyse documentaire

L'évaluation du risque radon dans un lieu de travail situé dans un bâtiment doit toujours commencer par une analyse documentaire prenant en compte :

1. l'importance de la source de radon, représentée par les zones à potentiel radon du sol fixées réglementairement dans l'arrêté du 27 juin 2018 et matérialisées par la cartographie surfacique du territoire, établie par l'IRSN ;

2. la qualité de la construction vis-à-vis du radon, dont les paramètres principaux sont l'étanchéité limitant l'entrée du radon dans le lieu de travail et le système de ventilation permettant un taux de renouvellement de l'air suffisant pour éviter l'accumulation du radon dans les locaux de travail ;
3. l'activité professionnelle et les conditions de travail qui, pour certaines, peuvent entraîner un drainage ou une accumulation importante de radon (cf. locaux de travail spécifiques « radon ») ;
4. la connaissance de résultats antérieurs de mesurage du radon notamment pour les établissements recevant du public (ERP) qui, pour certains, ont des obligations de « dépistage du radon » selon les dispositions du code de santé publique (CSP).

En revanche, il n'est pas possible de baser l'évaluation des risques sur des mesurages réalisés dans des lieux situés à proximité du lieu de travail concerné. En effet, chaque lieu a ses propres caractéristiques (cf. points 2 et 3 ci-dessus) et doit être traité comme un cas unique. Il est cependant possible de prendre en considération dans l'évaluation des résultats dépassant le niveau de référence dans plusieurs autres lieux à proximité.

→ **Comment utiliser la cartographie des zones à potentiel radon ?**

Le point 6° de l'article R. 4451-14 du code du travail demande de prendre en considération la cartographie du potentiel radon pour l'évaluation du risque dans les lieux de travail situés dans des bâtiments. Ce zonage territorial (exhalation du radon à la surface) est un outil donnant une indication des communes dans lesquelles, proportionnellement, il y aura plus de bâtiments dépassant le niveau de référence fixé pour le radon (zone 3). Néanmoins, des dépassements du niveau de référence dans les zones à plus faible potentiel radon (zones 1 et 2) existent aussi mais généralement, ces dépassements sont moins fréquents et moins élevés qu'en zone 3.

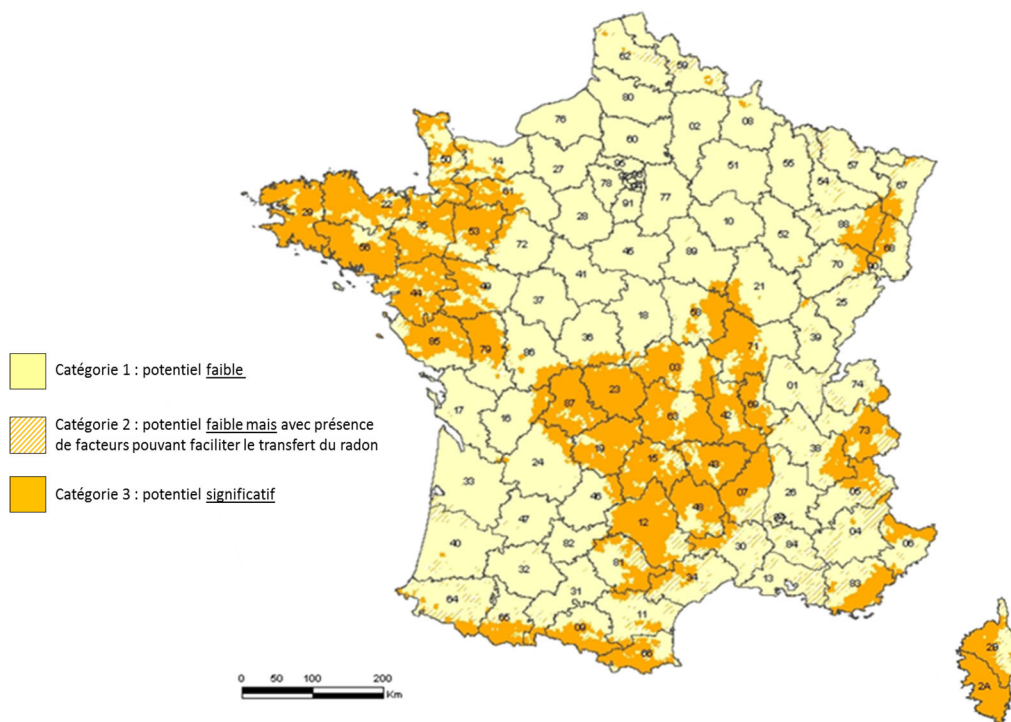


Figure 4 - Cartographie du potentiel radon des sols utilisée pour classer les communes en 3 catégories

Carte interactive : [www.irsn.fr/carte-radon](http://www.irsn.fr/carte-radon)

*Dans les lieux de travail spécifiques (CT : R. 4451-4) situés principalement en milieu souterrain, l'évaluation du risque radon est aussi basée sur une analyse documentaire qui doit principalement prendre en compte la ventilation naturelle ou mécanique, si elle existe. En effet, la cartographie en 3 zones du territoire étant surfacique, elle n'est pas adaptée pour les cavités souterraines ou ouvrages enterrés. Elle peut toutefois donner une tendance mais ne permet pas de statuer sur le respect du niveau de référence (NR) car il est souvent dépassé en milieu souterrain en l'absence de système de ventilation mécanique.*

### → La zone à potentiel radon suffit-elle pour l'évaluation du risque dans un bâtiment ?

- **Zone 1** : il n'est généralement pas nécessaire de procéder à un mesurage du radon sauf si d'autres éléments de l'analyse documentaire mettent en évidence la nécessité de réaliser un mesurage (cf. QR infra).
- **Zone 2** : dans le cadre de l'analyse documentaire, il est nécessaire de se renseigner plus précisément au niveau cadastral (plan de communal de sauvegarde, site : [www.georisques.gouv.fr](http://www.georisques.gouv.fr), histoire du site...) pour savoir si un ou plusieurs facteurs aggravants (cavités, failles, sources d'eau souterraine...) peuvent favoriser l'accumulation du radon dans le lieu de travail. Si c'est le cas, il est recommandé de procéder à un mesurage du radon.
- **Zone 3** : il est vivement recommandé de procéder à un mesurage du radon sauf si d'autres éléments de l'analyse documentaire mettent en évidence l'inutilité de le réaliser (cf. QR infra).

### → Comment prendre en compte des résultats de mesurage du radon déjà réalisés ?

Les dispositions du code de santé publique (CSP : D. 1333-32 à R. 1333-36) imposent la réalisation d'un mesurage du radon (dépistage) dans certains établissements recevant du public (ERP : enseignements, sanitaires, sociaux...). Si ces dépistages réglementaires ont déjà été effectués, les résultats de mesures peuvent être d'une grande utilité dans le cadre de l'évaluation du risque radon pour les travailleurs. En effet, suivant les niveaux de radon déjà connus et à condition que les résultats soient représentatifs d'une exposition professionnelle (poste de travail), il peut ne pas être nécessaire de réaliser un nouveau mesurage du radon. Néanmoins, il faut toujours prendre en compte certains locaux de travail particuliers, comme les locaux techniques, souvent en sous-sol et pas forcément bien ventilés, qui peuvent ne pas avoir fait l'objet de mesurages. Dans ce cas, un complément peut s'avérer nécessaire.

Dans le cas où le dépistage réglementaire dans l'ERP n'a pas encore été effectué ou doit être renouvelé, il est souhaitable d'en profiter pour créer une synergie entre le dépistage ERP (CSP) et l'évaluation du risque (CT), si cela est possible, notamment en matière de mesurage. Inversement, si les résultats de mesurage réalisés dans le cadre de l'évaluation du risque radon mettent en évidence un dépassement du niveau de référence dans un ERP en zone 1 ou 2, il sera alors nécessaire d'appliquer les dispositions du code de la santé publique (CSP : R. 1333-33).

### → La qualité de la construction au regard des paramètres d'influence sur le radon est-elle suffisante pour maintenir la concentration en radon en dessous du niveau de référence ?

Il est nécessaire de se renseigner dans le cadre de l'évaluation du risque radon sur la qualité de la construction pour évaluer l'efficacité de l'étanchéité de l'interface avec le sol vis-à-vis de l'entrée du radon, ainsi que celle du taux de renouvellement d'air qui doit respecter la réglementation (CT : R. 4222-1 et suivants).

En application du L. 4211-1 du code du travail, le maître d'ouvrage entreprenant la construction ou l'aménagement de bâtiments destinés à recevoir des travailleurs se conforme aux dispositions légales visant à protéger leur santé et sécurité au travail. Etant donné que la prévention du risque radon n'a été insérée dans la démarche générale de prévention des risques professionnels qu'en 2018, il ne peut pas y avoir d'effet rétroactif sur les bâtiments à usage professionnel existants. En revanche, depuis 2018, la prévention du risque radon doit être intégrée à la construction des nouveaux bâtiments à usage professionnel en application du L. 4211-1.

Plus généralement, dans les règles constructives pour les bâtiments régies par le code de la construction et de l'habitat (CCH), il n'existe pas actuellement de règles techniques spécifiques obligatoires pour prévenir le risque radon comme par exemple pour le risque sismique. Il existe cependant des normes optionnelles de qualité environnementale pour les constructions, comme le label HQE (haute qualité environnementale), prenant en compte le radon notamment en ce qui concerne l'étanchéité de l'interface entre le sol et le bâtiment, ainsi qu'en matière de système de ventilation efficace pour la qualité de l'air intérieur.

En pratique, les actions préventives prévues en phase de conception sont beaucoup moins coûteuses et sont plus faciles à mettre en place lors de la construction que des mesures de réduction réalisées une fois le lieu de travail en exploitation.

### → Comment identifier des locaux de travail spécifiques pour l'accumulation du radon ?

Certains locaux de travail favorisent l'accumulation du radon du fait d'activités professionnelles qui nécessitent certaines conditions comme un confinement (accumulation du radon), une source de chaleur (convection du radon), une utilisation d'eau en quantité importante (dégazage du radon de l'eau), une forte dépression (drainage du radon du sol)... Par ailleurs, certains locaux de travail présentent des facteurs favorisant le drainage ou

l'accumulation du radon comme le passage de nombreuses canalisations ou câbles, un sol en terre battue (terrain naturel), l'absence de système de ventilation...

En conséquence, certains locaux sont à identifier et à prendre en compte dans le cadre de l'évaluation des risques comme par exemple les salles d'archives, les locaux techniques ou informatiques, les chaufferies, les cuisines, les buanderies... qui se situent souvent en sous-sol de bâtiments. Si l'analyse de ces locaux conclut à des lacunes importantes d'étanchéité ou de ventilation, il sera souvent nécessaire de réaliser un mesurage du radon même si le lieu de travail se situe en zone 1 ou 2.

**Ne pas confondre** : un **lieu de travail spécifique** à l'égard du radon est un lieu défini par arrêté (cavités, grottes, ouvrages situés en milieu souterrain...), dans lequel le radon peut s'accumuler de manière significative ; alors qu'un **local de travail spécifique** à l'égard du radon se situe à l'intérieur d'un bâtiment, souvent en sous-sol, avec une présence généralement ponctuelle de travailleurs, où le radon va s'accumuler préférentiellement (local technique, local informatique, buanderie...).

#### → Présence de travailleurs d'entreprises extérieures dans certains locaux ?

Dans le cadre de l'évaluation des risques, il ne faut pas oublier les locaux occupés régulièrement ou ponctuellement par des travailleurs d'entreprises extérieures, en particulier dans le cadre de travaux de maintenance et d'entretien. De plus, ce sont souvent des « locaux de travail spécifiques à radon » car ils sont généralement en sous-sol avec des passages de canalisations ou de câbles divers ainsi qu'une aération souvent déficiente, et parfois, avec une source de chaleur (chaufferie, local technique, local informatique...).

Si ces locaux sont évalués comme à risque, il sera nécessaire d'informer les entreprises extérieures de ce risque et de bien définir les consignes à appliquer dans le cadre du **plan de prévention**. Le dispositif à mettre en place dans les locaux à risque d'exposition au radon est détaillé dans le chapitre 2.4 (dispositif renforcé).

#### → Peut-on conclure l'évaluation du risque seulement avec l'analyse documentaire ?

Chaque lieu de travail est particulier et doit donc être évalué au cas par cas. Si l'employeur ou son préventeur a un doute sur une possibilité de dépassement du niveau de référence dans un lieu de travail, il procède à un mesurage du radon dans le cadre de l'évaluation du risque.

Exemples de situations complexes :

- si le lieu de travail est en zone 1 mais que les ateliers du service technique sont en sous-sol du bâtiment et qu'il n'y a pas de système de ventilation dans ces ateliers où débouchent de nombreuses canalisations ou câbles, alors il est recommandé de procéder à un mesurage du radon au moins dans ces ateliers en sous-sol ;
- si le lieu de travail est constitué de bureaux au 1<sup>er</sup> étage d'un bâtiment sur une zone 2 mais qu'un local informatique en sous-sol peut aussi être occupé ponctuellement par un travailleur d'une entreprise extérieure, il est recommandé de procéder à un mesurage dans ce local informatique ;
- si le lieu de travail est en zone 3 mais qu'il a été construit selon des critères du label HQE (haute qualité environnementale) en prenant en compte le radon dès sa conception, il n'est pas nécessaire de réaliser des mesurages du radon (au cas par cas selon les éléments à disposition).

### 2.2.3 Mesurages du radon dans le cadre de l'évaluation des risques

L'employeur procède à des mesurages sur le lieu de travail lorsque les résultats de l'évaluation des risques mettent en évidence que la concentration du radon est susceptible d'atteindre ou de dépasser le niveau de référence de 300 Bq/m<sup>3</sup> en activité volumique moyenne annuelle (CT : R. 4451-15).

#### → Quel dispositif est à utiliser pour le mesurage du radon dans le cadre de l'évaluation du risque ?

Le mesurage du radon dans le cadre de l'évaluation des risques est réalisé à l'aide de dispositifs de mesure intégrée. En France, ce sont principalement des détecteurs solides de traces nucléaires (DSTN) qui sont utilisés. Ils doivent faire l'objet d'une analyse en laboratoire par un organisme accrédité par le COFRAC. Les organismes accrédités pour l'analyse des DSTN indiquent, dans leur notice d'utilisation, les modalités de pose et de dépôt des détecteurs ainsi que les informations à fournir pour l'obtention du résultat d'un mesurage (date de pose / dépôt, type de lieu, commune, code postal...).

### → Pourquoi utiliser un dispositif de mesure intégrée du radon ?

Les dispositifs de mesure intégrée du radon sont les moins coûteux et les plus faciles à utiliser pour réaliser un mesurage sur une longue durée. En effet, il est nécessaire que la durée d'intégration d'un détecteur radon soit d'au minimum de deux mois (trois recommandés) afin de pouvoir comparer le résultat de ce mesurage au niveau de référence (NR) dont la valeur représente une activité volumique moyenne annuelle. Pour disposer d'une véritable moyenne annuelle, une période d'intégration d'un an serait nécessaire mais cela pose d'importantes difficultés pratiques (risque de perte, vol, détérioration du détecteur, conditions de travail incompatibles...). Si la durée du mesurage d'un DSTN est d'au moins deux mois, il n'est pas nécessaire de tenir compte des incertitudes de mesure pour comparer le résultat au NR puisqu'il sera représentatif d'une moyenne annuelle.

*En pratique : le DSTN de type « fermé » est recommandé en cas d'atmosphère empoussiérée ou de présence d'humidité. Par ailleurs, il est nécessaire d'utiliser le même type de DSTN pour l'ensemble d'un mesurage dans un lieu de travail.*



Figure 5 - Exemples de dispositifs de mesure intégrée du radon de type DSTN (Source Algade, Pearl, Radonova)

### → Y-a-t-il des périodes de mesurage à favoriser ?

Les conditions de travail sont à prendre en compte pour déterminer la période de mesurage adaptée. En effet, il est très important de pouvoir faire coïncider les périodes de mesurages avec une présence effective, ponctuelle ou régulière de travailleurs dans les lieux investigués. Par exemple, si le lieu de travail ne fonctionne qu'en hiver ou en été (activité saisonnière), il est nécessaire de procéder au mesurage pendant la période d'ouverture. Il faut éviter les périodes de fermeture annuelle (vacances d'été, fêtes de fin d'année...).

Il est par ailleurs recommandé de procéder à ce mesurage pendant la période froide (octobre à avril en France métropolitaine) au cours de laquelle les fenêtres sont généralement moins ouvertes et le chauffage fonctionne créant ainsi une convection plus importante du radon dans l'air. Ces paramètres augmentent également la dépression naturelle des bâtiments drainant ainsi plus de radon des sols. Cependant, un lieu de travail n'est pas automatiquement un bâtiment et peut ne représenter qu'une partie de bâtiment ou être situé dans des cavités souterraines ou des ouvrages qui ne répondent pas aux mêmes conditions. Par exemple, en milieu souterrain, hors sous-sol d'un bâtiment, il est recommandé de procéder à un mesurage du radon en période hivernale et en période estivale car les variations de l'activité volumique en radon peuvent être très importantes compte tenu des conditions environnementales, en particulier, météorologiques (gradient de pression, gradient thermique...).

**Important :** la période de mesurage du radon doit être adaptée au lieu de travail, à l'activité professionnelle et aux conditions de travail.

### → Combien de détecteurs doit-on utiliser pour évaluer le risque ?

Le nombre de détecteurs à utiliser dans le cadre d'un mesurage du radon dans un lieu de travail dépend de nombreux paramètres. Au préalable, il est nécessaire d'étudier les plans des locaux de travail et d'obtenir, en général par les services techniques, les informations indispensables pour déterminer le nombre de détecteurs. Une visite préalable peut s'avérer nécessaire en fonction de la complexité du lieu de travail.

*Voir annexes 1 et 2 pour le protocole de mesurage et des exemples.*

Dans un lieu de travail situé en sous-sol ou rez-de-chaussée d'un bâtiment, il est nécessaire de prendre en compte :

- la surface au sol du lieu de travail (au minimum sous-sol et rez-de-chaussée) ;
- le nombre de locaux de travail ainsi que leur fréquentation (présence ponctuelle, régulière ou permanente de travailleurs) ;
- les locaux ayant les mêmes caractéristiques techniques (ventilation, chauffage, interface avec le sol...) et activités professionnelles sur le même niveau ;
- les locaux de travail spécifiques « radon » au moins en sous-sol ;
- la zone à potentiel radon du sol de la commune du lieu de travail ;
- les résultats des mesurages radon déjà réalisés dans certains locaux (Cf. réglementation CSP pour les ERP).

Il est recommandé de placer au moins un détecteur tous les 200 m<sup>2</sup> et *a minima* deux détecteurs pour un lieu de travail inférieur à 200 m<sup>2</sup>. C'est une bonne base de départ pour estimer le nombre de détecteurs nécessaires mais il faut également tenir compte des paramètres listés ci-dessus et notamment des particularités propres à un lieu de travail qui ont pu être mises en évidence lors de l'analyse documentaire (mesurage ERP, locaux de travail spécifiques « radon », zones 1 ou 2). Il est donc nécessaire d'adapter la méthodologie au cas par cas en fonction des conditions de travail et de l'activité professionnelle.

Par ailleurs, la notion de « zone homogène » définie dans la norme de mesurage dans les bâtiments (voir annexe 3) ne peut pas être appliquée à un lieu de travail puisqu'elle ne prend pas en compte l'activité professionnelle et les conditions de travail.

*En pratique : un détecteur radon est placé dans un local de travail représentatif d'un ensemble de locaux de travail ayant les mêmes caractéristiques techniques (ventilation, chauffage, interface avec le sol...) ainsi que la même activité professionnelle et des conditions de travail similaires ; si possible au plus proche d'un poste de travail. En cas de doute sur un ensemble de locaux similaires, des détecteurs supplémentaires peuvent être implantés (coût très faible dans le cadre de l'auto-mesurage). Néanmoins, dans le cadre de la stratégie d'une première campagne de mesurage, il paraît excessif de placer un détecteur dans chaque local d'un lieu de travail.*

Des exemples de mesurages du radon sont détaillés en annexe 2. Seuls deux cas à l'opposé l'un de l'autre sont présentés ci-dessous :

- **Cas 1** : lieu de travail en zone 3, comprenant le sous-sol et le rez-de-chaussée d'un bâtiment ancien présentant des dalles au sol fissurées et un système de ventilation ne permettant pas un taux de renouvellement d'air satisfaisant : il est recommandé de placer au moins un détecteur tous les 200 m<sup>2</sup>, en n'oubliant pas de prendre en compte des « locaux de travail spécifiques ». Quelques mesurages peuvent aussi être réalisés au 1<sup>er</sup> étage dans les locaux de travail où des gaines ou colonnes techniques remontent des étages inférieurs, ainsi que dans des locaux présentant des sources de chaleur importantes ou des systèmes de ventilation en forte dépression (cf. locaux de travail spécifiques).
- **Cas 2** : lieu de travail en zone 1, principalement en rez-de-chaussée ou étages dans un bâtiment ancien ayant néanmoins quelques locaux en sous-sol dont des locaux techniques (informatique, chaufferie...), des sanitaires et le bureau des services techniques où la ventilation est une VMC simple flux par extraction (dépression) sans entrée d'air extérieur : il est recommandé de placer a minima 2 détecteurs radon dans les locaux de travail du sous-sol du bâtiment dont un dans le bureau des services techniques et au moins un dans un local technique où des travailleurs peuvent se rendre régulièrement.

### → Quelles sont les modalités particulières de mesurage dans un lieu de travail spécifique en milieu souterrain ?

Dans un lieu de travail spécifique situé en milieu souterrain, il est nécessaire de prendre en compte :

- le nombre de cavités ou de galeries ventilées et non ventilées (naturelle ou mécanique) ;
- le type et la puissance du système de ventilation, si existant, pour une même section de cavités ou galeries ;
- le nombre de cavités ou de galeries occupées régulièrement par des travailleurs ;
- le cas échéant, la durée des chantiers.

Le nombre de détecteurs à utiliser va dépendre des lieux occupés régulièrement par des travailleurs et de leur surface au sol. Il est préconisé de placer au moins un détecteur tous les 200 m<sup>2</sup> dans les cavités et tous les 500 m linéaire dans les galeries (grande longueur par rapport à la hauteur). Néanmoins, il est toujours nécessaire d'adapter

ces préconisations aux conditions de travail. Par exemple, dans le cadre d'un chantier en milieu souterrain, les dispositifs de mesure intégrée (DSTN) ne sont pas adaptés car il est important connaître le niveau de radon dès le démarrage du chantier lors de la mise en œuvre de la ventilation (à régler si nécessaire en fonction du niveau de radon). C'est pourquoi dans ce cas particulier, il est recommandé d'utiliser des appareils de mesure en continu du radon (appareillage électronique à lecture directe et enregistrée ; voir annexe 3 et 5) afin de mettre en place une surveillance adaptée, *a minima* lors du démarrage du chantier et, si nécessaire, pendant toute sa durée.

Par ailleurs, il n'est pas toujours impossible de réaliser un mesurage préalable du radon dans le cadre de l'évaluation des risques dans toutes les cavités et galeries souterraines où sont susceptibles de se rendre des travailleurs. C'est pourquoi, en particulier dans le cadre d'activités de maintenance ou d'entretien nécessitant à des travailleurs de se rendre régulièrement ou ponctuellement dans de nombreuses galeries techniques enterrées, il est recommandé à l'employeur d'équiper ses travailleurs d'un dispositif opérationnel permettant de les alerter d'un niveau de radon important (voir arrêté pris en application de l'article R. 4451-4 CT).



Figure 6 - Exemple d'un travailleur en milieu souterrain portant un dispositif opérationnel à la ceinture (Source Saphymo)

### → Qui peut réaliser les mesurages dans le cadre de l'évaluation du risque ?

L'employeur peut procéder lui-même au mesurage (auto-mesurage) ou faire appel à un prestataire de service. En général, il fait appel à un préventeur interne (salarié compétent, ingénieur HSE, conseiller de prévention...) pour réaliser ce mesurage. Il est nécessaire de bien respecter les notices d'utilisation fournies par les organismes accrédités pour l'analyse des détecteurs radon. Si l'employeur a déjà désigné un conseiller en radioprotection (CT : R. 4451-113), il peut lui confier cette tâche.

*En pratique : la personne qui réalise les mesurages peut suivre une formation de personne compétente en radioprotection niveau 1 « sources d'origine naturelle » afin d'acquérir la maîtrise de ce risque ainsi que les techniques de mesurage. Cette recommandation est particulièrement souhaitable pour les conseillers de prévention des collectivités territoriales ainsi que pour les préventeurs HSE de grandes entreprises car la probabilité qu'ils aient à gérer un ou plusieurs lieux de travail avec un risque radon n'est pas négligeable.*

Les employeurs de TPE peuvent quant à eux faire appel aux services de prévention des caisses d'assurance retraite et de santé au travail (CARSAT) pour les aider dans ce mesurage.

Il est également possible de faire appel à un prestataire de service pour réaliser ce mesurage du radon. Dans ce cas, il est recommandé à l'employeur de contractualiser soit avec : un organisme agréé par l'Autorité de sûreté nucléaire pour le mesurage du radon (OA Rn), un organisme compétent en radioprotection (OCR), un organisme vérificateur accrédité pour mesurage du radon (OVA Rn) ou l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). Néanmoins, en cas de contractualisation avec un OA Rn de niveau 1A, il faut bien préciser qu'il s'agit d'un mesurage du radon selon les dispositions du code du travail, et non d'un dépistage du radon selon celles du code de santé publique pour lesquelles il est agréé.

Dans des lieux spécifiques en milieu souterrain, il est recommandé de faire réaliser les mesurages du radon par une personne (PCR) ou un organisme maîtrisant les techniques de mesurage du radon et disposant du matériel adapté pour les cavités souterraines (OA Rn Niveau 1B, OCR, OVA Rn, IRSN).



### → Faut-il conserver les résultats de mesurage du radon ?

Les résultats du mesurage du radon pour l'évaluation du risque sont conservés sous une forme susceptible d'en permettre la consultation pour une période d'au moins dix ans, à placer dans le document unique (CT : R. 4451-16). Un exemple de **fiche de synthèse de mesurage** est présenté en annexe 3.

#### 2.2.4 Mesures de réduction de l'exposition au radon

Si le mesurage du radon confirme un dépassement du niveau de référence (300 Bq/m<sup>3</sup>), alors l'employeur met en œuvre des mesures de réduction de l'exposition au radon comme demandé au point 5° de l'article R. 4451-18 du code du travail.

Ces mesures sont principalement regroupées en deux grands types d'actions :

- l'amélioration de l'étanchéité de l'interface avec le sol pour réduire l'entrée du radon dans le bâtiment ;
- l'amélioration du taux de renouvellement d'air des locaux pour diluer et évacuer le radon.

Les actions sur l'étanchéité et la ventilation sont complémentaires. Il est recommandé de combiner ces deux types d'actions afin d'augmenter l'efficacité de la réduction du niveau de radon et permettre de réduire les coûts au long terme que ces actions correctives peuvent engendrer.

Les solutions techniques sont déjà bien connues et détaillées dans des documents à destination des professionnels du BTP. Les plus utilisées sont présentées avec des exemples pratiques dans un guide technique<sup>4</sup> du Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB). D'autres guides présentant des solutions techniques de réduction du radon sont téléchargeables gratuitement sur les sites Internet d'instances officielles francophones (Suisse : OFSP, Belgique : AFCN, Canada : Santé Canada).

La difficulté consiste à mettre en œuvre les bonnes actions de réduction en adéquation avec le niveau de radon mesuré, le lieu de travail et les conditions de travail. Certaines actions peuvent être efficaces dans un cas mais avoir un effet moins efficace ou nul, voire même contraire, dans un autre cas ([voir graphe de l'annexe 5](#)).

### → Quelles mesures mettre en œuvre en cas de faibles dépassements du niveau de référence ?

Il est toujours important de bien analyser la situation avant de mettre en œuvre des mesures de réduction.

Pour des niveaux de radon compris entre 300 et 1 000 Bq/m<sup>3</sup>, il est recommandé de commencer par la mise en œuvre d'« actions simples » de réduction du radon (*voir annexe IV*) qui découlent le plus souvent du bon sens et sont peu coûteuses.

Ces actions consistent principalement à :

- vérifier l'état du système de ventilation (obligation réglementaire) et corriger les éventuels dysfonctionnements (obturation d'entrée ou de sortie d'air, encrassement, défaillance ou arrêt volontaire du système de ventilation...);
- réaliser des étanchements de l'enveloppe du bâtiment en contact avec le terrain ainsi que des voies de transfert entre les sous-sols et les parties occupées du bâtiment (portes, passages de canalisation...);
- améliorer ou rétablir l'aération naturelle du soubassement lorsqu'elle existe (cas des aérations du vide sanitaire ou de cave obturées ou obstruées).

Concernant l'amélioration du taux de renouvellement d'air, c'est aussi l'occasion de vérifier si les dispositions du code du travail en matière de renouvellement d'air sont respectées (*voir annexe IV*). En effet, l'article R. 4222-1 du code du travail nécessite que dans les locaux fermés où les travailleurs sont appelés à séjourner, l'air soit renouvelé de façon à maintenir un état de pureté de l'atmosphère propre à préserver la santé des travailleurs. Cela inclut le radon.

Les dépassements du niveau de référence de quelques centaines de Becquerels par mètre cube sont souvent liés au non-respect des règles en matière de ventilation des locaux de travail. Les premières actions à mener peuvent être liées à la mise en conformité du système de ventilation. Toutefois, il faut absolument éviter d'augmenter la mise en dépression du lieu de travail car cela peut drainer encore plus de radon venant du sol sous-jacent. En conséquence, les ventilations mécaniques par extraction simple flux sont à dimensionner avec précision en tenant

---

<sup>4</sup> *Guide technique du CSTB : Le radon dans les bâtiments : guide pour la remédiation dans les constructions existantes et la prévention dans les constructions neuves.*

compte de la présence d'entrées d'air neuf. Mal dimensionnées ou mal installées, elles peuvent contribuer à augmenter la concentration en radon.

Ces actions simples de réduction de radon dont la mise en conformité du système de ventilation doivent pouvoir être réalisées assez rapidement dans des délais adaptés en fonction des enjeux (court à moyen terme). L'employeur peut faire appel à ses propres services techniques, s'il en a, ou à un prestataire professionnel du BTP a minima informé sur la gestion du risque radon.

### → Quelles mesures mettre en œuvre en cas de forts dépassements du niveau de référence ?

Pour des niveaux de radon supérieurs à 1 000 Bq/m<sup>3</sup>, il faut agir rapidement, d'autant plus si les niveaux sont très élevés (plusieurs milliers de Bq/m<sup>3</sup>). En effet, la valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP) de 20 mSv/an en dose efficace s'applique quelles que soient les sources d'exposition aux rayonnements ionisants, radon compris, pour tout travailleur. Une concentration en radon de l'ordre de quelques milliers de Bq/m<sup>3</sup> peut conduire à dépasser cette VLEP. Etant une VLEP annuelle, il est nécessaire de réaliser des mesures effectives et pérennes de réduction de ces fortes concentrations en radon dans l'année suivant leur mise en évidence.

Dans la mesure où un risque a été identifié, l'employeur doit informer les travailleurs et mettre en place une organisation du travail visant à réduire la durée et la fréquence des expositions dans l'attente des travaux de réduction. Par exemple, il peut adapter, si possible, les postes de travail concernés en les déplaçant dans d'autres locaux le temps de réaliser les travaux.

*En pratique : quand cela est possible, l'ouverture régulière ou permanente des fenêtres ou des portes est une solution à court terme pour réduire de façon significative la concentration en radon. Cette action n'est toutefois pas pérenne car elle dépend des conditions de travail, des conditions climatiques...*

---

Si la mise en place de solutions techniques effectives et pérennes pour réduire le risque ne peut pas être réalisée à court terme (dans l'année qui suit) et que l'organisation proposée par l'employeur pour réduire la durée et la fréquence des expositions n'est pas suffisante, alors il doit mettre en œuvre le dispositif renforcé pour la protection des travailleurs (voir § 2.4). Il pourra toujours, par la suite, chercher à réduire le risque sur le plus long terme, si c'est possible, de façon à s'extraire du dispositif renforcé.

Dans ces situations complexes, il est toujours recommandé de procéder à une expertise approfondie (voir annexe 5) de la problématique avant de se lancer dans des travaux qui peuvent être complexes et coûteux, et dont l'efficacité n'est pas garantie. Cette expertise comprend un diagnostic technique du lieu de travail s'il est situé dans un bâtiment. Elle est réalisée par un professionnel compétent, connaissant les normes applicables (voir annexe 3) mais devant en adapter certaines aux particularités du lieu de travail et des conditions de travail.

Ce diagnostic comprend :

- des informations générales sur le bâtiment et son environnement : année de construction, type et constitution du bâtiment, surface au sol, nombre de niveaux, réhabilitations éventuelles, type d'ouvrants extérieurs... ;
- une description du soubassement : type et constitution du soubassement, surface au sol et état d'étanchement de chaque type de soubassement (dallage sur terre-plein, vide sanitaire, cave), identification de voies potentielles d'entrée et de transfert du radon par l'interface sol-bâtiment (porte de cave, trappes, passage des réseaux... ) ;
- une description du système de ventilation et une évaluation qualitative du niveau d'aération des locaux de travail, une identification d'absence ou d'insuffisance du taux de renouvellement de l'air ;
- une description des équipements du bâtiment ayant une influence sur la concentration du radon (chauffage, chauffe-eau, climatisation...).

Il est recommandé de compléter ce diagnostic technique par des investigations complémentaires visant à confirmer les sources et les voies d'entrée et de transfert du radon dans le bâtiment qui ont été identifiées lors du diagnostic (voir annexe 5). Cette confirmation est très utile pour préconiser des travaux adaptés et précis par rapport à une situation donnée, limitant ainsi les travaux surdimensionnés et par conséquent, plus coûteux, voire inefficaces. Ces investigations complémentaires sont à réaliser par des professionnels disposant du matériel de mesurage nécessaire (dispositifs de mesure du radon en continu, ponctuelle et intégrée) comme doivent l'être les organismes agréés par l'ASN de niveau 2 (OA Rn Nv2), l'IRSN, les organismes vérificateurs accrédités pour le mesurage du radon (OVA Rn), ainsi que certains OCR. D'autres investigations complémentaires peuvent être menées en fonction de la complexité de la situation comme le mesurage des débits de ventilation, des analyses radiologiques de matériaux de construction, de sol ou d'eau...

Le diagnostic technique et les mesurages complémentaires vont permettre de mieux comprendre la problématique radon et permettre ainsi de préconiser des solutions techniques plus pertinentes et adaptées à la situation. Il est par ailleurs souhaitable de hiérarchiser les solutions techniques envisageables avec un bilan coûts/avantages.

Contrairement aux « actions simples » qui peuvent souvent être réalisées en interne, il est recommandé pour des travaux plus complexes de faire intervenir un prestataire professionnel du BTP formé sur la gestion du risque radon. De nombreux paramètres sont à prendre en compte pour des travaux dans un bâtiment. Les travaux mis en œuvre pour réduire le radon ne doivent pas avoir des effets négatifs significatifs sur d'autres paramètres comme l'efficacité énergétique. Par ailleurs, les travaux doivent être compatibles avec l'activité professionnelle exercée. Dans certains lieux spécifiques de travail en milieu souterrain, certains travaux ne sont pas réalisables car ils mettraient en péril l'activité professionnelle (par exemple la mise en œuvre d'une ventilation mécanique dans une exploitation agricole souterraine). Dans ce cas, il est nécessaire d'entrer directement dans un dispositif renforcé pour la protection des travailleurs (voir § 2.4).

### → **Comment choisir son prestataire pour réaliser des mesures de réduction ?**

Si l'employeur fait appel à des prestataires pour l'aider à réduire l'exposition au radon dans un lieu de travail, il ne fait pas appel au même prestataire pour les études (expertises, mesurages, préconisations de travaux...) et pour les travaux de réduction afin d'éviter les conflits d'intérêt. Si le prestataire est certifié dans un référentiel Qualité (ISO...), il ne peut pas proposer ces deux types de prestation au même client.

### → **Comment vérifier l'efficacité des mesures de réduction mises en œuvre ?**

Il est vivement recommandé de vérifier l'efficacité des mesures de réduction (travaux) mises en œuvre ; à ne pas oublier dans les clauses contractuelles d'un prestataire. Cette vérification est à réaliser dans les mêmes conditions que le mesurage initial afin de s'assurer que le niveau de référence n'est plus dépassé dans le lieu de travail. Néanmoins, comme ces mesurages par DSTN prennent quelques mois, il est recommandé, suivant la situation, de réaliser des mesurages dès la fin des travaux, sur une journée, à l'aide d'appareils de mesure en continu du radon afin d'avoir une estimation rapide de l'efficacité des actions correctives. Les professionnels de la mesure du radon sont compétents pour réaliser des mesurages de courte durée dont les résultats sont suffisamment fiables pour dégager une tendance par rapport au NR (représentant une moyenne annuelle) mais même si cette tendance montre une efficacité, une confirmation avec un mesurage de longue durée (2 à 3 mois) sera toujours nécessaire. Suivant la situation, il est aussi conseillé de procéder à des mesurages radon dans d'autres secteurs du lieu de travail non concernés initialement par les travaux. En effet, le retour d'expérience met en évidence quelques cas où la problématique radon a été déplacée, après des travaux mal adaptés, dans d'autres locaux (à proximité, au-dessus, en dessous, autre aile...) que ceux initialement concernés.

## 2.3 Que faire en cas de dépassement persistant du niveau de référence ?

Lorsqu'en dépit des mesures de réduction mises en œuvre par l'employeur, la concentration en radon dépasse toujours le niveau de référence, ou en cas d'impossibilité de mettre en place des mesures de réduction, notamment dans certains lieux spécifiques de travail, l'employeur :

- communique les résultats des mesurages à l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire selon les modalités définies par ce dernier (CT R. 4451-17) ;
- identifie toute « zone radon » conduisant à une dose efficace  $\geq 6$  mSv/an (CT R. 4451-22) pour un temps de travail à temps complet (2 000 h sur un an<sup>5</sup>),
- met en place une surveillance radiologique d'ambiance dans les lieux ou locaux dépassant le niveau de référence sans dépasser la dose efficace de 6 mSv/an.

*Important : il est vivement recommandé à l'employeur de faire appel à un conseiller en radioprotection (CRP) pour l'aider à partir de cette étape de la gestion du risque radon car des compétences en radioprotection sont nécessaires. Par ailleurs, si une « zone radon » est identifiée, l'employeur sera obligé de désigner un CRP officiellement dans le cadre de son organisation de la radioprotection (voir § 2.4)*

### 2.3.1 Communication des résultats de mesurage à l'IRSN

Les résultats des mesurages de la concentration en radon sont transmis à l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire selon des modalités qui sont consultables sur le site internet de l'IRSN. Il s'agit d'une déclaration réglementaire obligatoire conformément à l'article R. 4451-17 du code du travail.

Pour toute information complémentaire, s'adresser à : [RadonTravailleurs@irsn.fr](mailto:RadonTravailleurs@irsn.fr)

### 2.3.2 Identification des « zones radon » dans le lieu de travail

L'identification des « zones radon » nécessite des compétences en radioprotection afin de pouvoir maîtriser la notion de dose dont l'unité est le Sievert (Sv), et plus particulièrement, la dose efficace qui correspond à l'outil d'estimation des effets à long terme de l'exposition aux rayonnements ionisants (cancer du poumon dans le cas du radon). La réglementation (CT : R. 4451-22) demande d'identifier toute zone où la concentration d'activité volumique du radon dans l'air est susceptible de conduire à une dose efficace de 6 mSv/an. Par instruction DGT/ASN du 2 octobre 2018, le calcul est basé sur 2 000 heures de travail dans le lieu concerné.

Pour cela, il est nécessaire de convertir les concentrations en radon dont l'unité de mesure est le Becquerel par mètre cube (Bq/m<sup>3</sup>), en dose efficace (mSv/an). Cette conversion n'est pas aisée car elle dépend de plusieurs paramètres dont le facteur d'équilibre (F) et l'énergie alpha potentielle (EAP) qui vont servir à calculer la dose due au radon. Pour faciliter le calcul, un **facteur de conversion** est fixé par l'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 pris en application de l'article R. 1333-24 du code de santé publique.

#### → Comment calculer la dose efficace dans une zone radon ?

La formule pour calculer la **dose efficace E** pour le radon est la suivante :

$$E \text{ (mSv/an)} = C \text{ (Bq/m}^3\text{)} \times 2\,000 \text{ (h/an)} \times CD \text{ (mSv par Bq.h.m}^{-3}\text{)}$$

Où :

- C est la concentration en radon en moyenne annuelle ;
- CD est le coefficient de dose.

Pour une approche simplifiée, on choisira un coefficient de dose **CD** de **3,11.10<sup>-6</sup> mSv par Bq.h.m<sup>-3</sup>** pour un facteur d'équilibre F moyen de 0,4 dans des lieux de travail ayant une ventilation existante et permanente.

<sup>5</sup> Instruction DGT/ASN n° 2018-229 du 2 octobre 2018 relative à la prévention des risques d'exposition aux rayonnements ionisants

Pour une approche approfondie, le coefficient de dose pour le radon se calcule de la manière suivante :

$$CD = EAP_{\text{radon}} \times F \times \text{facteur de conversion}$$

Où :

- **EAP<sub>radon</sub>** (Energie Alpha Potentielle du radon) =  $5.56.10^{-9}$  J.Bq<sup>-1</sup> qui représente l'énergie totale émise par la désintégration du radon 222 et de ses descendants à vie courte (polonium 218, plomb 214 et bismuth 214) ;
- **F** : facteur d'équilibre entre le radon et ses descendants qui dépend principalement de la ventilation du local (voir tableau 2.3.2 ci-dessous) ;
- **Facteur de conversion** = 1,4 Sv par J.h.m<sup>-3</sup> pour les lieux de travail fixé réglementairement au §3 de l'annexe III de l'arrêté du 01/09/03 à partir de la recommandation CIPR 65 de 1993).

Tableau 2.3.2 : facteurs d'équilibre dans des lieux de travail	Facteur d'équilibre moyen
Secteur tertiaires avec système de ventilation (bureaux...)	F = 0,4
Cavités souterraines avec ventilation mécanique (mines...)	F = 0,2
Cavités souterraines avec aération naturelle (grottes...)	F = 0,4
Ateliers, locaux techniques avec empoussièrément important	F = 0,8

*Exemple : la concentration en radon dans un local de travail, malgré la réalisation de travaux pour la réduire, est de 480 Bq/m<sup>3</sup>. La dose efficace annuelle correspondant à un temps de présence maximal théorique de 2 000 heures par an dans ce local est égale à :*

$$480 \text{ (Bq/m}^3\text{)} \times 2\,000 \text{ (h.an}^{-1}\text{)} \times 3,11.10^{-6} \text{ (mSv/(Bq.h.m}^{-3}\text{))} = 3 \text{ mSv/an}$$

*Dans le cas présent, le local n'est donc pas à considérer comme « zone radon » puisque la dose efficace annuelle est inférieure à 6 mSv/an.*

**Repère** : la mise en place d'une « zone radon » correspond à une concentration de 965 Bq/m<sup>3</sup> pour un facteur d'équilibre standard dans un bâtiment de l'ordre de F = 0,4. On peut retenir la **valeur de 1 000 Bq/m<sup>3</sup>** comme ordre de grandeur nécessitant la mise en place d'une zone radon.

Un **outil de calcul** de la dose radon est disponible sur les sites internet de l'IRSN et de l'INRS.

**L'identification d'une « zone radon » oblige l'employeur à mettre en place le dispositif renforcé détaillé dans le chapitre 2.4.**

#### → Qui peut définir et délimiter une « zone radon » ?

L'employeur fait appel au conseiller en radioprotection (CRP) qu'il a désigné (voir § 2.4) pour mettre en place une « zone radon ». Le CRP pourra intervenir directement ou faire appel à un prestataire ayant une compétence en métrologie du radon, et surtout, disposant des appareils de mesure adaptés au type de lieu de travail.

Les prestataires pouvant intervenir sur la délimitation par mesurage d'une « zone radon » sont certains organismes compétents en radioprotection (OCR), l'IRSN, les organismes agréés par l'ASN pour le mesurage du radon de niveau 2 (OA Rn Nv2) ou les organismes accrédités pour la vérification initiale d'une zone radon (OVA Rn). Ces deux derniers ne pourront pas réaliser la vérification initiale, s'ils ont contribué à délimiter la « zone radon » pour le compte de l'employeur.

Dans certaines situations, il peut s'avérer plus pratique pour un employeur, sur proposition de son CRP, de décider de considérer comme « zone radon », un ensemble de locaux, un niveau entier comme un sous-sol de bâtiment ou même l'ensemble d'un lieu de travail spécifique en milieu souterrain, sans forcément procéder à des mesurages complémentaires. Cette décision aura pour inconvénient l'application des dispositions du système renforcé sur une plus grande zone mais cela peut être relatif en fonction de sa fréquentation.

### 2.3.3 Surveillance des lieux dépassant le niveau de référence sans être une « zone radon »

Après la conversion de la concentration en radon (Bq/m<sup>3</sup>) en dose efficace (mSv/an), il peut s'avérer qu'il n'est pas nécessaire de mettre en place de « zone radon ». En effet, quand le niveau de référence n'est que très légèrement dépassé et en fonction du facteur d'équilibre, le calcul de la dose efficace peut rester inférieur à 6 mSv/an sur un temps plein d'occupation de 2 000 h de travail.

Dans ce cas, l'employeur met en place une surveillance radiologique d'ambiance pour vérifier que le niveau de radon n'évolue pas à la hausse dans les années suivantes. L'employeur n'a pas à mettre en place un système renforcé pour la protection des travailleurs dans cette situation.

Cette surveillance d'ambiance du radon peut s'effectuer à l'aide d'un appareil de mesure en continu permanent ou d'une campagne annuelle de mesurage sur quelques mois avec des détecteurs (DSTN) comme ceux utilisés pour le mesurage de l'évaluation des risques. Bien évidemment, tous travaux affectant l'étanchéité ou le système de ventilation du lieu de travail nécessitent la réalisation d'un nouveau mesurage du radon.

## 2.4 Système renforcé pour la protection des travailleurs

### 2.4.1 Mise en œuvre du système renforcé pour la protection des travailleurs

A partir du moment où l'employeur doit mettre en place une ou plusieurs « zones radon » sur son lieu de travail, il doit aussi mettre en place une organisation de la radioprotection (CT : R. 4451-111) et désigne un conseiller en radioprotection (CRP) (CT : R. 4451-112) pour l'aider dans la mise en œuvre et le suivi du système renforcé. Cette organisation est graduée en fonction de l'exposition des travailleurs qui vont entrer dans la zone radon pour y travailler régulièrement ou ponctuellement.

L'employeur **désigne** officiellement un conseiller en radioprotection (CRP) qui peut être soit :

- un salarié de l'entreprise ou un agent de l'établissement disposant d'un certificat à jour de formation de personne compétente en radioprotection (PCR) de niveau 1, secteur « rayonnements d'origine naturelle » ou de niveau 2, de préférence avec l'option « sources non scellées » ;
- un organisme compétent en radioprotection (OCR) disposant d'une certification incluant la gestion du risque radon ;
- un pôle de compétences en radioprotection pour les établissements comprenant au moins une installation nucléaire de base sur un même site.

*En pratique : la formation PCR niveau 1, secteur « rayonnements d'origine naturelle » (durée : 5 jours) est la plus pertinente pour les préventeurs n'ayant à gérer que le risque radon dans les risques liés aux rayonnements ionisants.*

---

A minima, ce dispositif de protection renforcé comprend :

- la désignation d'un conseiller en radioprotection (CRP) qui est la première action à réaliser pour l'employeur afin de pouvoir mettre en place les suivantes ;
- la délimitation et les conditions d'accès à une « zone radon » pour tout travailleur (autorisation d'accès), conditionnée par la réalisation de l'évaluation individuelle de l'exposition ;
- une information ou formation appropriée à chaque travailleur accédant à une zone radon (CT R. 4451-58), portant sur le risque lié au radon, les conditions d'accès aux « zones radon », les effets de synergie entre radon et tabac, les mesures de protection, l'utilisation des appareils de surveillance... ;
- une vérification initiale de la « zone radon » par un organisme accrédité ou agréé par l'ASN (CT R. 4451-44) à la suite de sa mise en place afin de s'assurer que la ou les zones couvrent bien tous les locaux potentiellement concernés, puis des vérifications périodiques (CT R. 4451-45) par le CRP, ou sous sa supervision, de façon à surveiller l'évolution dans le temps du niveau de radon ;
- une évaluation individuelle (CT R. 4451-53) de l'exposition au radon pour tout travailleur accédant en « zone radon » ; cette évaluation consiste à calculer la dose efficace exclusivement liée au radon que le travailleur est susceptible de recevoir, dans le cadre de l'exercice de son activité professionnelle, dans l'ensemble des zones radon où le travailleur est susceptible d'intervenir sur les douze mois consécutifs à venir.

## 2.4.2 Modalités de délimitation et de vérifications des « zones radon »

### → Comment procéder à la délimitation d'une « zone radon » ?

Il est nécessaire de signaler les lieux ou locaux dans lesquels les résultats de l'évaluation du risque ont mis en évidence un risque de dépassement de 6 mSv/an pour une occupation à temps plein (sans possibilité de réduire l'exposition par des mesures de protection).

Dans un premier temps, il est nécessaire de vérifier les concentrations en radon dans tous les locaux attenants à ceux déjà mesurés pour connaître de manière exhaustive l'étendue de la zone. Pour cela, il est recommandé de procéder à des mesurages complémentaires du radon à l'aide de dispositifs de mesure donnant des résultats pouvant être interprétés rapidement.

Toutes les techniques de mesure du radon (intégrée, ponctuelle, en continu) peuvent être employées en respectant leur norme d'utilisation (voir liste des normes en annexe 3). Néanmoins, il est vivement recommandé d'utiliser des appareils de mesure en continu pour ces mesurages complémentaires afin de tenir compte des variations du radon en fonction de certains paramètres (température, pression, marche/arrêt d'un système de ventilation...) et d'obtenir la valeur d'exposition la plus représentatives possibles. Ces mesures en continu sont réalisées sur un à deux jours dans des conditions permettant de connaître le niveau maximum de radon présent dans les locaux concernés (fermeture des ouvrants, attente de l'équilibre entre le radon et ses descendants, cycle jour/nuit, atteinte du niveau maximal en radon (palier)...). En effet, cette information permet d'estimer au mieux la dose efficace sur 2 000 h, à comparer au 6 mSv/an, en tenant compte des périodes de présence effective des travailleurs (en général en journée, pas la nuit), tout en prenant une marge de sécurité.

Au cours de ces mesurages complémentaires, il peut s'avérer utile, compte tenu des paramètres observés (empoussièrement, absence de ventilation, milieu souterrain...), de mesurer le facteur d'équilibre (F) réel, et de le comparer au facteur par défaut, pris égal à 0,4 dans les bâtiments ayant un système de ventilation fonctionnel ( $C_0$  étant la concentration du radon dans l'air, et  $C_1$ ,  $C_2$  et  $C_3$  celles de ses 3 descendants (respectivement polonium 218, plomb 214 et bismuth 214), le facteur d'équilibre  $F$  s'écrit :  $F = (0,105 \times C_1 + 0,516 \times C_2 + 0,379 \times C_3) / C_0$ ). S'il y a une différence significative ( $\pm 0,2$ ) entre le facteur d'équilibre réel et celui fixé par défaut, il est nécessaire d'en tenir compte pour le calcul de la dose efficace. Dans les lieux spécifiques de travail en milieu souterrain, il est souvent nécessaire de connaître le facteur d'équilibre réel car il varie fortement d'une situation à l'autre.

**Repère** : l'outil de calcul de la dose radon disponible sur le site internet de l'INRS prend déjà en compte des facteurs d'équilibre différents selon les situations les plus souvent rencontrées.

Si, grâce aux mesurages complémentaires, la dose efficace estimée pour une occupation à temps plein (2 000 h) dépasse 6 mSv/an, il doit être appliqué une signalisation spécifique sur les locaux concernés dans leur globalité. En effet, une « zone radon » ne peut pas se limiter à la moitié d'un local puisqu'elle est basée sur une activité volumique moyenne de radon dans l'air ambiant du local. Par conséquent, la signalisation est apposée, sur la ou les portes d'accès au lieu ou au local. Toutefois, il peut parfois s'avérer utile, par souci de simplification, de considérer tout un ensemble de locaux comme zone radon même si l'exposition théorique dans certains d'entre eux ne dépasse pas la valeur de 6 mSv/an. Par exemple, cela peut concerner un sous-sol de bâtiment où les travailleurs ne descendent que ponctuellement dans quelques locaux techniques.

### → Quelle signalisation utiliser pour délimiter la « zone radon » ?

Aucune signalisation spécifique au risque radon n'a été définie au niveau européen. A défaut, c'est une signalisation respectant l'arrêté du 4 novembre 1993 relatif à la signalisation de sécurité et de santé au travail du risque radiologique qui s'applique. Néanmoins, afin d'éviter les incompréhensions avec une zone signalant un risque d'exposition à des sources de rayonnements ionisants artificielles, il est recommandé d'utiliser en complément le panneau d'avertissement et de signalisation de risque ou de danger radon ci-contre :

Il est aussi possible d'écrire « radon » en toute lettre plutôt que d'utiliser son symbole chimique « Rn » du tableau de Mendeleïev.



### → Qui procède aux vérifications réglementaires de la « zone radon » ?

Une fois que l'employeur, avec l'aide de son CRP, a délimité une ou plusieurs « zone(s) radon » sur le lieu de travail, il fait procéder à une **vérification initiale** (CT : R. 4451-44), par un organisme accrédité pour cette vérification (OVA Rn) ou par un organisme agréé par l'ASN pour le mesurage du radon de niveau 2 (OA Rn Nv2), répondant aux conditions de l'arrêté pris en application de l'article R. 4451-51 du code du travail. Elle a pour objectif de s'assurer que les « zones radon » ont été bien délimitées, en réalisant des mesures adaptées dans ces « zones radon » et dans les lieux de travail attenants.

Par la suite, l'employeur devra faire procéder à des **vérifications périodiques** par le CRP ou sous la supervision de celui-ci, selon des périodicités qui ne pourront pas dépasser celles maximales fixées dans l'arrêté pris en application de l'article R. 4451-51 du code du travail.

#### 2.4.3 Evaluation de l'exposition individuelle d'un travailleur entrant en « zone radon »

L'évaluation individuelle doit être réalisée pour tous les travailleurs accédant en zone radon, préalablement à leur affectation au poste de travail (CT : R. 4451-52). Cette évaluation a pour objectif de savoir si le travailleur doit être considéré comme « **exposé au risque** » (§ 2.4.4) et ainsi disposer d'une protection renforcée (dosimétrie individuelle, suivi médical, formation spécifique...). La dose efficace due uniquement au radon à prendre en compte dans cette évaluation est de 6 mSv/an (CT : R. 4451-54).

Pour évaluer cette exposition individuelle, il faut connaître le nombre d'heures approximatif que le travailleur va passer dans une ou plusieurs zones radon, la concentration en radon présente dans la ou les « zones radon » concernées et appliquer la formule de calcul de la dose efficace individuelle suivante :

$$E \text{ (mSv/an)} = C \text{ (Bq/m}^3\text{)} \times T \text{ (h/an)} \times CD \text{ (mSv par Bq.h.m}^{-3}\text{)}$$

Où *E* est la dose efficace, *C* la concentration en radon, *T* le temps de présence du travailleur dans la « zone radon » considérée et *CD* le coefficient de dose.

*Exemple : un travailleur partage son temps de travail annuel entre 3 locaux (A, B, C) dont deux (A et B) sont identifiés comme des « zones radon ». Le temps de travail et la concentration en radon sont pour le local A de 800 h.an<sup>-1</sup> et 1 050 Bq/m<sup>3</sup> et pour le local B de 400 h.an<sup>-1</sup> et 1 280 Bq/m<sup>3</sup>. En appliquant la formule :*

$$E = [1\ 050 \text{ (Bq/m}^3\text{)} \times 800 \text{ (h)} + 1\ 280 \text{ (Bq/m}^3\text{)} \times 400 \text{ (h)}] \times 3,11.10^{-6} \text{ (mSv/(Bq.h.m}^{-3}\text{))}$$

*La dose efficace prévisionnelle annuelle du travailleur en « zone radon » est donc égale à 4,2 mSv/an.*

Lorsqu'un travailleur est susceptible de recevoir une dose efficace due au radon supérieure à 6 mSv/an, l'employeur communique l'évaluation individuelle au médecin du travail (CT : R. 4451-54). Dans ce cas, le travailleur va bénéficier d'une surveillance dosimétrique individuelle (CT : R. 4451-64) et d'un suivi individuel renforcé de son état de santé (CT : R. 4451-82). En revanche, contrairement à un risque d'exposition lié à d'autres rayonnements ionisants, il n'y a pas de classement (CT : R. 4451-57) pour les « travailleurs exposés » uniquement au radon.

**Important** : si un travailleur est déjà exposé à un risque lié aux rayonnements ionisants (RI), disposant à ce titre d'un classement en catégorie A ou B, et qu'il est aussi exposé au radon, alors l'addition des doses (RI + radon) ne le fait pas changer de catégorie puisqu'il n'y a pas de classement pour les travailleurs exposés au radon (CT : R. 4451-64). Par contre, la VLEP de 20 mSv/an en dose efficace totale (RI + radon) doit être respectée.



#### 2.4.4 Dispositions particulières pour les travailleurs « exposés au radon »

Les travailleurs considérés comme « **exposés au radon** » sont ceux qui ont été autorisés à entrer dans les « zones radon » et dont l'évaluation individuelle de l'exposition au risque radon a établi qu'ils étaient susceptibles de recevoir une dose efficace d'au moins 6 mSv sur 12 mois consécutifs.

Ces travailleurs bénéficient d'une surveillance dosimétrique individuelle (CT : R. 4451-64) et d'un suivi individuel renforcé de leur état de santé (CT : R. 4451-82). Au préalable, il est nécessaire qu'ils reçoivent une formation, et non pas juste une information, relative au risque lié au radon, aux mesures de protections associées, aux modalités de surveillance dosimétrique... au titre des dispositions générales de l'article R. 4141-1 et des dispositions renforcées de l'article R. 4451-58 du code du travail. Celle-ci devra être renouvelée au moins tous les 3 ans.

##### → Comment choisir la dosimétrie pour le suivi des travailleurs ?

La surveillance dosimétrique individuelle est obligatoire (CT : R. 4451-64) pour tout travailleur dont la dose efficace due au radon est susceptible de dépasser 6 mSv sur 12 mois consécutifs. Elle a pour objectif de s'assurer du respect de la VLEP de 20 mSv/an en dose efficace. Elle est réalisée au moyen de dosimètres à lecture différée adaptés à la mesure du radon (CT : R. 4451-65). La fourniture des dosimètres et leur exploitation sont assurées par un organisme de dosimétrie accrédité (voir liste sur le site Internet du Cofrac).

Les modalités de surveillance dosimétrique de l'exposition au radon sont définies à l'annexe IV de l'arrêté du 26 juin 2019 relatif à la surveillance individuelle de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants. Cet arrêté prévoit trois approches de surveillance possibles, selon les conditions ambiantes d'exposition :

1. Utilisation d'un détecteur radon du même type que celui utilisé pour le mesurage dans le cadre de l'évaluation du risque (DSTN : détecteur solide de traces nucléaires) comme « **dosimètre d'ambiance radon gaz** ». Il est placé au poste de travail de façon à permettre une mesure représentative du risque d'inhalation des travailleurs concernés. La durée de mesure recommandée est de 3 mois.
2. Utilisation d'un détecteur radon du même type que celui utilisé pour le mesurage dans le cadre de l'évaluation du risque (DSTN) comme « **dosimètre individuel radon gaz** ». Il est porté au niveau de la poitrine de façon à permettre une mesure représentative du risque d'inhalation du travailleur. La période de port recommandée est de 3 mois.

**Attention :** cette technique n'est pas disponible en France à la date d'édition de ce guide.

3. Utilisation d'un détecteur radon fournissant une mesure intégrée de l'énergie alpha potentielle (EAP) des descendants du radon comme « **dosimètre individuel EAP** » actif. Il utilise aussi un DSTN mais avec un système actif (pompe pour débit respiratoire). La période de port recommandée est de 1 à 3 mois selon le niveau de radon et les conditions de travail.



Figure 7 - Exemple d'un dosimètre individuel EAP (Source Algade)

Le choix entre ces 3 techniques est déterminé par les réponses à deux questions :

##### → Le facteur d'équilibre entre le radon et ses descendants à vie courte est-il constant ?

Le « facteur d'équilibre » dépend notamment des conditions de ventilation et d'empoussièrement. Si celles-ci sont relativement stables, ce qui est généralement le cas dans des lieux de travail de type bureaux, la mesure intégrée du radon gaz à l'aide d'un « dosimètre d'ambiance » ou d'un « dosimètre individuel » est alors adaptée. Dans le cas contraire, par exemple dans une mine souterraine ventilée, la mesure intégrée de l'énergie alpha potentielle des descendants du radon (dosimètre individuel EAP) est requise.

→ Une mesure à l'aide d'un « dosimètre d'ambiance » peut-elle être représentative de l'exposition du travailleur ?

Une mesure d'ambiance est représentative de l'exposition du travailleur si la concentration au point de mesure est en permanence identique à celle à l'endroit où se trouve le travailleur. Cela peut être le cas dans des lieux où le travailleur est relativement statique. Au contraire, lorsque le travailleur occupe un poste de travail situé à différents endroits ou lorsque l'activité volumique de radon sur le lieu de travail varie dans l'espace, le port du dosimètre individuel est requis. Par ailleurs, cette approche aura généralement tendance à maximiser la dose puisque la majorité de ces postes de travail s'exerce de jour (or c'est souvent la nuit où le radon a tendance à s'accumuler).

Le tableau ci-dessous résume les techniques recommandées en fonction de différents lieux de travail :

Lieu de travail :	Bâtiment	Cavité souterraine Ventilation mécanique	Cavité souterraine Aération naturelle
Dosimètre d'ambiance (radon gaz)	✓	/	/
Dosimètre individuel (radon gaz)	(✓) <sup>1</sup>	/	✓
Dosimètre individuel (EAP)	(✓)	✓	(✓)

✓ : Technique préconisée (✓) : Autre technique possible / : Technique non adaptée

<sup>1</sup> Technique préconisée si le travailleur est présent dans différentes zones radon  
(EAP) = énergie alpha potentielle volumique des descendants du radon

Dans certaines conditions de travail particulières, notamment en milieu souterrain ou dans le cadre de chantiers dans lesquels les durées de travail sont ponctuelles ou irrégulières dans des lieux avec de fortes variations de la concentration en radon, il est conseillé d'utiliser des détecteurs électroniques à lecture directe (appareils de mesure en continu du radon, utilisés comme des dosimètres opérationnels) ou des appareils de mesure en continu du radon utilisés en ambiance.

C'est au conseiller en radioprotection (CRP) de donner son avis à l'employeur pour le choix de la dosimétrie à mettre en œuvre pour les travailleurs.

Les doses efficaces résultant de la surveillance dosimétrique individuelle des travailleurs exposés au radon sont transmises au système d'information et de surveillance de l'exposition aux rayonnements ionisants (SISERI) géré par l'IRSN (CT : R. 4451-66).

**Rappel :** il est important de rappeler qu'il faut aussi s'assurer que l'exposition des travailleurs, entrant en « zone radon » mais ne faisant pas l'objet d'une surveillance dosimétrique individuelle, reste inférieure à 6 mSv/an (CT : R. 4451-64). Quand les conditions le permettent, la solution par dosimètre d'ambiance permet de répondre aux deux exigences dans les lieux à postes fixes et réguliers de travail. Dans les autres cas, la meilleure solution est la mise en place d'un appareil de mesure en continu du radon.

→ Une protection respiratoire contre le radon est-elle utile ou efficace ?

Le radon est un gaz, il se désintègre dans l'atmosphère en donnant des descendants sous forme particulière, fixés ou non sur les aérosols ambiants. Ce sont les descendants qui sont à l'origine du risque (le radon ne contribue que pour moins de 5 % à la dose efficace). Un masque de protection des voies respiratoires comportant un média filtrant de haute efficacité permet de réduire efficacement l'exposition au radon. Il est recommandé d'utiliser un appareil équipé d'un filtre de classe P3 afin d'assurer une protection efficace (masque FFP3).

Le port d'un masque respiratoire impose une contrainte physiologique au porteur et parfois psychologique. Il ne peut donc être envisagé que sur de courtes durées et dans des situations particulières, lorsque les mesures de protection collective n'ont pas permis d'atteindre un niveau de protection suffisant comme dans le cas où des actions de ventilation s'avèreraient insuffisantes ou même impossibles et que le niveau de radon serait très élevé.

**Repère :** la dose efficace associée à une exposition à 10 000 Bq/m<sup>3</sup> pendant 1 heure est d'environ 30 µSv pour un facteur d'équilibre F standard de l'ordre de 0,4.

Le port du masque sera plus particulièrement recommandé dans une atmosphère empoussiérée (F > 0,5).

*L'avis du médecin du travail est nécessaire avant tout port de masque respiratoire, même sur de courtes durées.*

---

Le médecin du travail recommande, le cas échéant, la durée maximale pendant laquelle un masque peut être porté de manière ininterrompue (CT : R. 4451-56). Une procédure précisant les conditions dans lesquelles le port du masque respiratoire est prévu doit alors être établie par l'employeur (en pratique, le conseiller en radioprotection) avec l'appui du médecin du travail (CT : R. 4323-97). Cette procédure doit définir le niveau de concentration en radon au-delà duquel ce port du masque est requis, tenant compte de la durée de travail considérée à cette concentration et de la dose efficace associée.

→ **Comment prendre en compte les « travailleurs sensibles » face au risque radon ?**

**Exposition des femmes enceintes** : en cas de grossesse, l'exposition de l'enfant à naître (considérée pendant le temps qui s'écoule entre la déclaration de la grossesse et le moment de l'accouchement) doit être maintenue à un niveau aussi faible que raisonnablement possible et dans tous les cas, réglementairement en dessous de 1 mSv (CT : R. 4451-7). En pratique, l'exposition du fœtus est beaucoup plus faible que celle de la femme enceinte.

**Repère** : la dose efficace de 1 mSv pour l'enfant à naître est atteinte dans le cas d'une travailleuse qui serait exposée durant toute sa grossesse à environ 8 000 Bq/m<sup>3</sup> avec un facteur d'équilibre F standard d'environ 0,4. Cette situation est réglementairement impossible puisque cette concentration en radon conduirait à une dose efficace de plus de 20 mSv/an pour la femme enceinte.

**Exposition des femmes allaitant** : l'article D. 4152-7 du code du travail interdit d'affecter ou de maintenir une femme allaitant à un poste de travail comportant un risque d'exposition interne ce qui est le cas pour les « zones radon » même s'il n'y a, *a priori*, pas de risque lié à l'allaitement puisque l'organe cible pour une exposition au radon est le poumon.

**Exposition des jeunes travailleurs** : l'exposition des jeunes âgés de quinze ans au moins et de moins de dix-huit ans ne doit pas dépasser 6 mSv sur douze mois consécutifs (CT : R. 4451-8). En pratique, ces jeunes travailleurs ne doivent donc pas occuper un poste de travail permanent en « zone radon ».

→ **Comment mettre en place le suivi individuel renforcé (SIR) de l'état de santé du travailleur ?**

Le médecin du travail devant mettre en place un suivi individuel renforcé (SIR) pour un travailleur « exposé au radon » (travailleur susceptible de dépasser 6 mSv/an) doit, au préalable, avoir obtenu communication de certaines informations par l'employeur :

- les résultats de l'évaluation des risques et des mesurages, et leur mise à jour (CT : R. 4451-17) ;
- les coordonnées de son conseiller en radioprotection (CRP) ;
- les mesures de protection collective qu'il envisage de mettre en œuvre ;
- le résultat de l'évaluation individuelle de l'exposition pour chaque travailleur concerné (CT : R. 4451-54) ;
- les équipements de protection individuelle éventuellement envisagés ou mis à disposition des travailleurs (CT : R. 4451-56) ;
- les modalités techniques envisagées concernant la surveillance de la dosimétrie individuelle.

Un échange d'informations entre l'employeur et le médecin du travail doit être réalisé en vue de la mise en place du circuit d'échange avec SISERI sur les résultats de cette surveillance dosimétrique.

Sur la base de ces informations, le médecin du travail met en place un SIR qui comprend :

- la constitution d'un dossier médical spécial qui sera conservé jusqu'au moment où le travailleur atteint l'âge de 75 ans et, en tout état de cause, pendant au moins 50 ans après la fin de la période d'exposition ;
- un examen médical d'aptitude, renouvelé au maximum tous les 4 ans, donnant lieu à un avis d'aptitude conforme à l'annexe 2 de l'arrêté du 16 octobre 2017<sup>6</sup> ;
- un entretien intermédiaire effectué par un professionnel de santé, au plus tard 2 ans après l'examen médical d'aptitude, donnant lieu à l'émission d'une attestation de suivi conforme à l'annexe 1 de l'arrêté du 16 octobre 2017.

---

<sup>6</sup> Arrêté du 16 octobre 2017 fixant le modèle d'avis d'aptitude, d'avis d'inaptitude, d'attestation de suivi individuel de l'état de santé et de proposition de mesures d'aménagement de poste.

Les professionnels de santé seront particulièrement attentifs à repérer les situations de risque augmenté, notamment par cumul et potentialisation des effets cancérogènes du radon :

- existence d'autres facteurs personnels (tabagisme, exposition au radon dans l'habitat...);
- existence d'autres expositions professionnelles concomitantes (poussières, produits chimiques...);
- existence d'antécédents médicaux ;

et à délivrer aux travailleurs une information adaptée (sevrage tabagique à conseiller notamment).

Concernant les femmes en âge de procréer, une information spécifique leur sera délivrée, comme pour tout risque lié aux rayonnements ionisants. Cependant, le risque radon est principalement centré sur le caractère cancérogène au niveau pulmonaire. Les doses délivrées au fœtus sont extrêmement minimales, et le discours doit, par conséquent, être rassurant vis-à-vis de la grossesse. L'attention des intéressées doit cependant être attirée sur le fait que réglementairement (CT : R. 4152-7), les femmes allaitantes ne doivent pas être exposées à un risque de contamination interne, et donc doivent être exclues de tout accès aux « zones radon ».

Dans le cadre d'un SIR uniquement lié à l'exposition au radon, sans exposition interne à d'autres radionucléides, la prescription d'examens anthroporadiométriques ou d'analyses radiotoxicologiques n'est pas indiquée. La numération de la formule sanguine (NFS) n'a pas d'intérêt non plus.

En cas d'incident ou de situation exceptionnelle menant à une exposition du travailleur à une très forte concentration en radon ( $> 10\,000\text{ Bq/m}^3$ ), il est nécessaire de contacter l'IRSN qui indiquera la procédure à suivre et notamment, si un examen anthroporadiométrique est souhaitable dans ce cas.

Le suivi médical devra suivre les recommandations de bonnes pratiques. A l'heure actuelle, aucune recommandation spécifique au radon n'a été émise, mais il existe une recommandation au label INCa-HAS intitulée « *surveillance médico-professionnelle des travailleurs exposés ou ayant été exposés à des agents cancérogènes pulmonaires* », publiée en octobre 2015, dont le médecin du travail pourra s'inspirer.

**Repère :** dans tous les cas, il est souhaitable d'inciter un travailleur fumeur à arrêter de fumer puisque les études épidémiologiques montrent que ce sont les fumeurs qui sont majoritairement concernés par le cancer du poumon (excès de risque de cancer pulmonaire multiplié par un facteur 20 environ par rapport aux non-fumeurs).

# Conclusion

La prévention du risque radon en milieu professionnel peut être appréhendée de manière simple et efficace dans le cadre de la démarche générale de prévention des risques professionnels. Dans le cas où des résultats de mesurage du radon dépassent le niveau de référence (NR), l'employeur met en œuvre des mesures de réduction du risque afin d'assurer la sécurité et protéger la santé physique et mentale des travailleurs (CT : L. 4121-1). Il faut faire le nécessaire pour ne pas être assujéti au dispositif renforcé, beaucoup plus contraignant ; ce qui est possible dans plus de 95 % des cas de dépassement du NR pour des lieux de travail situés dans des bâtiments.

Outre la prévention de ce risque dans les lieux de travail existants, il est nécessaire de prendre en compte ce risque en amont de la construction, de l'acquisition ou de la location d'un futur lieu de travail. En effet, la prévention de ce risque est d'autant plus efficace qu'elle est prise en compte dès la construction de nouveaux lieux ou locaux de travail. C'est d'ailleurs, depuis 2018, un nouveau paramètre à prendre en compte pour les maîtres d'ouvrage entreprenant la construction ou l'aménagement de bâtiments destinés à recevoir des travailleurs afin de protéger leur santé et sécurité, en application de l'article L. 4211-1 du code du travail. Pour cela, les techniques de prévention à mettre en place à la construction existent et sont bien moins coûteuses que les techniques à mettre en place dans des lieux de travail déjà existants (un facteur 10 en moyenne). Sans avoir à construire un lieu de travail sur pilotis où la limitation de l'entrée du radon est certaine (cf. exemple ci-dessous), il suffit, dans la plupart des cas, de mettre en place, dans le respect des règles constructives, une bonne étanchéité du lieu de travail avec le sol sous-jacent et de dimensionner le système de ventilation afin d'obtenir une bonne qualité de l'air intérieur.



*Campus des métiers de Brest © cyberarchi.com*



*Zone industrielle d'Épône © Figaro Immobilier*



*AIST 87 - construction HQE © Sébastien Rogala*

**Figure 8 - Exemples de lieux de travail à faible concentration en radon (Source Algade)**



# Annexes

## Annexe 1 : protocole de mesurage du radon dans le cadre de l'évaluation du risque

L'objectif du mesurage dans le cadre de l'évaluation du risque est de vérifier qu'il n'y a pas de dépassement du niveau de référence (NR : 300 Bq/m<sup>3</sup>). Le protocole doit pour cela être adapté de manière à couvrir à la fois les locaux fréquentés régulièrement par les travailleurs mais aussi ceux fréquentés plus ponctuellement, en particulier par des travailleurs d'entreprises extérieures pouvant effectuer des opérations de maintenance ou d'entretien. Par ailleurs, une attention particulière doit être portée aux « locaux spécifiques à radon ». Ces locaux vont permettre l'accumulation du radon et par conséquent, les concentrations en radon y sont plus élevées à cause de leur configuration (confinement, dépression, présence de terre battue, passage de canalisations ou câbles en provenance du sol...) ou de l'activité professionnelle s'y déroulant (présence de machines modifiant significativement la pression, la température ou la ventilation...).

Le mesurage du radon s'effectue à l'aide de détecteurs solides de traces nucléaires (DSTN). Leur prix est de quelques dizaines d'euros, analyse comprise. Ces détecteurs doivent être analysés par des laboratoires accrédités (voir liste sur le site de l'IRSN ou de l'INRS). Les DSTN ne sont pas des appareils électroniques. La mesure se fonde exclusivement sur le comptage des traces laissées par la désintégration du radon sur le « film » présent dans le détecteur. Ils sont dit « passifs ». Il s'agit d'une mesure intégrée du radon devant répondre à la norme de mesurage de la radioactivité dans l'environnement - Air : radon 222 - Partie 4 : méthode de mesure intégrée pour la détermination de l'activité volumique moyenne du radon avec un prélèvement passif et une analyse en différé (voir annexe 3).

Dans les pages suivantes, les annexes 1A et 1B permettent de distinguer les particularités applicables pour un lieu de travail dans un bâtiment (1A) ou dans une cavité ou ouvrage souterrain (1B).



# 1A – Mesurage du radon dans un lieu de travail situé dans un bâtiment

## I - Durée et période de mesurage

La durée du mesurage est de deux à trois mois pendant une présence effective de travailleurs, qu'elle soit régulière ou ponctuelle suivant les locaux mesurés. Il est nécessaire de réaliser ce mesurage pendant la période hivernale ou de chauffage afin de plutôt maximiser le niveau de radon.

Les conditions de travail et l'activité professionnelle sont à prendre en compte : elles peuvent conduire à modifier la durée ou la période de mesurage.

## II – Protocole de mesurage

Dans un lieu de travail situé dans un bâtiment du secteur tertiaire, le DSTN « ouvert » peut être utilisé facilement. Néanmoins, s'il y a présence de locaux de travail à atmosphère empoussiérée ou avec beaucoup d'humidité, c'est le DSTN « fermé » qui est recommandé. Dans tous les cas, il convient d'utiliser le même type de détecteur pour l'ensemble des mesures effectuées dans un même lieu de travail.

Les éléments suivants sont à prendre en compte pour le nombre et l'emplacement des détecteurs dans les locaux du lieu de travail :

1. en présence d'un seul grand local dans le lieu de travail, il est nécessaire de placer les détecteurs à proximité des postes de travail les plus représentatifs ;
2. en présence d'un sous-sol dans le lieu de travail où des travailleurs peuvent se rendre, même occasionnellement, des mesurages sont à réaliser (c'est en général dans les sous-sols où s'accumule le plus de radon) ;
3. en absence de sous-sol, les mesurages sont à réaliser au rez-de-chaussée du lieu de travail dans des locaux représentatifs de postes de travail réguliers mais aussi dans des locaux où la présence de travailleurs est plus occasionnelle, en particulier les « locaux spécifiques à radon » (plus confinés, mal ventilés...);
4. dans certains cas, il peut être suggéré de réaliser quelques mesurages à l'étage en présence de locaux pouvant drainer le radon des étages inférieurs du fait d'une activité professionnelle particulière (dépression importante ou chaleur accrue) ou de gaines techniques en grand nombre provenant des étages inférieurs.

Le nombre de détecteurs à implanter dépend de la superficie du lieu de travail, du type et des similitudes des locaux présents ainsi que des conditions de travail (*voir tableau 1A ci-après*).

Lors de la pose des détecteurs, il est recommandé :

- de placer les détecteurs entre 1 m et 2 m du sol, en laissant un espace libre autour d'eux de façon à ce que la mesure soit représentative de l'atmosphère du local ;
- de veiller à ce que le détecteur demeure éloigné de toute source de chaleur, de zones de passage, d'une bouche de ventilation, d'ouvrants et de tout risque d'aspersion d'eau ;
- d'informer les personnes travaillant dans les locaux (y compris le personnel d'entretien) de la présence des détecteurs afin d'éviter tout dommage ou déplacement pendant la durée d'exposition.

Le détecteur doit être mis en position de mesurage (ON, ouverture...) au moment de la pose (se référer à la notice d'utilisation fournie avec les détecteurs) et ne doit plus changer de position pendant toute la durée du mesurage.

Une fois la pose effectuée, il convient d'établir un plan d'implantation des détecteurs avec leur numéro (*voir exemple en annexe 2*). Il est aussi souhaitable de prendre des photographies pour bien identifier leurs emplacements.

**Tableau 1A** : recommandations pour le nombre de détecteur en fonction de la surface.

Superficie au sol <sup>7</sup> du lieu de travail	Estimation du nombre de détecteurs	Exemples de lieux de travail
Inférieure à 200 m <sup>2</sup> Plusieurs locaux de travail	Au moins 2, mais en général entre 3 à 5 suivant le nombre et le type de locaux.	Bureaux, cabinets dentaires ou de radiologie...
Inférieure à 200 m <sup>2</sup> Un seul grand espace de travail	Au moins 2 à placer au plus proche de postes de travail.	Magasins, commerces...
Entre 200 et 1000 m <sup>2</sup> Plusieurs locaux de travail	Au moins 1 par ensemble de locaux contigus ayant des caractéristiques de température, ventilation, nature du sol et interface sol-bâtiment similaires et, au moins 1 dans un « local spécifique à radon » <sup>8</sup> s'il en existe. Pour les grands locaux de plus de 200 m <sup>2</sup> , au moins 1 par unité de surface de 200 m <sup>2</sup> à placer au plus proche d'un poste de travail.	Ateliers, banques, hôtels, bâtiments publics...
Entre 200 et 1000 m <sup>2</sup> Un seul grand espace de travail	Au moins 1 par unité de surface de 200 m <sup>2</sup> à placer au plus proche d'un poste de travail.	Bureaux en plateaux ouverts ( <i>open-space</i> ), supermarchés, entrepôts, usines...
Supérieure à 1000 m <sup>2</sup> Plusieurs locaux de travail	Au moins 1 par ensemble de locaux contigus ayant des caractéristiques de température, ventilation, nature du sol et interface sol-bâtiment similaires et, au moins 1 dans un « local spécifiques à radon », s'il en existe. Pour les grands locaux de plus de 400 m <sup>2</sup> , au moins 1 par unité de surface de 400 m <sup>2</sup> à placer au plus proche d'un poste de travail.	Hôpitaux, écoles, centres commerciaux, grands bâtiments...
Supérieure à 1000 m <sup>2</sup> Un seul grand espace de travail	Au moins 1 par unité de surface de 400 m <sup>2</sup> à placer au plus proche d'un poste de travail.	Grands entrepôts, grandes usines, parkings, hypermarchés...

### III – Envoi des détecteurs au laboratoire d'analyse en fin d'exposition

A la fin de la période de mesurage, les détecteurs doivent être mis en position d'arrêt de mesurage (OFF, fermeture...) et retournés au laboratoire pour analyse le plus rapidement possible (se référer à la notice d'utilisation fournie avec les détecteurs). Il est essentiel de bien préciser les dates de pose et de dépose de chaque détecteur sur le document retourné ainsi que de renseigner les éléments demandés par le laboratoire accrédité pour l'analyse des DSTN.

### IV - Exploitation des résultats et document de synthèse

Après traitement des détecteurs, le laboratoire retourne un rapport d'analyse avec les résultats associés à chaque détecteur.

Afin de conserver ces résultats, il convient de rédiger un document de synthèse des mesures effectuées (*cf. modèle type en annexe 2*). Il sera à insérer dans le document unique comme demandé à l'article R. 4451-16 du code du travail afin d'être consultable pendant une période d'au moins dix ans. Il contient un tableau récapitulatif des locaux dépistés avec le résultat de mesure en Bq/m<sup>3</sup> (activité volumique) correspondant, pouvant ainsi être comparé au niveau de référence (NR) fixé à 300 Bq/m<sup>3</sup>. Il n'est pas nécessaire de tenir compte de la valeur de l'incertitude (notée +/- dans les rapports d'analyse) pour comparer au NR, si la période de mesurage est supérieure à deux mois. Tout dépassement du NR doit être clairement mentionné.

<sup>7</sup> La surface au sol correspond à l'emprise au sol d'un bâtiment (RdC), et non à la surface totale du bâtiment, néanmoins, il faut aussi prendre en compte les sous-sols, s'il y en a, et parfois le 1er étage.

<sup>8</sup> Exemple de locaux spécifiques à radon : locaux techniques, informatiques, à archives, chaufferie...

## 1B – Mesurage du radon dans un lieu de travail spécifique en milieu souterrain

- **cavité souterraine** (grotte, mine, carrière, cavité agricole...)
- **ouvrage enterré ou semi-enterré** (barrage, bunker, métro, égout...)

*Si pour des employeurs, certaines étapes de ce protocole apparaissent complexes à mettre en œuvre, il est souhaitable de former le « préventeur » de l'entreprise / l'établissement en personne compétente en radioprotection (niveau 1 « radon » ou niveau 2 sources non scellées) ou de faire appel à un prestataire compétent pour la réalisation de ces mesurages (OA Rn de niveau 1B ou 2, OCR, OVA Rn, IRSN...).*

---

### I - Durée et période de mesurage

Il est recommandé de réaliser deux campagnes de mesurages du radon pour tenir compte des variations saisonnières de son activité volumique dans les cavités ou ouvrages souterrains : l'une dans une période représentative des conditions climatiques hivernales et l'autre dans une période représentative des conditions climatiques estivales, sauf si les conditions de travail ou l'activité professionnelle ne le permettent pas (activités saisonnières, activités de maintenance ou d'entretien...).

La durée du mesurage est d'au moins deux mois pendant une présence effective des travailleurs dans le lieu de travail spécifique en milieu souterrain, sauf si les conditions de travail ou l'activité professionnelle ne le permettent pas (chantier d'une durée d'un mois, activités de maintenance ou d'entretien courtes...).

### II – Protocole de mesurage

Dans le lieu de travail spécifique en milieu souterrain, il est recommandé d'utiliser un DSTN « fermé ». Si deux campagnes de mesurages sont réalisées (été et hiver), les détecteurs doivent être posés au même endroit. Il convient d'utiliser le même type de détecteur dans l'ensemble des mesures effectuées dans la cavité ou l'ouvrage et pour les deux campagnes de mesure.

Les éléments suivants sont à prendre en compte pour déterminer le nombre et l'emplacement des détecteurs dans un lieu de travail spécifique en milieu souterrain :

- Si la surface au sol du lieu de travail spécifique est inférieure à 200 m<sup>2</sup> ;
  - poser au moins 2 détecteurs au plus proche des postes de travail.
- Si elle est supérieure à 200 m<sup>2</sup>, identifier d'abord les volumes de travail dans lesquels sont similaires : la source potentielle de radon, l'interface avec le terrain encaissant, le degré d'échange avec l'atmosphère extérieure, le niveau de température et le régime de ventilation ou d'aération ;
  - poser au moins 1 détecteur par unité de surface de 200 m<sup>2</sup> par « volume de travail similaire » ou tous les 500 m linéaires si le lieu présente de grandes longueurs par rapport à la hauteur (tunnels, galeries, égouts...).

Les détecteurs doivent être positionnés préférentiellement à un emplacement où la présence de radon à des concentrations élevées est la plus susceptible de porter atteinte à la santé des travailleurs (le long du parcours effectué par un guide touristique ; représentatif de l'air respiré par les travailleurs...).

Lors de la pose des détecteurs, il est recommandé :

- de placer les détecteurs entre 1 m et 2 m du sol (si possible), en laissant un espace libre autour d'eux de façon à ce que la mesure soit représentative de l'atmosphère du volume de travail concerné ;
- de veiller à ce que le détecteur demeure éloigné de toute source de chaleur, de bouche de ventilation et de tout risque d'aspersion d'eau ;
- d'informer les personnes travaillant dans les locaux de la présence des détecteurs afin d'éviter tout dommage ou déplacement pendant la durée d'exposition.

Le détecteur doit être mis en position « ON (mesurage) » au moment de la pose (se référer à la notice d'utilisation fournie avec les détecteurs) et ne doit plus changer de position pendant toute la durée du mesurage.

Une fois la pose effectuée, il convient d'établir un plan d'implantation des détecteurs avec leur numéro (*voir exemple en annexe 2*). Il est aussi souhaitable de prendre des photos pour bien identifier leurs emplacements.

### III – Envoi des détecteurs au laboratoire d'analyse en fin d'exposition

A la fin de la période de mesurage, les détecteurs doivent être mis en position d'arrêt de mesurage (clapet OFF, fermeture du couvercle...) et retournés au laboratoire pour analyse le plus rapidement possible (se référer à la notice d'utilisation fournie avec les détecteurs). Il est essentiel de bien préciser les dates de pose et de dépose de chaque détecteur sur le document retourné ainsi que de renseigner les éléments demandés par le laboratoire accrédité pour l'analyse des DSTN.

### IV - Exploitation des résultats et document de synthèse

Après traitement des détecteurs, le laboratoire retourne un rapport d'analyse avec les résultats associés à chaque détecteur.

Afin de conserver ces résultats, il convient de rédiger un document de synthèse des mesures effectuées (*cf. modèle type en annexe 2*). Il sera à insérer dans le document unique comme demandé à l'article R. 4451-16 du code du travail afin d'être consultable pendant une période d'au moins dix ans. Il contient un tableau récapitulatif des locaux dépistés avec les résultats de mesure associés en Bq/m<sup>3</sup> (activité volumique) pouvant ainsi être comparables au niveau de référence (NR) fixé à 300 Bq/m<sup>3</sup>. Il n'est pas nécessaire de tenir compte de la valeur de l'incertitude (notée +/- dans les rapports d'analyse) pour comparer au NR, si la période de mesurage est supérieure à deux mois. Tout dépassement du NR doit être clairement mentionné.

#### Modalités particulières dans certains lieux de travail spécifiques

Dans certaines conditions de travail (travail ponctuel, postes de travail mobiles...) ou activités professionnelles (activités de maintenance et d'entretien de courtes durées, chantiers d'un mois...), il n'est pas nécessaire de réaliser ces mesurages d'ambiance sur le long terme afin de comparer les résultats avec la valeur en moyenne annuelle du niveau de référence.

En effet, certaines activités professionnelles en milieu souterrain sont de courte durée, dans des lieux peu fréquentés où souvent les niveaux de radon ne sont pas connus. En application des principes généraux de prévention, il est nécessaire de connaître à quoi est exposé le travailleur avant qu'il ne réalise une intervention. Dans ces situations, la technique par mesure intégrée du radon (DSTN) n'est pas adaptée car elle va prendre trop de temps et va surtout donner des résultats après l'exposition. D'autres techniques existent pour alerter et prévenir les travailleurs d'un risque d'exposition au radon.

Les deux techniques sont :

- **Pour un chantier souterrain de quelques jours à quelques mois** : l'utilisation d'appareils de mesure en continu du radon va permettre de suivre l'exposition des travailleurs, et si besoin, de prendre rapidement des mesures pour modifier le système de ventilation (si possible) pour maintenir la concentration du radon en dessous du NR.

- **Pour des interventions ponctuelles de maintenance ou d'entretien** : l'utilisation d'appareils électroniques à lecture directe (mesure en continue) permettant d'alerter les travailleurs quand la concentration dépasse un seuil prédéfini, leur demandant ainsi d'aérer ou de ventiler avant d'intervenir en prenant en compte le risque radon ou si ce n'est pas possible, de modifier les conditions de travail.

## Annexe 2 : exigences minimales pour le mesurage radon lors de l'évaluation des risques

### DOCUMENT DE SYNTHÈSE DU MESURAGE DU RADON

▪ Informations générales :

Cadre réglementaire	<i>Evaluation du risque radon (code du travail)</i>
Nom de l'entreprise ou de l'établissement	
Adresse	
Code postal et commune	
Dates de pose et de dépose des détecteurs	
Nom de la personne en charge du mesurage	

- Plan des locaux indiquant l'implantation des détecteurs avec leur numéro de référence :
- Référence du rapport d'analyse (*rapport d'essai à insérer dans le document*) du laboratoire accrédité XXXXXX (nom)
- Récapitulatif et exploitation des mesures

Nom du lieu	Niveau (étage)	Local dépisté	Descriptif des locaux (ventilation, chauffage, interface avec le sol...) ; (photographies souhaitables)	N° du détecteur	Activité volumique (Bq/m <sup>3</sup> )

Conclusion et suites à donner :

- Les activités volumiques en radon mesurées dans les locaux de ce lieu de travail sont toutes inférieures au niveau de référence de 300 Bq/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle.

*Nota : tant qu'il n'y a pas de modification importante du lieu de travail relative au système de ventilation ou à l'aménagement des locaux, il n'y a pas besoin d'effectuer un nouveau mesurage.*

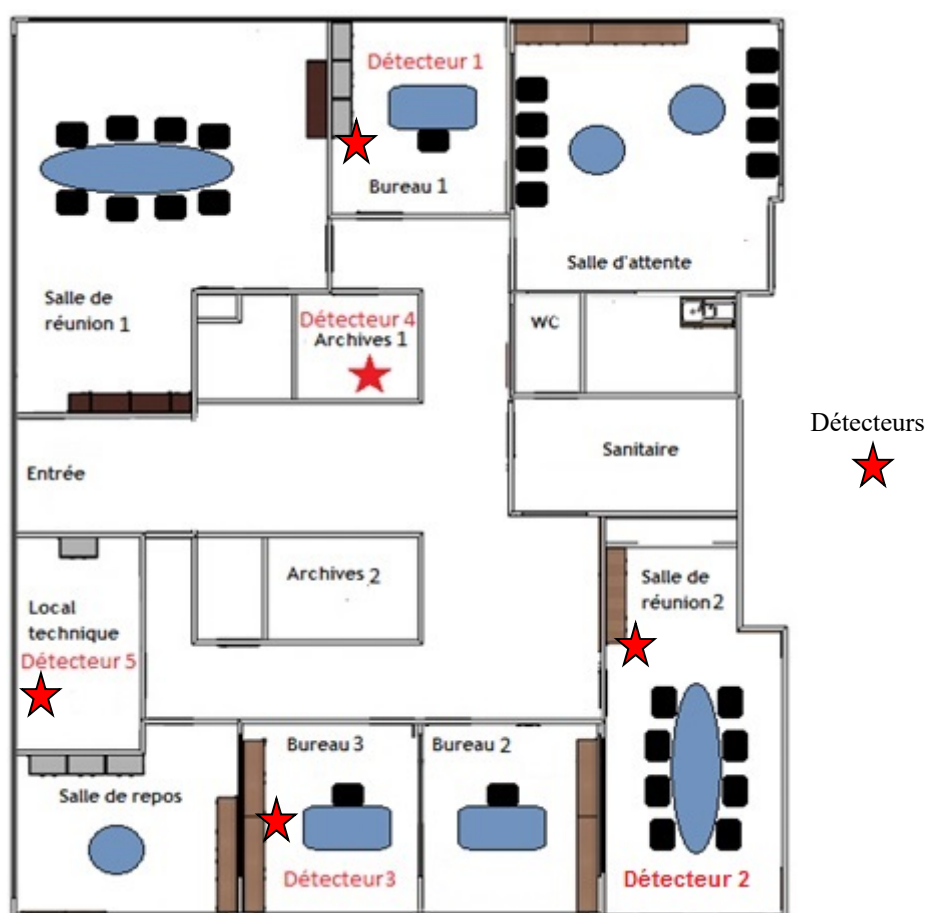
- Au moins une activité volumique en radon mesurée dans ce lieu de travail dépasse le niveau de référence de 300 Bq/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle. Il convient de mettre en œuvre les mesures de réduction du risque radon, dans les locaux concernés, en améliorant l'étanchéité notamment à l'interface sol-bâtiment et en augmentant le taux de renouvellement d'air dans les locaux, conformément à l'article R. 4451-18 du code du travail. S'il n'est pas possible de mettre en œuvre des mesures de réduction ou si elles restent inefficaces, il convient de poursuivre l'évaluation du risque pour mettre en place, le cas échéant, un dispositif renforcé pour la protection des travailleurs, avec l'aide d'un conseiller en radioprotection.

## Exemple 1 : DOCUMENT DE SYNTHÈSE pour un lieu de travail dans un bâtiment

### Informations générales

Cadre réglementaire	Evaluation du risque radon (code du travail)
Nom de l'établissement	Société X
Adresse (numéro, type et nom de voie)	12 rue de l'église
Code postal et commune	14100 Lisieux
Dates de pose et de dépose des détecteurs	15 novembre 2018 au 5 février 2019
Nom de la personne en charge du mesurage	M. Jean-Patrick Durant

### Plan des locaux indiquant l'implantation des détecteurs avec leur numéro de référence :



#### Descriptif à titre informatif (pouvant être inclus dans le document de synthèse)

Le lieu de travail représente moins de 200 m<sup>2</sup> et ne dispose que d'un seul niveau occupé par des travailleurs, ici le rez-de-chaussée.

En suivant le protocole de pose mentionné dans l'annexe 1, l'employeur fait le choix de poser 5 détecteurs : 3 dans des locaux occupés régulièrement par des travailleurs, à savoir les 2 bureaux et 1 salle de réunion, et 2 dans des locaux à présence ponctuelle, notamment par des travailleurs d'entreprise extérieure, plutôt peu ou pas ventilés, à savoir : les archives 1 et le local technique. En effet, un technicien en maintenance passe régulièrement dans le local technique, de même qu'un archiviste dans le local nommé « archives 1 ». L'employeur considère qu'avec ces 5 mesures, il aura un mesurage représentatif de son lieu de travail.

- **Référence du rapport d'analyse (rapport à joindre à la fiche) : rapport de mesure n° 2019-025 du 4 mars 2019 du laboratoire accrédité XXXXXX (nom)**
- **Récapitulatif et exploitation des mesures :**

Nom du lieu	Niveau (étage)	Local dépisté	Descriptif des locaux (ventilation, chauffage, interface avec le sol...)	N° du détecteur	Activité volumique (Bq/m <sup>3</sup> )
Société X dans bâtiment Y	REZ-DE-CHAUSSÉE	Bureau 1	Locaux avec chauffage, dallage béton au sol sur terre-plein, pas de climatisation, aération naturelle	1	<b>354</b>
		Salle de réunion 2		2	120
		Bureau 3		3	280
		Archives 1		4	210
		Local technique		5	250

- **Conclusion et suites à donner :**

**Les activités volumiques en radon mesurées dans les locaux de travail de ce lieu sont toutes inférieures au niveau de référence de 300 Bq/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle.**

*Nota : Tant qu'il n'y a pas de modification importante du lieu de travail relative au système de ventilation ou à l'aménagement des locaux, il n'y a pas besoin d'effectuer un nouveau mesurage radon.*

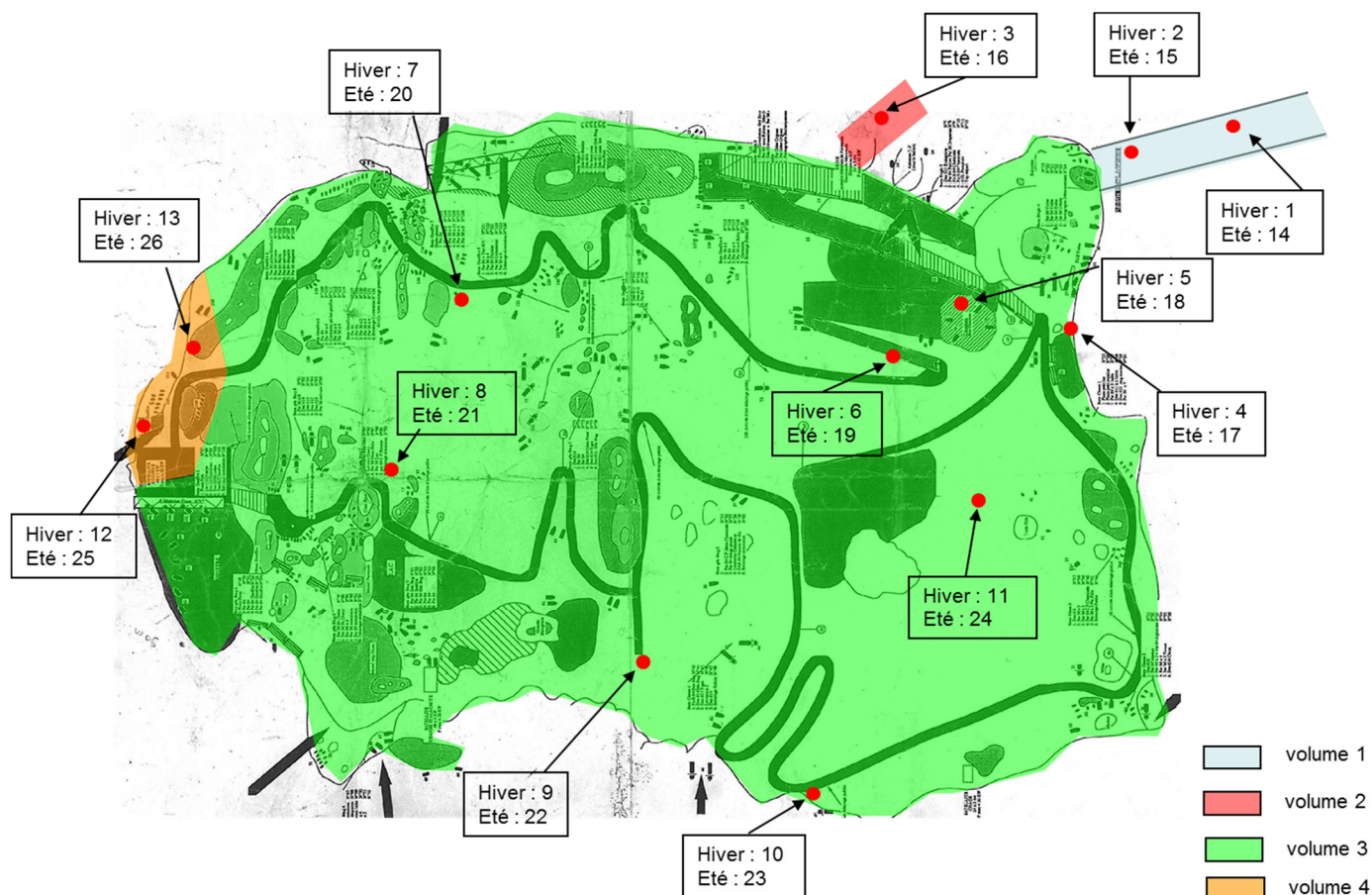
**Au moins une activité volumique en radon mesurée dans ce lieu de travail dépasse le niveau de référence de 300 Bq/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle.** Il convient de mettre en œuvre les mesures de réduction du risque radon, dans les locaux concernés, en améliorant l'étanchéité notamment à l'interface sol-bâtiment et en augmentant le taux de renouvellement d'air dans les locaux, conformément à l'article R. 4451-18 du code du travail. S'il n'est pas possible de mettre en œuvre des mesures de réduction ou si elles restent inefficaces, il convient de poursuivre l'évaluation du risque pour mettre en place, le cas échéant, un dispositif renforcé pour la protection des travailleurs, avec l'aide d'un conseiller en radioprotection.

## Exemple 2 : DOCUMENT DE SYNTHÈSE pour un lieu spécifique de travail dans une **cavité souterraine**

### Informations générales :

Cadre réglementaire	Evaluation du risque radon (code du travail)
Nom du lieu spécifique de travail	Cavité X
Adresse	12 rue de l'église
Code postal et commune	14100 Lisieux
Dates de pose et de dépose des détecteurs lors des deux campagnes de mesure	Campagne hiver : 15/11/2018 au 05/02/2019 Campagne été : 25/06/2019 au 30/09/2019
Nom de la personne en charge du mesurage	M. Jean-Patrick Durant

### Plan de la cavité indiquant l'implantation des détecteurs avec leur numéro :



### Descriptif à titre informatif (pouvant être inclus dans le document de synthèse)

Quatre volumes ont été identifiés dans cette cavité : un tunnel d'accès de 1 000 m linéaire (volume 1), un local technique de 10 m<sup>2</sup> (volume 2), une cavité principale de 1 500 m<sup>2</sup> (volume 3) et une zone particulière de 400 m<sup>2</sup> où de l'eau stagnante est présente (volume 4). Dans cet exemple, tous les volumes sont occupés par des travailleurs. Conformément au protocole de pose mentionné dans cette fiche, l'employeur décide de placer :

- 2 détecteurs dans le volume 1, ce qui correspond à 1 tous les 500 m linéaire ;
- 1 détecteur dans le volume 2, car la surface au sol est inférieure à 200 m<sup>2</sup> ;
- 8 détecteurs dans la cavité principale (volume 3) : 1 détecteur par unité de surface de 200 m<sup>2</sup>, placés de préférence uniformément sur la surface totale et le long du parcours de la visite ;
- 2 détecteurs dans la zone particulière (volume 4), ce qui correspond à 1 tous les 200 m<sup>2</sup>.



- **Référence du rapport d'analyse (rapport à joindre à la fiche) du laboratoire accrédité XXXXX (nom) :**
  - Campagne d'hiver : rapport de mesure n°2019-026 du 26 février 2019
  - Campagne d'été : rapport de mesure n°2019-058 du 5 octobre 2019
- **Récapitulatif et exploitation des mesures :**

<b>Volumes dépistés</b>	<b>Descriptif des volumes</b> <i>(source potentielle de radon, interface avec le terrain encaissant, degré d'échange avec l'atmosphère extérieure, niveau de température et régime de ventilation ou d'aération)</i>	<b>N° des détecteurs</b>	<b>Activité volumique (Bq/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Résultat par volume (Bq/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Moyenne annuelle (Bq/m<sup>3</sup>) pouvant être comparée au NR</b>
<i>Volume 1</i> Tunnel d'accès	Local avec dalle béton sur terre-plein en forte pente, aération naturelle, roche encaissante sur les murs, pas de fenêtres, pas de chauffage, présence d'un escalier.	Hiver : 1 2 Eté : 14 15	230 +/- 25 160 +/- 18  250 +/- 25 280 +/- 30	Hiver : 230 *  Eté : 265	<b>247</b>
<i>Volume 2</i> Local technique	Local sur dalle béton sur terre-plein, isolé de la cavité par une porte fermée, aucune aération ni ventilation, pas de fenêtres, chauffage 17°C.	Hiver : 3 Eté : 16	142 +/- 12 188 +/- 17	Hiver : 142 Eté : 188	<b>165</b>
<i>Volume 3</i> Cavité principale	Sur roche encaissante, nombreuses concrétions, aération naturelle par cheminée débouchant, température stable à 12°C.	Hiver : 4 5 6 7 8 9 10 11 Eté : 17 18 19 20 21 22 23 24	245 +/- 35 270 +/- 36 880 +/- 80 650 +/- 60 990 +/- 85 950 +/- 75 560 +/- 40 650 +/- 60  290 +/- 33 320 +/- 40 1020 +/- 90 980 +/- 85 1200 +/- 115 1350 +/- 120 860 +/- 75 790 +/- 60	Hiver : 990  Eté : 1350	<b>1 170</b>
<i>Volume 4</i> Zone particulière	Sur roche encaissante, aération naturelle par cheminée débouchant, température stable à 12°C, située en bordure du gouffre au point le plus bas de la cavité, présence d'eau stagnante.	Hiver : 12 13 Eté : 25 26	320 +/- 30 430 +/- 40  560 +/- 50 660 +/- 65	Hiver : 430  Eté : 610	<b>520</b>

\* Dans le tunnel d'accès, les résultats de mesure de la campagne hiver ne se recoupent pas en tenant compte des incertitudes. Il est donc nécessaire de retenir le résultat de la valeur la plus élevée, soit 230 Bq/m<sup>3</sup>. En revanche, les résultats de mesure dans le tunnel d'accès en été se recoupent en tenant compte des incertitudes : la valeur à considérer en été est donc la moyenne des deux résultats de mesures obtenues, soit 265 Bq/m<sup>3</sup>. Enfin, la moyenne entre la valeur de l'hiver (230) et celle de l'été (265) pour ce volume, est de 247 Bq/m<sup>3</sup>, ce qui correspond à l'activité volumique en radon « annuelle calculée » qui peut être enfin comparée au niveau de référence fixé à 300 Bq/m<sup>3</sup>.

La démarche est la même pour les autres volumes.

▪ **Conclusion et suites à donner :**

- Les activités volumiques en radon mesurées dans les volumes occupés de ce lieu de travail sont toutes inférieures au niveau de référence de 300 Bq/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle.**

*Nota : Tant qu'il n'y a pas de modification importante du lieu de travail notamment relative au système de ventilation ou à l'aménagement des locaux, il n'y a pas besoin d'effectuer un nouveau mesurage radon.*

- Au moins une activité volumique en radon mesurée dans ce lieu de travail dépasse le niveau de référence de 300 Bq/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle.** Il convient de mettre en œuvre les mesures de réduction du risque radon, dans les volumes concernés, en améliorant l'étanchéité notamment à l'interface sol-bâtiment et en augmentant le taux de renouvellement d'air dans les locaux, conformément à l'article R. 4451-18 du code du travail. S'il n'est pas possible de mettre en œuvre des mesures de réduction ou si elles restent inefficaces, il convient de poursuivre l'évaluation du risque pour mettre en place, le cas échéant, un dispositif renforcé pour la protection des travailleurs, avec l'aide d'un conseiller en radioprotection.

## Annexe 3 : liste des normes radon

*Les dates des normes ci-dessous correspondent à celles disponibles au moment de la publication du guide. Il faut tenir compte des mises à jour (version la plus récente).*

**NF EN ISO 11665-1** Octobre 2019 Mesurage de la radioactivité dans l'environnement - Air : radon 222 - Partie 1 : origine du radon et de ses descendants à vie courte et méthodes de mesure associées - Mesurage de la radioactivité dans l'environnement - Air : Radon 222 - Partie 1 : Origine du radon et de ses descendants à vie courte, et méthodes de mesure associées.

**NF EN ISO 11665-2** Octobre 2019 Mesurage de la radioactivité dans l'environnement - Air : radon 222 - Partie 2 : méthode de mesure intégrée pour la détermination de l'énergie alpha potentielle volumique moyenne de ses descendants à vie courte - Mesurage de la radioactivité dans l'environnement - Air: radon 222 - Partie 2 : Méthode de mesure intégrée pour la détermination de l'énergie alpha potentielle volumique moyenne de ses descendants à vie courte.

**NF EN ISO 11665-3** Janvier 2016 Mesurage de la radioactivité dans l'environnement - Air : radon 222 - Partie 3 : méthode de mesure ponctuelle de l'énergie alpha potentielle volumique de ses descendants à vie courte.

**NF ISO 11665-4** Octobre 2012 Mesurage de la radioactivité dans l'environnement - Air : radon 222 - Partie 4 : méthode de mesure intégrée pour la détermination de l'activité volumique moyenne du radon avec un prélèvement passif et une analyse en différé.

**NF EN ISO 11665-5** Janvier 2016 Mesurage de la radioactivité dans l'environnement - Air : radon 222 - Partie 5 : méthode de mesure en continu de l'activité volumique.

**NF EN ISO 11665-6** Janvier 2016 Mesurage de la radioactivité dans l'environnement - Air : radon 222 - Partie 6 : méthode de mesure ponctuelle de l'activité volumique.

**NF EN ISO 11665-7** Janvier 2016 Mesurage de la radioactivité dans l'environnement - Air : radon 222 - Partie 7 : méthode d'estimation du flux surfacique d'exhalation par la méthode d'accumulation.

**NF ISO 11665-8** Janvier 2013 Mesurage de la radioactivité dans l'environnement - Air : radon 222 - Partie 8 : méthodologies appliquées aux investigations initiales et complémentaires dans les bâtiments.

***Attention** : cette norme n'est pas adaptée pour un lieu de travail puisque ses prescriptions concernent des « bâtiments » dans leur ensemble et qu'elle ne prend pas en compte les conditions de travail, les locaux spécifiques et l'activité professionnelle.*

**NF M60-772** Juillet 2012 Énergie nucléaire - Mesure de la radioactivité dans l'environnement - Air - Le radon 222 dans les cavités et ouvrages souterrains : méthodologie appliquée au dépistage.

***Attention** : cette norme peut être appliquée à un lieu de travail spécifique dans une cavité ou ouvrage souterrain mais elle doit être adaptée aux conditions de travail et à l'activité professionnelle dans chaque situation.*

**NF X46-040** Février 2011 Traitement du radon dans les immeubles bâtis - Référentiel de diagnostic technique relatif à la présence de radon dans les immeubles bâtis - Mission et méthodologie.

***Attention** : cette norme peut être appliquée à un lieu de travail dans un bâtiment mais il est aussi nécessaire de prendre en compte les conditions de travail et l'activité professionnelle.*

## Annexe 4 : mesures de réduction : actions simples

### Actions simples pour réduire l'activité volumique du radon dans un bâtiment

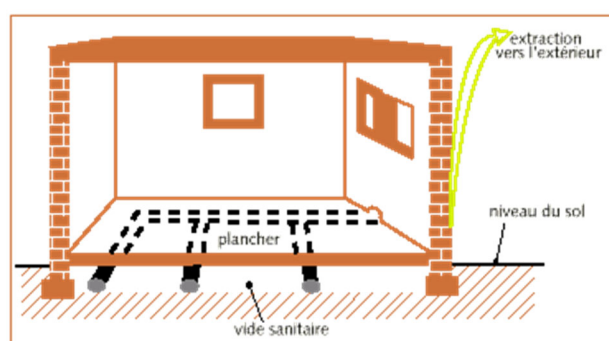
#### Aération naturelle :

- Aérer régulièrement les locaux lorsque cela est possible.

#### Système de ventilation :

- Vérifier l'état de la ventilation et rectifier les dysfonctionnements éventuels (obturation des bouches ou grilles d'aération existantes, encrassement, défaillance des ventilateurs...). Si une ventilation mécanique est installée, il faut veiller à l'entretenir régulièrement afin que les entrées et sorties d'air ne soient pas obstruées.
- Vérifier également que les portes soient bien détalonnées.
- Améliorer ou rétablir l'aération naturelle du soubassement, en particulier les aérations du vide sanitaire ou de la cave, si présents.

Exemple : système de ventilation du vide sanitaire  
Source : IRSN



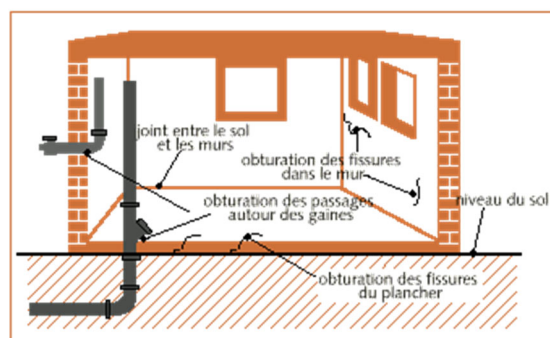
- Vérifier la conformité aux dispositions du code du travail en matière de débit minimal d'air neuf par occupant dans les locaux de travail (art. R. 4222-1 et suivants du CT), notamment, l'article R. 4222-6 : *Lorsque l'aération est assurée par ventilation mécanique, le débit minimal d'air neuf à introduire par occupant est fixé dans le tableau suivant :*

Désignation des locaux	Débit min. d'air neuf par occupant
Bureaux, locaux sans travail physique	25 m <sup>3</sup> /h
Locaux de restauration, locaux de vente, locaux de réunion	30 m <sup>3</sup> /h
Ateliers et locaux avec travail physique léger	45 m <sup>3</sup> /h
Autres ateliers et locaux	60 m <sup>3</sup> /h

#### Étanchements :

- Réaliser des étanchements pour limiter les entrées de radon dans le bâtiment (portes extérieures, entrées de canalisation, etc.). Exemple : boucher les fissures au sol, refaire les joints autour de tuyaux d'évacuation s'ils sont usés...

Exemple : obturation des fissures et trous  
Source : IRSN



## Annexe 5 : mesures de réduction : expertise radon

### → Qu'est-ce qu'une expertise radon ?

Une « expertise radon » est vivement recommandée lorsque la situation est complexe, en particulier quand le niveau de radon est très élevé. L'employeur peut faire réaliser cette expertise par ses propres services s'ils en ont la compétence et les moyens matériels ou plus certainement par un prestataire compétent.

L'expertise mentionnée au II. de l'article R. 1333-34 du code de santé publique dans le cadre des dispositions relatives à la gestion du risque radon dans les établissements recevant du public (ERP) est similaire à celle recommandée dans ce guide mais nécessite quelques adaptations concernant notamment les conditions de travail et l'activité professionnelle exercée.

*En pratique : l'expertise décrite ci-dessous est préconisée pour un lieu de travail dans un bâtiment.*

---

### → Contenu d'une expertise radon (à adapter à la situation)

#### 1 – Diagnostic technique du bâtiment contenant :

- des informations générales sur le bâtiment et son environnement : année de construction, type de bâtiment et constitution, surface au sol, nombre de niveaux, réhabilitations éventuelles, type d'ouvrants extérieurs... ;
- une description du soubassement : type et constitution du soubassement, surface au sol et état d'étanchement de chaque type de soubassement (dallage sur terre-plein, vide sanitaire, cave), identification des voies potentielles d'entrée du radon par l'interface sol-bâtiment (porte de cave, trappes, passage des réseaux...);
- une description du système de ventilation lorsqu'il existe et une évaluation qualitative du niveau d'aération des espaces de vie du bâtiment ;
- une description des systèmes du bâtiment (chauffage, chauffe-eau, climatisation...).

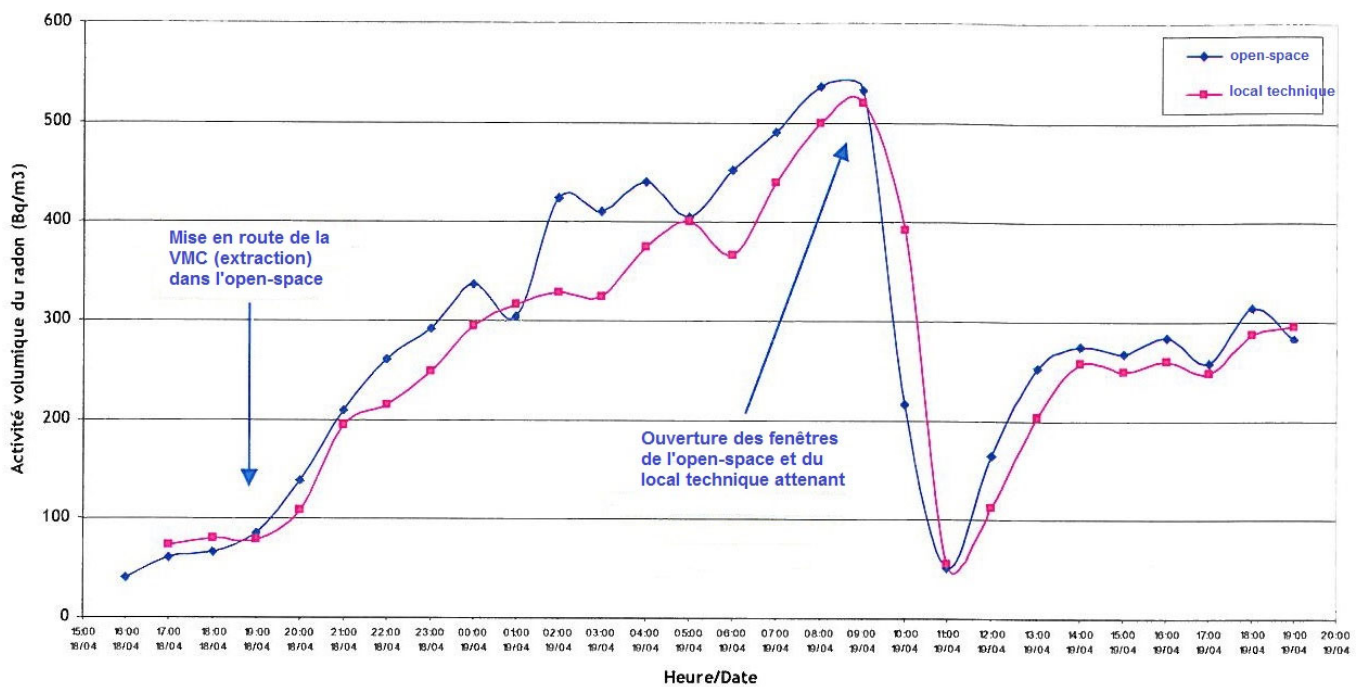
Le diagnostic technique d'un bâtiment pour le radon est détaillé dans la norme AFNOR NF X 46-040 relative au traitement du radon dans les immeubles bâtis (Référentiel de diagnostic technique relatif à la présence de radon dans les immeubles bâtis - Mission et méthodologie) mais il est nécessaire de l'adapter aux particularités d'un lieu de travail dont notamment l'activité professionnelle (machines ou équipements de travail particuliers pouvant influencer sur les concentrations de radon : pression, température, empoussièremment, humidité, ventilation...) et les conditions de travail (travail de nuit, travail saisonnier, présence des travailleurs...).

#### 2 – Identification et vérification des points critiques vis-à-vis du radon

Lors de ce diagnostic, une identification des « points critiques » pouvant être des voies d'entrée ou de propagation du radon est réalisée. Suivant leur nombre et l'importance des niveaux de radon mesurés, il est recommandé de vérifier si ces « points critiques » sont réellement des voies d'entrée du radon par un mesurage localisé sur ces points précis, avec des appareils de mesure ponctuelle du radon. Cette étape est très importante pour le dimensionnement des travaux.

#### 3 – Investigations complémentaires

Suivant l'importance de la problématique radon dans un lieu de travail, il peut être recommandé de réaliser des investigations complémentaires se fondant sur des mesurages supplémentaires du radon, des débits d'air (taux de renouvellement), de matériaux de construction, d'eau, d'équipements spécifiques... Ces investigations visent à mieux cerner la problématique afin de préconiser des travaux adaptés à la situation (éviter le surdimensionnement et les coûts élevés).



Exemple de mesure en continu du radon mettant en évidence l'inefficacité d'un système de ventilation (source : étude IRSN)

#### 4 – Préconisations hiérarchisées de travaux de réduction du risque

Une fois tous les éléments (1, 2 et 3) recueillis, il est possible de préconiser des travaux de réduction du risque adaptés à la situation, en tenant compte d'un bilan coût/avantage présentant différentes solutions de réduction du risque avec leurs éventuelles contraintes à long terme (entretien, surveillance...), ainsi que de l'impact sur l'efficacité énergétique et les autres polluants de l'air (qualité de l'air intérieur).

## Annexe 6 : mesures de réduction : travaux complexes

Les travaux pour réduire l'exposition des travailleurs au radon ne peuvent être mis en œuvre qu'à partir des préconisations issues de l'expertise radon. Ils seront ainsi adaptés à **chaque situation qui est un cas unique**.

D'une manière générale, les solutions mises en place font appel aux deux principes suivants :

- limiter l'entrée du radon dans le lieu de travail,
- « diluer » la concentration en radon dans le lieu de travail.

Il est fortement recommandé de mettre en place une combinaison de ces deux principes afin d'augmenter l'efficacité de la réduction et en général de diminuer les coûts.

On peut également classer ces travaux en **trois grandes familles de techniques** :

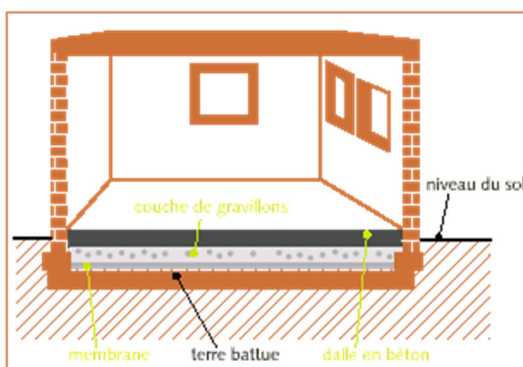
### 1 - Assurer l'étanchéité de l'interface entre le sol et le lieu de travail vis-à-vis des entrées de radon

Il est nécessaire d'assurer l'étanchéité à l'air de l'interface sol-bâtiment. Pour cela, les techniques consistent à :

- l'étanchement de points singuliers entre le soubassement et les espaces occupés. Ces points singuliers sont les arrivées de canalisations ou câbles, les portes ou trappes, les galeries techniques...
- des traitements de surfaces (sols, murs enterrés) ou à la couverture de sols en terre battue (exemple : réalisation d'une dalle sur un sol en terre battue).

Ces techniques seules ne sont généralement pas suffisantes pour réduire efficacement les fortes concentrations en radon ( $> 1\ 000\ \text{Bq/m}^3$ ). Néanmoins, elles constituent un préalable essentiel pour l'efficacité d'autres solutions mises en œuvre en parallèle.

**Exemple 1 : étanchéité de l'interface avec le sol**  
(Source : IRSN)

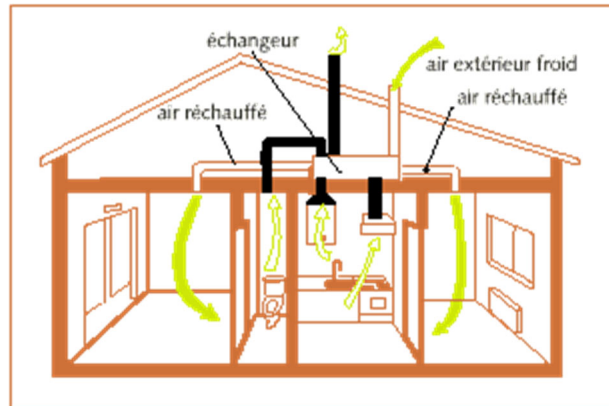


### 2 - Augmenter le renouvellement de l'air intérieur pour « diluer » le radon

Il est important de rétablir une bonne ventilation des locaux (mécanique ou naturelle). Pour cela, il existe des systèmes de ventilation mécanique contrôlée (VMC) simple flux ou double flux. Dans le but d'éviter d'augmenter la dépression naturelle d'un bâtiment, il est plutôt préconisé d'utiliser une VMC par insufflation plutôt que par extraction simple (à dimensionner en fonction des entrées d'air neuf). Cette technique n'est pas préconisée dans les locaux à production d'humidité (buanderie, cuisine...).

Plus sûrement, la VMC double flux, même si elle est beaucoup plus coûteuse à l'installation et à l'entretien, permet de maîtriser les flux d'air en créant une légère surpression ( $< 10\%$ ) dans certains locaux. Elle peut aussi être dotée d'un préchauffage de l'air neuf afin d'éviter les pertes thermiques tout en luttant efficacement contre tous les autres polluants de l'air intérieur. En effet, les mesures de réduction basées sur la ventilation doivent aussi prendre en compte l'efficacité énergétique et le confort thermique.

**Exemple 2 : système de ventilation double flux**  
*Source : IRSN*



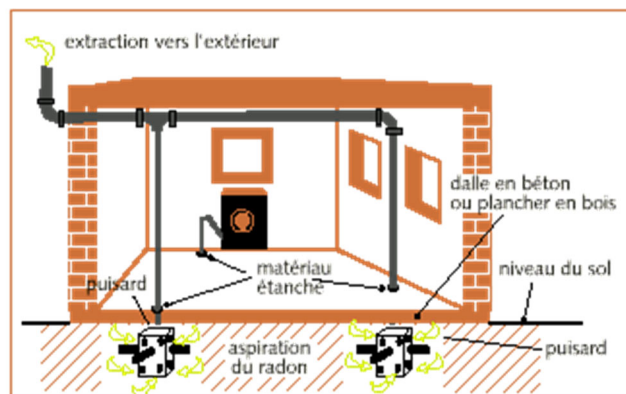
### 3 - Traiter le soubassement (vide sanitaire, cave, locaux techniques, dallage sur terre-plein) pour réduire l'entrée du radon dans le lieu de travail

Il existe plusieurs techniques :

- ventiler le soubassement naturellement ou mécaniquement,
- augmenter la dépression du soubassement pour drainer le radon et l'évacuer avant son entrée dans le lieu de travail.

Le système de dépressurisation du sol (S.D.S.) est reconnu pour être la meilleure technique de réduction du radon. Néanmoins, il peut être très coûteux et risquer d'engendrer des dégâts collatéraux dans les constructions existantes. Par contre, son prix est négligeable dans le cadre de nouvelles constructions.

**Exemple 3 : système de dépressurisation du sol (S.D.S.)**  
*(Source : IRSN)*





## Glossaire

**ARS** : Agence régionale de santé  
**ASN** : Autorité de sûreté nucléaire  
**BTP** : Bâtiment et travaux publics  
**CARSAT** : Caisses d'assurance retraite et de la santé au travail  
**CEPN** : Centre d'étude sur l'évaluation de la protection dans le domaine nucléaire  
**CIRC** : Centre international de recherche sur le cancer  
**COFRAC** : Comité français d'accréditation  
**CRP** : Conseiller en radioprotection  
**CSE** : Comité social et économique  
**CSP** : Code de la santé publique  
**CSTB** : Centre scientifique et technique du bâtiment  
**CT** : Code du travail  
**DGPR** : Direction générale de la prévention des risques  
**DGS** : Direction générale de la santé  
**DGT** : Direction générale du travail  
**DIRECCTE** : Direction régionale des entreprises, de la concurrence, de la consommation, du travail et de l'emploi  
**DSTN** : Détecteur solide de traces nucléaires (ou détecteur radon)  
**EAP** : Energie alpha potentielle  
**ERP** : Etablissement recevant du public  
**F** : Facteur d'équilibre  
**INRS** : Institut national de recherche et de sécurité  
**IRSN** : Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire  
**NR** : Niveau de référence  
**OA Rn** : Organisme agréé par l'Autorité de sûreté nucléaire pour le mesurage du radon  
**OVA Rn** : Organisme vérificateur accrédité pour le mesurage du radon (zone délimitée)  
**OCR** : Organisme compétent en radioprotection  
**OMS** : Organisation mondiale de la santé  
**PAR** : Plan national d'action pour la gestion du risque lié au radon  
**PCR** : Personne compétente en radioprotection  
**PNSE** : Plan national santé environnement  
**PRSE** : Plan régional santé environnement  
**PST** : Plan santé travail  
**RdC** : Rez-de-chaussée  
**SIR** : Suivi individuel renforcé  
**SDS** : Système de dépressurisation des sols  
**SPF** : Santé publique France  
**TPE** : Très petites entreprises  
**VLEP** : Valeur limite d'exposition professionnelle



**MINISTÈRE  
DU TRAVAIL,  
DE L'EMPLOI  
ET DE L'INSERTION**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

**Direction générale  
du travail**

