Le dépistage par le Laboratoire d'analyses, de surveillance et d'expertise de la Marine de Brest du radon, un gaz radioactif naturel en Bretagne

I. Allio, A.-M. Demartini, J.-J. Menec, V. Carde, V. Treguer-Herrou

Laboratoire d'analyses, de surveillance et d'expertise de la Marine (LASEM) de Brest, BCRM de Brest, Base navale de Brest, CC12 – 29240 Brest Cedex 9.

Résumé

Le Laboratoire d'analyses de surveillance et d'expertise de la Marine de Brest réalise au profit des unités de la Marine nationale des analyses et expertises en chimie analytique et microbiologie ainsi que des mesures de radioactivité pour la radioprotection. L'exposition au radon – un gaz radioactif particulièrement présent en Bretagne du fait du sous-sol granitique – est la deuxième cause de cancer du poumon après le tabac. Le risque d'exposition au radon, aujourd'hui reconnu par le Code de la santé publique et le Code du travail pour la population professionnelle, constitue un enjeu majeur de santé publique en France. Le Laboratoire d'analyses, de surveillance et d'expertise de la Marine de Brest détient deux agréments réglementaires pour le dépistage du radon. Cet article présente le contexte et la stratégie de dépistage mise en œuvre par le Laboratoire d'analyses, de surveillance et d'expertise de la Marine de Brest dans le cadre des dépistages de radon, ainsi que les résultats de la campagne menée depuis 2010 dans les souterrains de la Base navale de Brest. Les résultats mettent en évidence une problématique radon pour la moitié des établissements surveillés.

Mots-clés : Radon. Cancer du poumon. Dépistage. Granit. Médecine du travail. Souterrain.

Abstract

SCREENING FOR RADON, A RADIOACTIVE GAS, NATURAL IN BRITTANY, BY LASEM BREST.

The Laboratory of analyses, surveillance and Expertise of the Navy (LASEM) of Brest carries out the analyses and expertise in analytical chemistry and microbiology, as well as the measures of radioactivity for radioprotection, for the benefit of the units of the French Navy. The exposure to radon – a radioactive gas present particularly in Brittany because of the granitic basement – is the second cause of lung cancer after tobacco. The risk of radon exposure, recognized by the Code of Public Health and the Labour Code for the working population, is a major public health issue in France. The LASEM of Brest is approved for radon testing. This article presents the context and the strategy of testing for Radon, realized by the LASEM of Brest, and the results of the campaign since 2010 in the basement of the Naval Base of Brest. The results show a radon problem in half of the institutions tested.

Keywords : Basement. Granite. Lung cancer. Occupational medicine. Radon. Testing.

Introduction

Le Laboratoire d'analyses de surveillance et d'expertise de la Marine (LASEM) de Brest réalise au profit des forces navales et du préfet maritime des analyses (chimie analytique, microbiologie, mesures de radioactivité et radioprotection) et expertises dans différents domaines (santé, hygiène, sécurité, crises…). Ses missions sont décrites dans l'instruction n° 0-681-2015/DEF/EMM/MDR/NP relative à l'organisation et fonctionnement des LASEM.

Depuis 2006, le LASEM de Brest, du fait de sa localisation dans le Finistère, l'un des 31 départements déclarés prioritaires en termes de surveillance du radon, réalise le dépistage du radon dans les lieux ouverts au public soumis à la réglementation du Code de la santé publique et relevant du ministère de la Défense : l'Hôpital d'instruction des armées (HIA) Clermont-Tonnerre, la crèche, la halte-garderie, les centre d'accueil et de loisirs,

I. ALLIO, pharmacien en chef, praticien confirmé. A.-M. DEMARTINI, pharmacien. J.-J. MENEC, ouvrier de l'État. V. CARDE, pharmacien en chef. V. TREGUER-HERROU, pharmacien en chef, praticien certifié.

Correspondance : Madame le pharmacien en chef V. TREGUER-HERROU, Laboratoire d'analyses, de surveillance et d'expertise de la Marine (LASEM) de Brest, BCRM de Brest, Base navale de Brest, CC12 – 29240 Brest Cedex 9.

E-mail : valerie.treguer@intradef.gouv.fr

les écoles et le lycée naval. Depuis 2010, ce dépistage s'est étendu, conformément à la réglementation du Code du Travail, aux bâtiments et ouvrages souterrains.

Après une présentation du gaz radon, de ses effets sur la santé et du contexte environnemental, nous détaillerons le cadre réglementaire et les aspects pratiques de son dépistage, avant de présenter les résultats de la campagne de dépistage menée depuis 2010 dans les souterrains de la Base navale de Brest.

Radon

Présentation de l'élément radon

Le radon est un gaz radioactif, incolore et inodore naturellement présent dans l'environnement. Il est issu de la désintégration radioactive naturelle du radium provenant lui-même de l'uranium, tous deux présents dans la croûte terrestre (notamment les roches granitiques et volcaniques de massifs anciens). Les teneurs de radon libérées dans l'atmosphère sont tellement faibles qu'elles ne présentent aucun risque sanitaire, ce qui n'est pas le cas des habitations où le radon peut s'accumuler pour atteindre des teneurs préoccupantes. Le radon se désintègre pour donner des descendants à vie courte (fig. 1), émetteurs de particules alpha dont l'énergie est très facilement absorbée par les surfaces qu'elles heurtent (1).

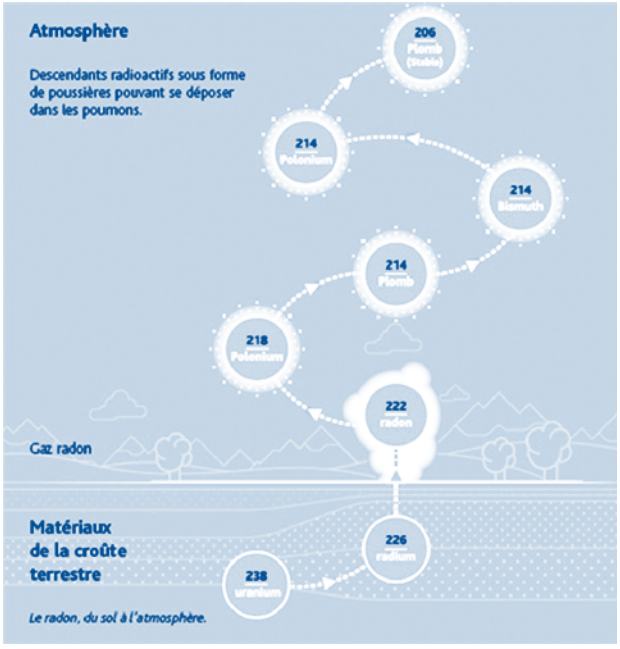


Figure 1. Les descendants radioactifs du radon (2).

Effets sanitaires

Longtemps ignoré face au tabagisme, le radon est reconnu comme cancérogène avéré pour le cancer du poumon (groupe 1 de la classification du Centre de recherche international sur le cancer (CIRC)) depuis 1987 ; des études récentes ont confirmé ce risque (3, 4). Le risque radon a d'abord été mis en évidence chez les mineurs d'uranium : le suivi de la cohorte des mineurs français depuis 1982 révèle un risque de surmortalité par cancer du poumon estimé à environ 21 % (5-7). Ce risque est également reconnu aujourd'hui pour la population générale. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) considère le radon comme la principale source de l'exposition humaine à la radioactivité (8). En France, il représenterait le tiers de l'exposition moyenne de la population aux rayonnements ionisants (9).

Les atomes de radon et ses descendants radioactifs se désintègrent en particules radioactives (alpha), capables d'irradier les surfaces avec lesquelles elles sont en contact. Si la peau est suffisamment épaisse pour ne pas être affectée, ce n'est pas le cas des tissus mous. Le radon pénètre dans les poumons avec l'air inhalé et irradie les cellules pulmonaires, induisant le développement d'un cancer du poumon. Ces particules émises peuvent également se fixer aux poussières ambiantes et ainsi demeurer davantage dans les voies respiratoires. Des décennies peuvent s'écouler entre l'exposition au radon et l'apparition d'un cancer du poumon, avec un temps de latence estimé à plus de 10 ans (10).

Peu connu du grand public, le radon est pourtant la seconde cause de cancer du poumon en France (1re cause pour les non-fumeurs) au même niveau que le tabagisme passif, mais loin derrière le tabagisme (11). Les autorités sanitaires françaises estiment que l'exposition domestique au radon serait responsable de plus de 2 000 décès par an par cancer du poumon ; soit entre 5 et 12 % des décès par cancers du poumon en France (12).

Selon les estimations des études épidémiologiques, le risque de développer un cancer du poumon lié au radon est d'autant plus grand que la dose reçue et le temps d'exposition sont importants. Par ailleurs, le risque de cancer sur la vie entière (30 ans d'exposition) augmenterait linéairement avec l'exposition au radon : 16 % à chaque fois que le niveau moyen d'exposition augmente de 100 Bq/m^3. De plus, les effets du radon sont synergiques avec ceux du tabac (13). Ainsi, les fumeurs, exposés au radon, ont trois fois plus de risque de développer un cancer du poumon que les non-fumeurs soumis à la même exposition.

Les campagnes de mesure du radon conduites par l'Institut de la radioprotection et de la sûreté nucléaire (IRSN) ont permis de déterminer le niveau moyen d'exposition annuel dans les habitations en France à 65 Bq/m^3, ce qui représente une exposition annuelle à une dose radioactive de 1,5 millisievert (mSv) (Article R.1333-8 du CSP). Selon ces mêmes études, 2 % de la population seraient soumis à des niveaux de radon supérieurs à 400 Bq/m^3 et 6,5 % à des teneurs comprises entre 200 et 400 Bq/m^3. Sachant, que plus d'un quart des décès attribuables au radon seraient dus à une exposition supérieure à 200 Bq/m^3.

Présence environnementale

Cartographie du potentiel radon en France

Le radon est présent partout à la surface de la terre à des concentrations variables selon les régions. L'émission du radon dans l'atmosphère dépend avant tout des propriétés du sol. En raison de leur plus grande concentration en uranium naturel, les sous-sols granitiques et volcaniques libèrent plus de radon (la Bretagne, le centre de la France, les Vosges, les Alpes et la Corse). La teneur en uranium des terrains sous-jacents détermine le potentiel radon des formations géologiques.

La connaissance des formations géologiques du territoire, et en particulier de leur concentration en uranium, permet l'établissement d'une cartographie des zones où la présence de radon à des concentrations élevées dans les bâtiments est la plus probable.

Une cartographie des 31 départements prioritaires en termes de risque radon (fig. 2) a été établie suite aux résultats des analyses menées par l'IRSN en 2004 et en corrélation avec une carte géologique du territoire national. Ce classement est aujourd'hui en cours de révision afin de revoir cette cartographie à l'échelle communale sur la base des travaux menés par l'IRSN sur le potentiel d'exhalation des sols.



Figure 2. Cartographie des 31 départements déclarés prioritaires par les pouvoirs publics (14).

La cartographie du potentiel radon (qui devient un risque radon s'il est avéré par des mesures) des formations géologiques du territoire métropolitain a été établie par l'IRSN à la demande de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (fig. 3).

Cette cartographie a servi de base au classement des communes de chaque département (15).

Les communes à potentiel élevé sont localisées sur les formations géologiques présentant des teneurs en uranium les plus élevées avec notamment les grands massifs granitiques français (massif armoricain, massif central…) mais également certains grès et schistes noirs.

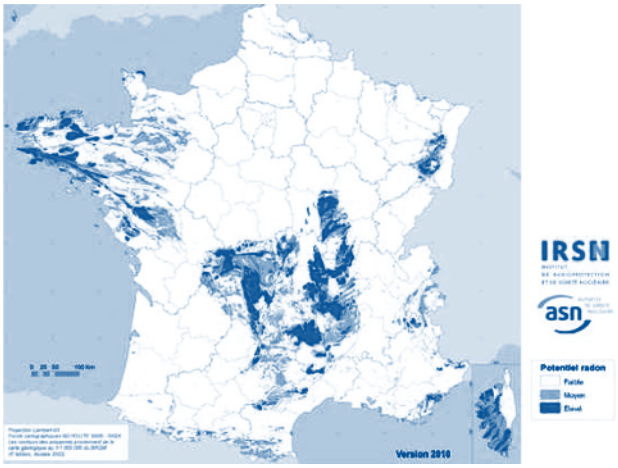


Figure 3. Carte du potentiel radon des formations géologiques (14).

Les communes à potentiel moyen sont localisées sur des failles importantes dont le sous-sol abrite des ouvrages miniers souterrains. Ces conditions géologiques particulières peuvent localement faciliter le transport du radon depuis la roche jusqu'à la surface du sol, augmentant ainsi la probabilité de concentrations élevées dans les bâtiments.

Les communes à potentiel faible sont localisées sur des sols présentant les teneurs en uranium les plus faibles : formations calcaires, sableuses et argileuses constitutives des grands bassins sédimentaires (bassin parisien, bassin aquitain).

Radon dans les bâtiments

La présence de radon à la surface du sol est fonction de sa teneur en uranium, avec des possibilités de transfert du radon du sous-sol vers la surface en fonction de la porosité et du degré de fissuration du sous-sol, ainsi que des conditions climatiques.

L'exposition au radon dans un bâtiment dépend de trois facteurs :

– la localisation géographique ;
– les caractéristiques du bâtiment ;
– le mode de vie des habitants.

L'entrée du radon dans les bâtiments résulte de nombreux paramètres environnementaux : concentration dans le sol, type de soubassement, perméabilité et humidité du sol, présence de fissures ou de fractures dans la roche sous-jacente (transfert convectif) ainsi que des caractéristiques propres au bâtiment : procédés et matériaux de construction (transfert diffusif), fissuration de la surface en contact avec le sol, systèmes de ventilation (fig. 4).

Dans une moindre mesure, la présence de radon dans les locaux peut avoir d'autres origines :

– l'air extérieur lorsque la dilution du radon émanant du sol ne peut pas s'effectuer, lors des phénomènes d'inversion thermique ou dans des vallées encaissées ;

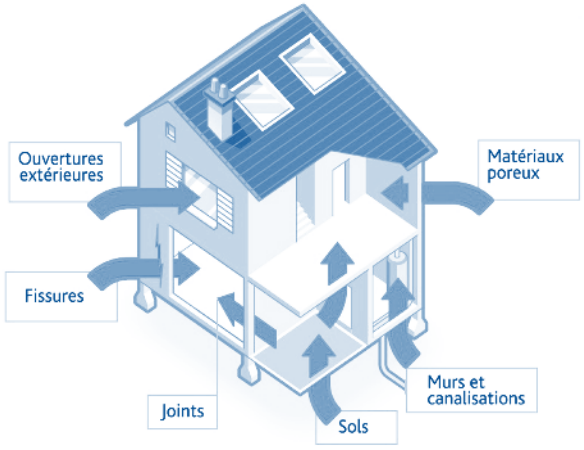


Figure 4. Voies d'entrées du radon dans un bâtiment (3).

– les matériaux de construction à teneur élevée en radium : bétons de schistes alunifères, roche granitique… (fig. 5) ;

– l'eau provenant de nappes souterraines situées en terrain granitique (16).



Figure 5. Exemple de maison bretonne en granit : murs en granit épais, petites fenêtres et absence de système de ventilation.

La concentration en radon varie selon les saisons et le mode de vie des habitants ; au cours d'une journée, en fonction de la ventilation des locaux, de la fréquence d'ouverture des portes et des fenêtres mais également en fonction du gradient thermique.

Ainsi, une habitation étanche par rapport au sol et bien aérée exposera moins ses occupants qu'une habitation mal ventilée.

Dépistage du radon

Cadre réglementaire

Le dépistage et la mesure de l'activité volumique du radon sont obligatoires dans les 31 départements identifiés comme prioritaires. Cette obligation est fixée par un cadre réglementaire, à la fois dans le CSP et dans le Code du travail.

Code de la santé publique

Le CSP impose depuis 2004 (17, 18) à certains lieux ouverts au public, situés dans les 31 départements prioritaires, les modalités de gestion du risque lié au radon : dépistage du radon obligatoire, définition des niveaux d'action, conduites à tenir en cas de résultats de dépistage supérieurs aux niveaux d'intérêts de 400 Bq/m^3 et 1 000 Bq/m^3.

Les établissements visés par la réglementation sont : les établissements d'enseignement, les établissements sanitaires et sociaux, les établissements thermaux et les établissements pénitentiaires.

Cette obligation de dépistage s'est de facto imposée au ministère de la Défense pour les hôpitaux, les infirmeries, les écoles, les crèches et haltes-garderies ainsi que les structures d'accueil des enfants (centres de loisirs et centres d'hébergement).

Code du travail

L'article R. 4451-136 du Code du travail fixe les règles de protection des travailleurs vis-à-vis de l'exposition au radon d'origine géologique ; il impose depuis 2008 aux employeurs de faire réaliser un dépistage du radon dans les lieux de travail souterrains, situés dans les 31 départements prioritaires et à prendre certaines mesures en fonction des résultats obtenus. Les activités ou catégories d'activités professionnelles pour lesquelles doivent être réalisées des mesures d'activités du radon sont précisées dans le Code du travail (18). Le dépistage est fonction du temps d'exposition des travailleurs, 1 heure/jour minimum ou 200 heures/an cumulées.

Lorsque les analyses effectuées révèlent des activités volumiques supérieures aux niveaux d'action, des mesures à mettre en œuvre par l'employeur sont décrites dans le Code du travail (19). Comme pour le CSP, les niveaux d'action sont de 400 Bq/m^3 et 1 000 Bq/m^3.

Qualification professionnelle

Les réglementations des Codes de la santé publique et du travail imposent de faire réaliser des mesures de la concentration en radon par des professionnels agréés de niveau 1 par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (20, 21). L'agrément est délivré pour cinq ans (un an seulement pour la première demande) par l'ASN.

Le personnel chargé des dépistages du radon doit impérativement avoir suivi et validé la formation dispensée par l'IRSN ou un autre organisme habilité.

L'agrément pour le dépistage du radon impose à l'organisme qui le demande de :

– respecter les prescriptions des arrêtés relatifs à la gestion du risque radon (17, 19), des normes en vigueur (22, 23), ainsi que la norme ISO NF EN 17 025 (24, 25) ;

– faire réaliser ces dépistages par du personnel qualifié et habilité ayant suivi et validé la formation dispensée par l'IRSN ou tout autre organisme habilité (26) ;

– rédiger un rapport annuel d'activités destiné à l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) (27) ;

– être inspecté par l'ASN.

La liste des organismes agréés est disponible sur le site internet de l'ASN.

Actuellement, le LASEM de Brest détient deux agréments :

– agrément N1A : mesure d'activité volumique du radon dans les bâtiments, y compris les bâtiments souterrains, depuis 2006 ;

– agrément N1B : mesure d'activité volumique du radon dans les cavités et ouvrages, depuis 2010.

Le LASEM de Brest dispose de deux personnels qualifiés et habilités.

Contexte du dépistage

Dans le cadre du dépistage d'un bâtiment, l'objectif est de déterminer si ce bâtiment ou une partie de celui-ci présente une valeur d'activité volumique moyenne annuelle de radon supérieure aux valeurs d'intérêt.

Pour les lieux ouverts au public et les bâtiments souterrains concernés par la réglementation relative au risque radon (CSP), le dépistage est réalisé par une mesure intégrée. Le dépistage consiste en la mise en place de détecteurs spécifiques de septembre à avril, pendant une période de deux mois minimum, dont au moins un mois durant la période de chauffe ou hivernale.

Dans les cavités et ouvrages souterrains, l'activité volumique du radon dépend d'interactions complexes de différents facteurs externes (gradient thermique entre l'intérieur et l'extérieur, humidité, variation de pression atmosphérique…) et internes (géologie, matériaux, ventilation…). Du fait de l'existence des variations spatiales et temporelles importantes de l'activité volumique du radon selon les saisons, le dépistage du radon dans les cavités et les ouvrages souterrains, est réalisé par deux campagnes successives de deux mois minimum chacune : une campagne hivernale (mi-décembre à fin mars) et une estivale (mi-juin à fin septembre).

Déroulement d'une campagne de dépistage du radon (28)

Pré-visite sur site

L'analyse des plans et une enquête obligatoire sur place permettent de déterminer les parties des ouvrages et des bâtiments concernées par la réglementation, puis d'élaborer la stratégie d'échantillonnage.

Stratégie de dépistage

Elle met en avant la notion de zones homogènes, fondamentale dans une stratégie d'échantillonnage. Ces zones homogènes présentent des caractéristiques identiques ou très voisines vis-à-vis de la pénétration du radon et de sa répartition à l'intérieur de ces zones. Il faut notamment prendre en compte l'interface sol-bâtiment (vide-sanitaire, sous-sol, dalle), le régime de ventilation et le gradient de température.

Le nombre de détecteurs utilisés pour un dépistage sera déterminé selon les surfaces et le nombre de zones homogènes : un capteur pour 200 m^2 d'une même zone homogène, au moins un dispositif par zone homogène et au minimum deux capteurs par bâtiment.

Capteurs

Le LASEM de Brest utilise des détecteurs solides de traces nucléaires (DSTN), capteurs intégrateurs passifs de configuration fermée, répondant aux exigences des normes en vigueur (25). Le radon pénètre dans un volume de détection par diffusion à travers une membrane qui laisse passer le gaz radon mais arrête les descendants solides de ce dernier. Le radon étant émetteur alpha, ce sont les impacts du radon sur le film qui sont comptés en coups par cm^2 ; le volume d'air entré dans le détecteur étant connu, le résultat est exprimé en Bq/m^3.

Après achat et avant leur pose, les détecteurs sont stockés au laboratoire dans un local régulièrement contrôlé.

L'implantation des dispositifs de mesure est réalisée en fonction de la fréquentation des lieux par le public dans le cadre du Code de la santé publique et par les travailleurs, dans le cadre du Code du travail. Les détecteurs doivent être positionnés entre un et deux mètres du sol, à distance des sources de chaleur et des points d'eau, dans des endroits limitant au maximum les risques de dégradation possible. Pour le dépistage d'une cavité ou d'un ouvrage souterrain, l'emplacement des capteurs sera identique pour les deux campagnes du dépistage.

Expression des résultats

L'objectif d'un dépistage, est d'obtenir une concentration moyenne annuelle par zone homogène. Ce résultat sera calculé sur la moyenne du temps d'exposition des détecteurs, soit environ deux mois pour un bâtiment et sur la moyenne des résultats des deux campagnes consécutives (été + hiver) pour une cavité et un ouvrage souterrain.

Interprétation des résultats (fig. 6)

Interprétation selon le Code santé publique (bâtiments).

Si toutes les valeurs sont inférieures à 400 Bq/m^3, aucune mesure particulière n'est prise : un dépistage doit être refait tous les dix ans. Lorsqu'au moins une valeur dépasse le niveau de 400 Bq/m^3, des actions simples seront mises en place : aération régulière du bâtiment, vérification des systèmes de ventilation, amélioration de l'aération naturelle des soubassements et entreprise éventuelle d'investigations complémentaires. Lorsqu'au moins un résultat des mesures effectuées dépasse le niveau de 1 000 Bq/m^3, des mesures simples doivent être aussitôt mises en œuvre et suivies immédiatement d'un diagnostic du bâtiment conduisant généralement à des travaux de remédiation. Toutes les mesures entreprises seront suivies d'un contrôle d'efficacité.

Interprétation selon le Code du travail (bâtiments souterrains, cavités et ouvrages souterrains)

Si toutes les valeurs sont inférieures au premier niveau d'intérêt, aucune disposition n'est à prendre et

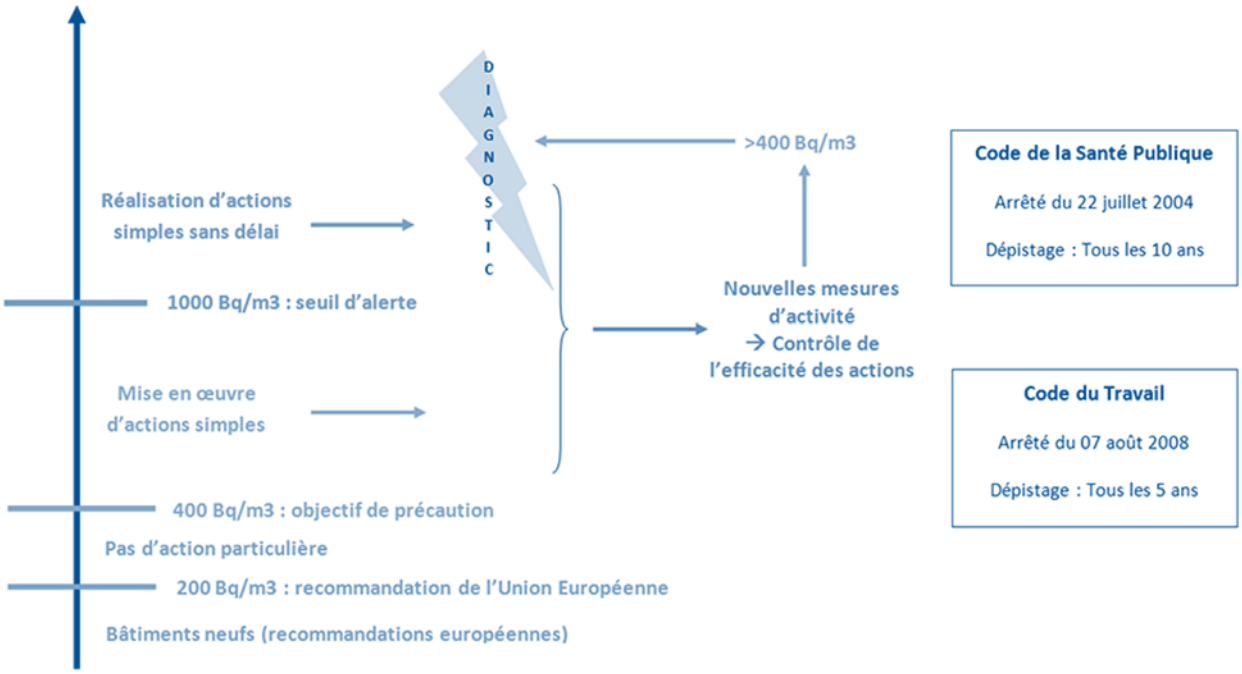


Figure 6. Mesures mises en œuvre selon les niveaux d'action.

un dépistage est à refaire dans 5 ans. Si une valeur est supérieure à 400 q/m^3, l'employeur met en œuvre les actions techniques nécessaires pour réduire l'exposition aussi basse que raisonnablement possible. Si des mesures simples ou des travaux de remédiation, ne peuvent être entrepris ou ne permettent pas de réduire l'activité volumique en dessous de 400 Bq/m^3, l'employeur met en place des mesures organisationnelles, notamment en aménageant les postes de travail, en limitant le temps de présence dans les lieux concernés. Lorsque l'activité volumique en radon mesurée est supérieure à 1 000 Bq/m^3, l'employeur est soumis aux dispositions réglementaires relatives à la radioprotection.

Si les travaux entrepris ne permettent pas de réduire l'activité volumique de radon en dessous des 400 Bq/m^3, une mesure annuelle de l'activité volumique de radon sera effectuée.

Après le dépistage, diagnostiquer

Quand une exposition à une concentration moyenne annuelle supérieure à 400 Bq/m^3 au radon est découverte, vient l'étape du diagnostic. Ce diagnostic, mené par un organisme agréé de niveau N2, consiste en une inspection méthodique du bâtiment permettant d'identifier les sources ainsi que les voies d'entrée et de transfert du radon dans un bâtiment.

Une fois le diagnostic posé et lorsque cela est possible, la remédiation est entreprise par un professionnel du bâtiment, avec deux objectifs : empêcher le radon d'entrer et diluer sa concentration. Des travaux de ventilation et d'assainissement permettent de faire diminuer la teneur en radon. L'efficacité des moyens mis en œuvre doit être toujours vérifiée par une mesure de la concentration en radon.

Pour certains ouvrages souterrains, il n'est pas possible d'entreprendre des travaux de remédiation (exemple : dimensions de l'ouvrage) et donc de descendre en dessous du premier niveau d'intérêt. C'est pour cette raison que dans le cadre du Code du travail, lorsque les actions techniques ne permettent pas de réduire l'activité moyenne annuelle en dessous des 400 Bq/m^3, l'employeur met en œuvre des moyens organisationnels afin de réduire l'exposition aussi bas que raisonnablement possible. D'une part, il doit aménager les postes de travail pour limiter le temps de présence et d'autre part, il fait réaliser dans ces lieux une mesure de l'activité volumique annuelle du radon.

Exemple d'une campagne de dépistage : campagne d'analyse des souterrains en 2010

Contexte de la campagne

La Base de Défense de Brest-Lorient possède de nombreux souterrains, plus particulièrement sur Brest, dont beaucoup sont occupés par des personnels. Depuis juillet 2010, après un inventaire des bâtiments et ouvrages souterrains concernés par la réglementation du Code du travail, le LASEM de Brest procède à des dépistages dans tous ces ouvrages. Sollicité par d'autres organismes du ministère de la Défense, extérieurs à la Base de Défense Brest-Lorient, le LASEM de

Brest réalise des dépistages pour des bases militaires opérationnelles de l'armée de l'Air ou d'autres directions du ministère de la Défense.

Entre 2010 et 2015, l'activité volumique du radon a été évaluée dans 17 souterrains, avec au total, 412 dispositifs de type ALGADE développés.

Résultats

Chaque souterrain étant constitué d'un nombre variable de zones homogènes (tab. I). Une valeur moyenne de l'activité radon par souterrain a été calculée.

Sur 17 souterrains analysés, 6 ont une activité radon supérieure à 1 000 Bq/m^3 et 5 ont une activité radon supérieure à 400 Bq/m^3 (fig. 7), ce qui nécessite d'intégrer le risque radon dans l'évaluation des risques professionnels.

Discussion

À l'issue de la campagne d'évaluation du risque radon, différentes actions de prévention ont été menées par les autorités en collaboration avec le LASEM de Brest :

– présentation de la réglementation et des résultats aux personnels des organismes concernés ;

– conseil et soutien aux chefs d'organisme ;

– études de poste par la Personne compétente en radioprotection (PCR) du LASEM ; complétées au besoin par des mesures en continu à l'aide d'un détecteur RADHOME® ;

Tableau I. Répartition des zones homogènes.

Organismes	Nombre de souterrains	Nombre de zones homogènes	Nombre de mesures (2010-2015)
A	2	5	412
B	9	22	
C	1	3	
D	2	4	
E	1	2	
F	2	14	

– confirmation, par de nouveaux dépistages, de l'efficacité des mesures organisationnelles prises ou des travaux réalisés.

Au regard des dernières études internationales, et conformément au dernier Plan National Santé Environnement (29), la réglementation devrait évoluer. La Directive 2013/59/EURATOM (30) a introduit de nouvelles obligations vis-à-vis de la gestion de ce risque, et elle fixe le niveau de référence à 300 Bq/m^3 pour tous les types de constructions. Saisi par la Direction générale de la santé (DGS), le Haut Conseil de santé publique (HCSP) a donné un avis favorable en mars 2010 au seuil de 300 Bq/m^3 retenu par la DGS pour l'habitat et les lieux ouverts au public. Cette directive devrait être transposée en droit français avant le 6 février 2018. Aucun souterrain de notre étude ne se situait entre 300 et 400 Bq/m^3.

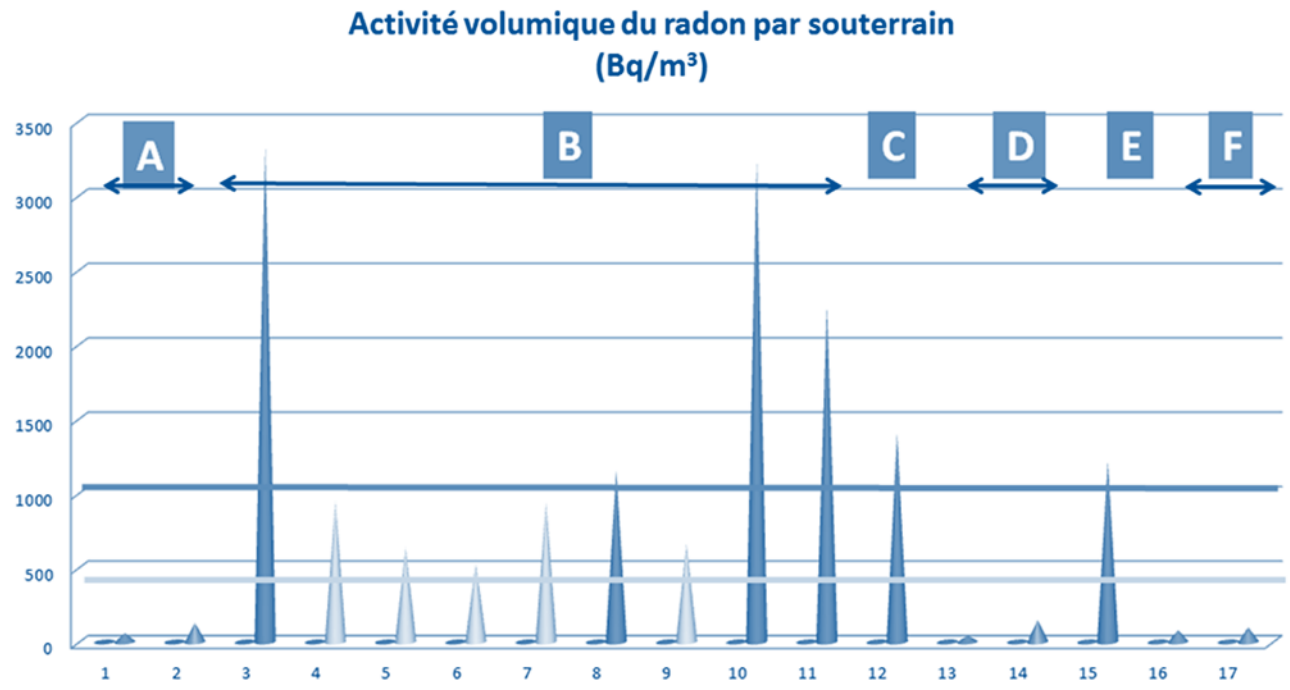


Figure 7. Activité Radon par souterrain.

DOSSIER

Conclusion

Depuis la prise en compte par les pouvoirs publics du risque radon pour la santé, la réglementation ne cesse d'évoluer avec pour objectif de diminuer les expositions domestiques et professionnelles de la population. Cette campagne de dépistage a permis de mettre en œuvre des mesures de santé publique visant à limiter le risque radon conformément au Code du travail. Ce type de mesure, une activité récente pour le LASEM de Brest, sera pérennisé du fait des obligations légales de ce suivi étant donné le caractère régional de ce risque et les implications pour la santé des personnels.

Les auteurs ne déclarent pas de conflit d'intérêt concernant les données présentées dans cet article.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. M. El Yamani, Formation du radon et de ses descendants radioactifs. AFSSET, janvier 2006.
2. IRSN, Livret thématique « Le Radon » ; 2006.
3. Institut national du cancer, Fiche repère – Radon et cancer. Plan cancer 2009-2013, Action 12.6 : Mieux informer sur les risques liés au radon dans l'habitat ;10 octobre 2011.
4. Rapport. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) ; 2009.
5. Avis paru au Journal officiel du 22 février 2005.
6. Lubin J, Boice JD, Edling JC, Hornung RW, Howe GR, Kunz E, et al. Radon and lung cancer risk : A joint analysis of 11 underground miner studies. National Institute of Health (NCI) ; 1994.
7. Darby SC, Whitley E, Howe GR, Hutchings SJ, Kusiak RA, Lubin JH, et al. Radon and cancers other than lung cancer in underground miners : a collaborative analysis of 11 studies. J Natl Cancer Inst 1995 ; 87 : 378-84.
8. World health organization – WHO – handbook on indoor radon : a public health perspective. World health organization ; 2009.
9. JL. Godet, ML. Perrin, E. Dechaux, C. Pineau. Controling exposure to radon, France, December 2006. INVS, BEH 2007 ;18-19.
10. Catelinois O, Rogel A, Laurier D, S. Billon, D. Hemon, P.Verger, et al. Évaluation de l'impact sanitaire de l'exposition domestique au radon en France INVS, BEH 2007 ;18-19.
11. International agency for research on cancer. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol 78. Ionizing radiation. Part 2 : Some internally deposited radionuclides. Lyon : IARC, 2001.
12. Catelinois O, Rogel A. Laurier D, S. Billon, D. Hemon, P.Verger, et al. Lung cancer attributable to indoor radon exposure in France : impact of the risk models and uncertainty analysis. Environ Health Perspect 2006 ;114:1361-6.
13. Darby S, Hill RD, Auvienen A, Barros-Dios J, Baysson H, Bochicchio F, et al. Radon in homes and risk of lung cancer : collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies ; 2004. BMJ. 330 (7485) : 223 ; doi : 10.1136/bmj.38308.477650.63 [Online 9 janvier 2016].
14. Gambard JP, Mitton N, Pirard P. Campagne nationale de mesure de l'exposition domestique au radon IRSN-DGS. Bilan et représentation cartographique des mesures au 1er janvier 2000. Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire.
15. P. Pirard, F. Franke, C. Thillier. Characterization of radon risks in regions : raising stakeholders'awareness of an underestimated public health issue. INVS, BEH 2007 ; 18-19.
16. Arrêté du 9 décembre 2015 fixant les modalités de mesure du radon dans les eaux destinées à la consommation humaine, y compris dans les eaux conditionnées à l'exclusion des eaux minérales naturelles, et dans les eaux utilisées dans une entreprise alimentaire ne provenant pas d'une distribution publique, dans le cadre du contrôle sanitaire, pris en application des articles R. 1321-10, R. 1321-15 et R. 1321-16 du Code de la santé publique.
17. Arrêté du 22 juillet 2004 relatif aux modalités de gestion du risque radon dans les lieux ouverts au public.
18. Décret n° 2002-460 du 4 avril 2002 relatif à la protection générale des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants.
19. Arrêté du 7 août 2008 relatif à la gestion du risque lié au radon dans les lieux de travail.
20. Arrêté du 8 décembre 2008 portant homologation de la décision n° 2008-DC-0110 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 26 septembre 2008 relative à la gestion du risque lié au radon dans les lieux de travail
21. Arrêté du 14 avril 2006 relatif aux conditions d'agrément d'organismes habilités à procéder aux mesures d'activité volumique du radon dans les lieux ouverts au public.
22. Décision ASN n° 2009-DC-0134 du 7 avril 2009 fixant les critères d'agrément des organismes habilités à procéder aux mesures de Radon.
23. NF ISO 11665-1 : mesurage de la radioactivité dans l'environnement – Air : le radon 222 – Origine du radon et de ses descendants à vie courte, et méthodes de mesure associées.
24. NF ISO 17025 : prescriptions générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais
25. NF M60-772 : mesurage de la radioactivité dans l'environnement – Air : le radon 222 dans les cavités et ouvrages souterrains : méthodologie appliquée au dépistage.
26. Décision ASN n° 2009-0C-0136 du 7 avril 2009 relative aux objectifs, à la durée et au contenu des programmes de formation des personnes qui réalisent les mesures de radon.
27. Décision ASN n°2015-DC-0507 du 9 avril 2015 relative aux règles techniques de transmission des résultats de mesure de radon réalisées par les organismes agréés.
28. NF ISO 11665-8 : mesurage de la radioactivité dans l'environnement – Air : radon 222 – Partie 8 : méthodologies appliquées aux investigations initiales et complémentaires dans les bâtiments.
29. Plan national santé environnement 2015-2019.
30. Directive EURATOM 2013/59 : normes de base relatives à la protection sanitaire contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants.