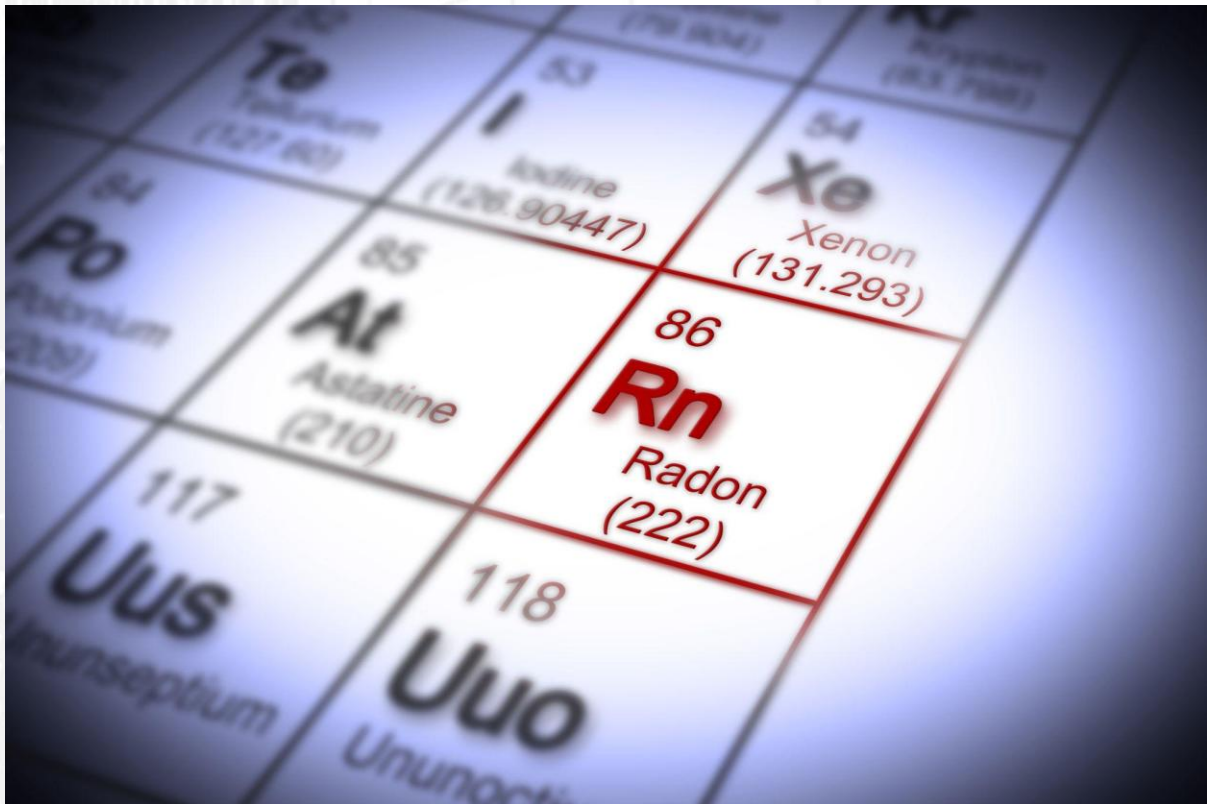


RADON



Ce qu'il faut retenir

Le **radon** est un **gaz radioactif naturel émis** par les sols en concentration plus ou moins importante en fonction de la nature des roches (surtout granitiques, volcaniques, certains schistes). La situation géographique du lieu de travail va donc être l'un des déterminants du niveau de risque. Le radon est à l'origine de cancers broncho-pulmonaires, 3 000 décès environ lui sont attribués par an en France. Des mesures de prévention simples à mettre en œuvre permettent de réduire le risque engendré par la présence de radon dans les lieux de travail.

Puisque le radon provient du sol, sa concentration peut être plus élevée dans les parties basses des bâtiments (sous-sol et rez-de-chaussée) ou dans les lieux de travail souterrains comme les tunnels, les galeries techniques, les grottes...

Un niveau de référence exprimé en activité volumique (activité radioactive par m³ d'air) a été défini réglementairement. Il est fixé à 300 Bq/m³ en moyenne annuelle. Il correspond à un niveau au-dessus duquel il est jugé inapproprié de permettre l'exposition de travailleurs aux rayonnements ionisants. Il ne constitue pas pour autant une valeur limite d'exposition.

L'évaluation des risques professionnels liés à l'exposition au radon consiste dans un premier temps à définir s'il existe un risque de dépassement du niveau de référence. Les éléments à prendre en compte dans le cadre de cette évaluation diffèrent selon le type de lieu de travail.

Dans les bâtiments, l'évaluation des risques prend notamment en compte la situation géographique du lieu de travail ainsi que le niveau d'étanchéité du bâti vis-à-vis du sol et l'efficacité du système de renouvellement de l'air.

Dans les lieux souterrains, l'évaluation des risques repose principalement sur l'efficacité du système de renouvellement de l'air.

Lorsque les résultats de l'évaluation montrent un dépassement du niveau de référence, des mesures de prévention visant à réduire la concentration doivent être mises en œuvre par l'employeur. Les mesures de prévention sont notamment l'amélioration de l'efficacité de la ventilation et/ou l'étanchéification des voies d'entrée du radon dans le bâtiment.

Un nouveau mesurage est effectué après mise en œuvre de ces mesures. Si le niveau de référence n'est toujours pas respecté, alors la réglementation prévoit :

- la recherche d'une zone radon ;
- l'évaluation de la dose individuelle des travailleurs amenés à pénétrer en zone radon ;
- le suivi individuel renforcé de l'état de santé et la surveillance dosimétrique individuelle des travailleurs lorsque leur exposition est supérieure à une certaine dose annuelle.

Rappels sur le radon pour mieux s'en prémunir

Un peu de physique...

Le radon provient de l'**Uranium 238**, du **Thorium 232** et de l'**Uranium 235** qui sont tous des éléments radioactifs (radionucléides) naturellement présents en concentrations variables dans la croûte terrestre.

Ces **radionucléides** se désintègrent, ce qui aboutit à la formation du Radon 222, du Radon 220 et du Radon 219 (voir figure ci-dessous). Les deux premiers, compte tenu de leur durée de vie (périodes respectives de 3,8 jours et 55 secondes) ont le temps de migrer depuis le sous-sol où ils sont produits, vers l'air extérieur.

Le Radon 219 a une durée de vie (période de 3,9 secondes) trop courte pour atteindre l'air extérieur en grande quantité, il est, de plus, produit en trop faible quantité pour contribuer significativement à l'exposition des personnes. Seuls le Radon 222 et le Radon 220 sont donc considérés dans la suite de ce document. Ces différents isotopes du radon vont à leur tour se désintégrer pour donner des isotopes du Polonium, du Plomb et du Bismuth. Ces radionucléides sont des éléments solides de durée de vie courte. On les appelle « descendants solides à vie courte » du radon.

Le radon et ses descendants solides sont essentiellement émetteurs de **particules alpha**.

Des unités de mesure à connaître

Le becquerel (Bq) est une unité de mesure de la radioactivité qui correspond à une désintégration par seconde. 1 Bq de radon par m³ correspond à la désintégration d'un atome de radon par m³ et par seconde. C'est cette unité qui est utilisée pour le niveau de référence à partir duquel les entreprises doivent mettre en place des mesures de prévention.

Le sievert (Sv) est l'unité de mesure des doses équivalentes et efficaces, qui permet d'évaluer l'impact du rayonnement sur la matière vivante. Les valeurs limites d'exposition réglementaires sont exprimées en millisievert.

Mode d'exposition

Le radon peut entraîner un risque d'exposition interne :

- par **l'inhalation du radon** lui-même qui contribue faiblement à la dose reçue ;
- par **l'inhalation de ses descendants solides à vie courte**. Ceux-ci peuvent être libres ou fixés sur les molécules de vapeur d'eau ou de gaz présentes dans l'air, ou encore sur les aérosols atmosphériques (poussières en suspension). Ils peuvent se déposer dans les alvéoles broncho-pulmonaires. Les particules alpha qu'ils émettent peuvent alors irradier les cellules du poumon.

D'autres facteurs jouent sur l'exposition, notamment :

- la **ventilation** : une ventilation importante va diminuer la concentration de radon, et donc la formation des descendants solides ;
- l'**activité physique** : l'augmentation du débit respiratoire va contribuer à accroître l'inhalation du radon et de ses descendants ;
- la **taille des aérosols** présents dans l'air ambiant sur lesquels se fixent les descendants solides du radon : des poussières très fines vont pénétrer plus profondément dans l'arbre broncho-pulmonaire.

Effets sur la santé

Le radon produit des descendants eux-mêmes radioactifs et émetteurs de particules alpha qui déposent une forte énergie sur une faible distance. Ces particules peuvent occasionner des lésions par ionisation au contact des organes. Par conséquent, le dépôt de descendants du radon dans les voies respiratoires peut entraîner une exposition interne aux rayonnements ionisants.

Cette contamination radioactive expose à un risque de cancer broncho-pulmonaire. Ainsi, on attribue au radon environ 10 % de ce type de cancer, soit 3 000 décès par an en France. Le radon est donc la 2e cause de cancer broncho-pulmonaire, après le tabac. Ce risque de cancer est nettement augmenté par l'association tabagisme - exposition au radon.

Réglementation

En complément **des dispositions réglementaires applicables en matière de prévention des risques dus aux rayonnements ionisants**, des dispositions spécifiques s'appliquent au radon.

Domaine d'application

Les dispositions réglementaires spécifiques prévues notamment par le Code du travail, s'appliquent dès lors que les travailleurs sont susceptibles d'être exposés à un risque dû au radon. Elles concernent notamment :

- les activités professionnelles exercées au sous-sol ou au rez-de-chaussée des bâtiments ;
- certains lieux de travail spécifiques, dont la liste et les dispositions particulières sont définies par un arrêté du 30 juin 2021.

Niveau de référence

Le niveau de référence correspond à une activité volumique de 300 Bq/m³ en moyenne annuelle.

Évaluation des risques

L'évaluation du risque lié à l'exposition au radon se décompose en 2 étapes : une évaluation documentaire tenant compte de la configuration et de la situation des locaux et lieux de travail, suivie d'un mesurage si nécessaire.

L'évaluation des risques est menée avec l'aide du salarié compétent désigné pour s'occuper des actions de prévention des risques professionnels de l'entreprise (article L. 4644-1 du Code du travail) ou bien du conseiller en radioprotection (CRP) si l'employeur en a déjà désigné un.

Évaluation documentaire

Elle consiste à définir la typologie du lieu : local en sous-sol ou rez-de-chaussée de bâtiments, ou lieu de travail souterrain.

Pour les locaux en sous-sol ou rez-de-chaussée, il est nécessaire de prendre en compte la zone à potentiel radon.

Trois zones à potentiel radon ont été définies sur le territoire national en fonction des flux d'exhalation du radon des sols. Ces zones traduisent le risque de présence de radon à des concentrations élevées dans les bâtiments.

Chaque commune du territoire national a été classée parmi ces trois zones (arrêté du 27 juin 2018) en fonction des critères suivants :

- zone 1 : communes localisées sur les formations géologiques présentant les teneurs en uranium les plus faibles ;
- zone 2 : communes localisées sur des formations géologiques présentant des teneurs en uranium faibles mais sur lesquelles des facteurs géologiques particuliers (cavités naturelles, failles...) peuvent faciliter le transfert du radon vers les bâtiments ;
- zone 3 : communes qui, sur au moins une partie de leur superficie, présentent des formations géologiques dont les teneurs en uranium sont estimées plus élevées comparativement aux autres formations.

Une carte interactive disponible sur le site de l'**IRSN** permet d'identifier facilement la zone à potentiel radon de sa commune.

En complément de l'identification de la zone, peuvent être recherchées :

- d'éventuelles particularités locales (construction sur des failles, des résidus miniers...) à l'aide du site **géorisques** ;
- l'existence de mesurages antérieurs réalisés au titre des dispositions applicables à certains établissements recevant du public (ERP).

Dans les bâtiments, des caractéristiques liées à la configuration et l'utilisation des locaux sont à prendre en compte pour décider d'un mesurage :

- locaux confinés ou rarement occupés ;
- sol en terre battue ;
- mise en dépression du local ;
- présence de sources de chaleur ;
- passage de gaines techniques et de canalisations ;
- ...

Parmi les locaux concernés, on peut citer :

- les locaux techniques ;
- les chaufferies, buanderies ;
- les salles d'archives ;
- les cuisines.

Pour les lieux de travail souterrains (galeries souterraines, grottes, ouvrages d'art enterrés ou semi-enterrés, caves agricoles...), l'évaluation repose principalement sur l'analyse de l'aération naturelle ou du système de ventilation sans tenir compte des zones à potentiel radon.

Mesurages

Dans un second temps, des mesurages sont effectués si l'évaluation documentaire ne permet pas d'exclure un risque de dépassement du niveau de référence.

Moyens de prévention

Les moyens de prévention prévus par le Code du travail sont essentiellement des moyens de protection collective (ventilation, étanchéité). Leur mise en œuvre est obligatoire lorsque la mesure de l'activité volumique du radon dépasse 300 Bq/m³. L'employeur doit s'assurer de l'efficacité de ces moyens à l'aide de nouveaux mesurages.

Communication des résultats

Si, après ces nouveaux mesurages, l'activité radiologique du radon dans l'air reste supérieure au niveau de référence, l'employeur doit communiquer les résultats à l'IRSN.

Zonage

L'employeur identifie également les zones où l'exposition au radon peut dépasser 6 mSv/an en considérant la zone comme occupée en permanence (2 000 heures par an). Cette zone est appelée « zone radon », elle doit être délimitée et son accès limité aux travailleurs ayant reçu une autorisation de l'employeur.

Organisation de la radioprotection

Si une zone radon a été délimitée, l'employeur doit mettre en place une organisation de la radioprotection qui repose notamment sur la désignation d'un conseiller en radioprotection (CRP).

Conseiller en radioprotection

Le conseiller en radioprotection peut être un salarié de l'entreprise, il est alors dénommé **personne compétente en radioprotection (PCR)**. Il doit détenir un certificat de niveau 1 dans le secteur « rayonnements d'origine naturelle » ou de niveau 2 de préférence avec l'option « sources non scellées ».

Le conseiller peut aussi être une personne morale, il s'agit alors d'un **organisme compétent en radioprotection (OCR)** qui doit être certifié par un organisme certificateur accrédité par le Cofrac.

Vérification initiale

Toute zone radon doit faire l'objet d'une vérification initiale visant à vérifier son adéquation avec le résultat de l'évaluation. Cette vérification initiale doit être réalisée par un organisme accrédité.

Elle doit être renouvelée à l'issue de toute modification importante des conditions de travail (modification de la structure du bâtiment, de la ventilation, mesures correctives...).

Vérifications périodiques

La vérification périodique vise à s'assurer de l'adéquation de la zone radon avec les résultats de la dernière vérification initiale. Elle est réalisée ou supervisée par le conseiller en radioprotection. La méthode, l'étendue et la périodicité de la vérification sont définies par l'employeur.

Dans le cadre de cette vérification, l'activité volumique doit être vérifiée périodiquement ou en continu. Lorsque la vérification est réalisée de façon périodique, le délai entre deux vérifications ne peut excéder 5 ans. Ce délai ne peut excéder un an lorsque le niveau d'activité radioactive par m³ d'air est supérieur à 1000 becquerels.

Modalités d'accès en zone radon

Les travailleurs peuvent accéder à cette zone sous réserve d'y être autorisés par l'employeur sur la base d'une évaluation individuelle de dose.

Évaluation individuelle de l'exposition au radon

Cette évaluation est effectuée pour tous les travailleurs accédant à une zone radon. Elle doit être communiquée au médecin du travail si la dose susceptible d'être reçue en lien avec le radon est supérieure à 6 mSv/an. Cette dose est calculée à partir de l'activité volumique du radon en tenant compte du temps de présence effectif passé en zone.

Information et formation des travailleurs

Les travailleurs accédant en zone radon bénéficient d'une information concernant le risque radon. Ceux dont la dose due au radon peut dépasser 6 mSv/an reçoivent une formation.

L'article R. 4451-58 du Code du travail en précise les contenus : origine, effets sur la santé, augmentation du risque de cancer broncho-pulmonaire surtout en cas d'association avec le tabagisme, moyens de prévention...

Surveillance dosimétrique individuelle

Les travailleurs dont la dose préalablement évaluée est susceptible de dépasser 6 mSv/an font l'objet d'une surveillance individuelle de leur exposition à l'aide de dosimètres à lecture différée.

Il n'y a pas de classement des travailleurs au titre de l'exposition au radon exclusivement. En revanche, les valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) restent applicables, et la dose reçue en lien avec l'exposition au radon s'ajoute aux doses liées à d'autres sources d'exposition professionnelle aux rayonnements ionisants le cas échéant.

Les résultats de la surveillance dosimétrique individuelle sont accessibles via le Système d'Information de la Surveillance des Expositions aux Rayonnements Ionisants (SISERI).

Suivi de l'état de santé des travailleurs

Les travailleurs dont la dose peut être supérieure à 6 mSv/an bénéficient d'un suivi individuel renforcé (SIR). Ce suivi comporte un examen médical d'aptitude, effectué par le médecin du travail avant l'affectation au poste de travail et renouvelé au moins tous les 4 ans (le médecin du travail décide de la fréquence). Une visite intermédiaire effectuée par un professionnel de santé au travail (médecin, collaborateur médecin, interne, infirmier) est réalisée au plus tard 2 ans après l'examen médical d'aptitude.

Les modalités qui concernent la visite médicale de fin de carrière et la surveillance post exposition sont décrites dans le chapitre « Suivi de l'état de santé des travailleurs » du dossier rayonnements ionisants.

Démarche de prévention

Les techniques visant à diminuer le radon s'appuient sur deux grands principes :

- limiter la pénétration de radon dans le bâtiment ;
- favoriser l'élimination du radon présent dans le local.

La limitation de la pénétration du radon dans le bâtiment repose sur le traitement du soubassement et sur l'amélioration de l'étanchéité de l'interface entre le bâtiment et son sous-sol. L'élimination repose sur l'augmentation du taux de renouvellement de l'air intérieur.

Réglementation aération et assainissement

Dans un premier temps, il convient de rappeler qu'il est obligatoire d'assurer le renouvellement de l'air dans les locaux fermés dans lesquels les travailleurs sont appelés à séjourner. Ce renouvellement de l'air peut être réalisé par ventilation mécanique ou par ventilation naturelle permanente.

À noter toutefois que la mise en place d'un système de ventilation mécanique est obligatoire dès lors que le volume par occupant est inférieur à :

- 15 m³ pour les bureaux et les locaux où est accompli un travail physique léger ;
- 24 m³ pour les autres locaux.

Lorsque l'aération est assurée par ventilation mécanique, le Code du travail prévoit un débit minimal d'air neuf à introduire par occupant tel que fixé dans le tableau ci-dessous.

Désignation des locaux	Débit minimal d'air neuf par occupant (en m ³ /h)
Bureaux, locaux sans travail physique	25
Locaux de restauration, locaux de vente, locaux de réunion	30
Ateliers et locaux avec travail physique léger	45
Autres ateliers et locaux	60

Selon l'article R. 4222-6 du Code du travail

D'autre part, l'employeur se doit de maintenir l'ensemble de l'installation de ventilation (naturelle ou mécanique) en bon état de fonctionnement et d'en assurer régulièrement le contrôle afin de garantir le maintien de son efficacité.

Le respect de ces dispositions réglementaires est un préalable qui permet de réduire la concentration de radon dans l'air intérieur.

Actions simples de prévention

Si les résultats des mesures sont supérieurs au niveau de référence (300 Bq/m³ en moyenne annuelle), des actions doivent être mises en œuvre au niveau du bâtiment.

Les techniques de réduction de l'activité volumique de radon ont des niveaux de complexité variables et une efficacité qui dépend des caractéristiques du bâtiment, de l'importance de l'activité volumique, des voies d'infiltration du radon et de la qualité de l'exécution des travaux.

Exemples d'actions simples pour diminuer l'activité volumique en radon dans un bâtiment

- Aération régulière des locaux.
- Vérification de l'état et de l'efficacité de la ventilation existante (naturelle ou mécanique) et correction des éventuels dysfonctionnements (obturation des orifices d'entrée et de sortie d'air, encrassement, défaillance de ventilateurs...).
- Amélioration de l'étanchéité des voies d'entrée et de transfert simples à colmater (fissures dans les planchers et murs, trappes, passages de canalisation...).
- Amélioration de l'aération naturelle du soubassement.

Actions de prévention plus conséquentes

Dans le cas où l'activité volumique de radon est importante ou lorsqu'en dépit de la mise en œuvre d'actions simples, elle reste supérieure au niveau de référence, il est nécessaire de mettre en œuvre des actions ciblées et parfois plus conséquentes.

Diagnostic technique du bâtiment

Afin de déterminer les actions à mettre en œuvre, il est nécessaire d'effectuer un diagnostic technique du bâtiment. L'objectif de ce diagnostic est d'identifier les causes précises du niveau d'activité volumique élevé.

Ce diagnostic peut être réalisé selon les prescriptions de la norme NF X46-040. Il repose sur l'analyse des paramètres et des caractéristiques techniques de l'ouvrage qui influent sur la concentration en radon.

Il prend en compte, notamment, les caractéristiques du **soubassement** et de l'**interface sol/bâtiment** (sous-sol, vide sanitaire, terre-plein, mur semi-enterré...) ainsi que les caractéristiques des **systèmes de ventilation et de chauffage** (analyser l'impact du système de chauffage et des cycles de fonctionnement sur la concentration en radon).

À partir de ces informations, les voies d'entrée et de transfert du radon pourront être identifiées, ce qui permettra de mettre en place des actions ciblées (défauts d'étanchéité ou de ventilation). Une recherche plus fine ou une confirmation des voies d'entrée pourra être faite à l'aide de mesurages spécifiques si nécessaire.

Étanchement de l'interface sol-bâtiment

L'étanchement de l'interface sol-bâtiment consiste à assurer l'étanchéité entre le bâtiment et le terrain sous-jacent ainsi qu'entre les différents niveaux de sous-sol et le rez-de-chaussée. Ces étanchements peuvent se faire de façon ponctuelle (fissures dans les planchers et murs, trappes, portes, gaines techniques, joints de dilatation...) ou par traitement de toute une surface (sols en terre battue, planchers, murs enterrés).

Augmentation du renouvellement d'air

L'augmentation du renouvellement d'air peut se faire par la mise en place d'un système de ventilation mécanique.

L'efficacité dans le temps d'un système de ventilation dépend fortement de sa maintenance. Il est donc recommandé de procéder périodiquement à sa vérification et au nettoyage des filtres et orifices d'entrée/sortie notamment.

Traitement du soubassement (vide sanitaire, dallage sur terre-plein, cave)

Le traitement du soubassement permet d'agir à la source et de réduire efficacement l'entrée du radon dans les bâtiments. Il consiste soit à ventiler le soubassement par aération naturelle ou à l'aide d'une ventilation mécanique, soit à le mettre en dépression par rapport aux espaces occupés à l'aide d'un système d'extraction mécanique.

La **ventilation naturelle** du soubassement peut être réalisée en créant des ouvertures qui devront être orientées préférentiellement vers les vents dominants. À noter que cette technique est fortement dépendante des facteurs climatiques. Pour augmenter l'efficacité de la ventilation et pallier la dépendance aux conditions climatiques, il est possible de mécaniser l'extraction.

La **mise en dépression** du soubassement consiste quant à elle à générer une pression inférieure à celle régnant au niveau du sol des espaces occupés du bâtiment. Pour cela, l'air du soubassement est extrait mécaniquement vers l'environnement extérieur où le radon se dilue rapidement. Ces systèmes sont appelés systèmes de dépressurisation des sols (SDS).

Bien que l'application d'une seule méthode puisse s'avérer suffisante, il est parfois nécessaire d'en combiner plusieurs pour obtenir des résultats satisfaisants, notamment en cas d'activité volumique élevée.

Prise en compte du risque radon dès la conception des bâtiments

Il est important de prendre en compte le risque lié à l'exposition au radon dès la conception des bâtiments. Les moyens de prévention retenus seront plus efficaces et moins coûteux que s'ils doivent être intégrés par la suite.

D'autre part, il est nécessaire de bien dimensionner le système de ventilation en adéquation avec les exigences en matière de qualité de l'air intérieur.

Mesures en direction des travailleurs

Mesures organisationnelles

Dans une situation d'exposition donnée, la dose susceptible d'être reçue est directement proportionnelle à la durée d'exposition. Ainsi, il est important de limiter le temps de présence dans une zone radon par les actions suivantes :

- Améliorer l'ergonomie du poste et du circuit de sortie.
- Rationaliser les interventions.
- Préparer toute intervention.
- Optimiser les gestes.

Équipement de protection individuelle

L'exposition au radon provient essentiellement de l'inhalation de ses descendants solides.

Lorsque les mesures de protection collective n'ont pas permis d'atteindre un niveau de protection suffisant, il est possible d'utiliser un appareil de protection des voies respiratoires. Cet appareil doit être équipé d'un filtre de classe P3 (haute efficacité) afin d'assurer une protection efficace.

Compte tenu des contraintes potentielles liées au port d'un appareil de protection des voies respiratoires, il est nécessaire de s'assurer que ce dernier soit adapté au porteur et ne soit pas source de gêne ou d'inconfort. D'autre part, la durée de port doit être limitée dans le temps. En tout état de cause, il est nécessaire de solliciter l'avis du médecin du travail sur la pertinence d'une telle solution, le choix de l'équipement et la durée de port ininterrompue.

Dispositif d'alerte

Dans les lieux de travail spécifiques, dont la liste et les dispositions particulières sont définies par un arrêté du 30 juin 2021, l'employeur équipe d'un dispositif d'alerte le travailleur ou l'équipe de travailleurs dès lors que :

- aucun dispositif de surveillance d'ambiance de l'activité volumique en radon n'est présent ;
- les interventions sont de courte durée ;
- l'évaluation préalable ne permet pas de conclure à l'absence de dépassement du niveau de référence.

Le dispositif d'alerte pour le radon est un appareil électronique de mesure en continu à lecture directe.

Il ne se substitue pas à la surveillance dosimétrique individuelle. Il doit être paramétré, a minima, pour alerter les travailleurs lorsque l'activité volumique en radon atteint ou dépasse 1 000 Bq/m³ en valeur instantanée. Tout travailleur équipé d'un dispositif d'alerte reçoit au préalable une information adaptée sur le risque radon, ainsi que sur l'utilisation du dispositif d'alerte.

En cas de déclenchement du dispositif lors de l'entrée du travailleur ou de l'équipe de travailleurs dans un lieu de travail spécifique, les travaux ne sont entrepris qu'après aération ou ventilation de ce dernier. Si l'activité volumique en radon est toujours supérieure à 1000 Bq/m³, le travailleur ou l'équipe de travailleurs doit bénéficier d'une évaluation individuelle avant d'intervenir.

L'employeur met en place une procédure adaptée dans le cadre des activités nécessitant l'utilisation des dispositifs d'alerte.

À noter que les appareils électroniques de mesure en continu à lecture directe peuvent également être utilisés afin d'évaluer dans un délai court l'efficacité des moyens de réduction mis en œuvre.