

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

# Mesurage de l'activité volumique du radon dans les cavités

## GUIDE MÉTHODOLOGIQUE

DEI/SARG/2008-029



Système de management  
de la qualité IRSN certifié

DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT  
ET DE L'INTERVENTION

Service d'analyse des risques liés à la géosphère

Demandeur	ASN
Référence de la demande	Saisine DEP-DIS N°0082-2008
Numéro de la fiche programme	03D/T01-002/09
Processus de rattachement	R1






### Mesurage de l'activité volumique du radon dans les cavités

#### Guide méthodologique

Bureau d'évaluation des risques liés à la radioactivité naturelle

R. AMÉON

Rapport DEI/SARG/2008-029

	Réservé à l'unité		Visas pour diffusion		
	Auteur(s)	Vérificateur(s)	Chef du SARG	Directeur de la DEI	Directeur Général de l'IRSN
Noms	R. AMÉON	L. MARIE	D. GAY <i>li. n. 05</i>	D. CHAMPION	J. REPUSSARD
Dates	<i>25/04/08</i>	<i>28/04/08</i>	<i>30/04/08</i>	<i>19/05/08</i>	<i>20/05/08</i>
Signatures					

DIFFUSION : Libre  Interne  Limitée

# SOMMAIRE

<b>1 INTRODUCTION.....</b>	<b>2</b>
<b>2 LE RADON DANS LES CAVITES NATURELLES .....</b>	<b>2</b>
<b>3 METHODOLOGIE SUIVIE LORS DU DEPISTAGE .....</b>	<b>4</b>
3.1 IMPLANTATION DES DISPOSITIFS DE MESURE .....	4
3.1.1 Détermination des zones homogènes .....	4
3.1.2 Nombre de dispositifs de mesures à implanter .....	4
3.1.3 Implantation des dispositifs de mesure dans une zone homogène .....	5
3.2 POSE ET DEPOSE DES DISPOSITIFS DE MESURE .....	5
3.3 EXPRESSION DES RESULTATS DE MESURE .....	5
<b>4 TYPE DE DISPOSITIFS DE MESURE DU RADON .....</b>	<b>6</b>
<b>5 DOCUMENTS DE REFERENCE.....</b>	<b>6</b>

# **1 INTRODUCTION**

La mise en évidence de la présence de radon dans une cavité, par des mesures comparables aux valeurs d'intérêt fixées par les pouvoirs publics, doit être réalisée au moyen d'un dépistage. L'objectif de ce dépistage est de déterminer si tout ou partie de la cavité présente une valeur moyenne annuelle de l'activité volumique du radon supérieure à une ou des valeurs d'intérêt.

Contrairement aux bâtiments pour lesquels le dépistage des concentrations de radon est réalisé par des mesures intégrées de l'activité volumique du radon, conformément aux exigences de la norme AFNOR NF M60-771, le mesurage du radon dans les cavités souterraines n'est pas codifié par un texte normatif. Toutefois, une méthodologie spécifique a été développée par l'IRSN dans le cadre d'études dédiées à la caractérisation des teneurs en radon dans différentes cavités souterraines.

L'expression « cavité souterraine » désigne généralement l'ensemble des vides d'origine naturelle ou anthropique situés sous terre. Ils peuvent être classés en trois grandes catégories :

- les cavités naturelles issues pour l'essentiel de la dissolution plus ou moins rapide de carbonates (calcaires, dolomies, craie, ...) ou de sulfates (gypse, ...) par des circulations d'eau au sein de la roche ;
- les vides anthropiques, hors concessions minières, parmi lesquels se trouvent les carrières souterraines relatives à l'extraction des matériaux destinés à la construction, les marnières, les caves, les ouvrages civils (tunnels, aqueducs, ...) et militaires (sapes de guerre) ;
- les mines (charbon, métaux, sels, ...).

Dans le cadre de la mise en place de la réglementation relative à la protection des travailleurs vis-à-vis de l'exposition au radon d'origine géologique (article R. 4457-6 du code du travail), seuls quelques types de cavité, et notamment les cavités naturelles, liés à des activités professionnelles particulières (article R. 4457-8 du code du travail) sont concernés par le mesurage du radon.

Le présent document présente la méthodologie applicable au dépistage du radon dans une cavité souterraine naturelle. Elle est fondée à la fois sur la démarche initiée par la norme AFNOR NF M60-771 pour la réalisation d'un dépistage et sur les résultats d'études réalisées par l'IRSN dans les grottes karstiques et les cavités souterraines agricoles françaises (cf. rapports techniques, référencés IRSN/DEI/SARG-05-12, IRSN/DEI/SARG-07-05 et IRSN/DEI/SARG-07-27). Elle s'applique à tout type de cavité naturelle quels que soient sa configuration, ses volumes et son degré d'échange avec l'extérieur.

La mise en œuvre de cette méthodologie requiert des connaissances relatives au radon et aux cavités. Elle est, de ce fait, du ressort d'organismes compétents au sens de la réglementation.

## **2 LE RADON DANS LES CAVITES NATURELLES**

Les cavités karstiques, formées par l'érosion des carbonates, calcaires et dolomies, suite aux ruissellements et infiltrations d'eaux contenant de l'acide carbonique, ont des dimensions très

variables. Le réseau karstique est constitué d'une série de salles et boyaux pouvant s'étendre sur plusieurs kilomètres. La hauteur de ces salles peut atteindre plusieurs dizaines de mètres et leur extension plusieurs dizaines de mètres carrés.

L'activité volumique du radon dans une grotte dépend d'une inter-relation complexe entre différents facteurs externes (le gradient thermique entre l'intérieur et l'extérieur, la vitesse du vent, les variations de pression atmosphérique, l'humidité) et internes (géomorphologie karstique, porosité et teneur en radium des sédiments et de la roche). Elle peut toutefois s'apprécier plus simplement à partir de la prise en compte du **terme source de radon** et du **degré d'échange avec l'atmosphère extérieure**.

Dans le cas des cavités karstiques, les sédiments argileux (résidus insolubles primitivement contenus dans les carbonates) qui recouvrent le sol constituent généralement la source principale de radon, la roche calcaire encaissante (roche à faible teneur en uranium) ne représentant qu'une source secondaire. Parfois, l'eau est un vecteur non négligeable de radon dans les grottes, soit par percolation de l'eau de pluie à travers la roche calcaire qui permet le transport du radon vers les profondeurs, soit par dégazage de l'eau circulante.

Dans une même cavité, il n'est pas rare d'observer des variations spatiales et temporelles de l'activité volumique du radon.

La variation spatiale est due, par ordre d'importance, à :

- des taux de ventilation variables dans différentes zones de la cavité, les concentrations étant d'autant plus élevées à mesure que l'on s'éloigne de l'entrée. Des différences d'un facteur 8 peuvent ainsi être mises en évidence entre l'entrée et le fond d'une grotte où l'atmosphère est plus confinée. Des accès multiples et séparés peuvent permettre une meilleure ventilation des grottes et ainsi expliquer des teneurs en radon plus basses ;
- des variations des propriétés texturales et chimiques des sédiments (teneur en radium, tailles des particules, porosité, perméabilité). Ces propriétés influencent le phénomène d'exhalation du radon en interférant à la fois sur l'émanation du radon (formation du radon à l'échelle microscopique) et son transport dans le sol. Ceci se traduit par des variations du flux d'exhalation mesuré en divers endroits d'une cavité.

Les fluctuations temporelles de l'activité volumique du radon peuvent être observées à l'échelle de la journée, elles sont alors liées à des changements de ventilation du fait de l'activité humaine dans la cavité. Plus généralement, de grandes variations saisonnières sont mises en évidence du fait de gradients thermiques et de gradients de pression existant entre l'intérieur et l'extérieur de la cavité.

- les gradients thermiques sont favorables à un transport vertical convectif à travers de grandes ouvertures. C'est le cas des grottes ayant de larges entrées ou de multiples accès. La température à l'intérieur des cavités reste stable tout au long de l'année, seule la température extérieure évolue en fonction des saisons, engendrant ainsi des variations saisonnières de l'activité volumique du radon. En majorité, les grottes présentent des teneurs en radon plus élevées l'été que l'hiver et leur évolution au cours de l'année est corrélée avec la température extérieure ;

- les gradients de pression engendrent un mouvement d'air à travers les fissures. Dans le cas des grottes confinées, ces changements de pression atmosphérique, en contrôlant le transport du radon, sont responsables des variations de concentration.

### **3 METHODOLOGIE SUIVIE LORS DU DEPISTAGE**

Le dépistage du radon dans une cavité suit un protocole en trois phases :

- choix de l'implantation des dispositifs de mesure ;
- pose et dépose de ces dispositifs ;
- expression et interprétation des résultats de mesure par rapport aux valeurs d'intérêt.

Seules les méthodes de mesure intégrée avec un prélèvement passif et une analyse en différé sont utilisées dans le cadre du dépistage radon. Ces méthodes et les dispositifs de mesure associés doivent être conformes à la norme AFNOR NF M60-766<sup>1</sup>.

#### **3.1 IMPLANTATION DES DISPOSITIFS DE MESURE**

Les dispositifs de mesure sont implantés dans les « zones homogènes » de la cavité.

##### ***3.1.1 DETERMINATION DES ZONES HOMOGENES***

Une zone homogène est une zone dont les caractéristiques vis-à-vis de la pénétration du radon (sol, roche encaissante, sédiment, eau souterraine) et de sa répartition à l'intérieur de ses volumes (ventilation naturelle, gradient thermique, ventilation forcée) sont identiques ou très voisines.

En pratique, une zone homogène est principalement définie sur la base des critères suivants :

- même source potentielle de radon ;
- même degré d'échange avec l'atmosphère extérieure ;
- même volume.

##### ***3.1.2 NOMBRE DE DISPOSITIFS DE MESURES A IMPLANTER***

Pour tenir compte de la grandeur et de la complexité de la cavité souterraine, le nombre de dispositifs à planter est d'au moins un dispositif par zone homogène retenue avec un minimum de deux par cavité ou galerie.

Si la zone homogène est de grande surface, au moins un dispositif doit être implanté par « tranche » de surface de 200 m<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> relative aux méthodes de mesure intégrée de l'activité volumique moyenne du radon dans l'environnement atmosphérique, avec un prélèvement passif et une analyse en différé

### ***3.1.3 IMPLANTATION DES DISPOSITIFS DE MESURE DANS UNE ZONE HOMOGENE***

Les lieux d'implantation des instruments de mesures sont choisis au regard des postes de travail, ainsi seules les zones homogènes dans lesquelles des personnes sont susceptibles de séjourner plus d'une heure par jour sont retenues (sont exclues les parties des cavités non fréquentées par les travailleurs).

Le dispositif de mesure doit être placé sur une surface dégagée à une hauteur comprise entre 1 m et 2 m du sol, dans les conditions suivantes :

- l'emplacement est choisi en laissant un espace libre d'au moins 20 cm autour du dispositif de mesure, de sorte que celui-ci soit ouvert à l'ambiance de la zone ;
- l'emplacement est choisi de telle sorte que les conditions de pose ne soient pas modifiées pendant la mesure, pour une quelconque raison (aspersion d'eau, chute d'objets, intervention des techniciens, curiosité, etc.). Le dispositif de mesure doit être placé en sécurité durant son exposition ;
- des recommandations doivent être faites aux occupants afin d'éviter la dégradation des conditions d'exposition du dispositif de mesure.

## **3.2 POSE ET DEPOSE DES DISPOSITIFS DE MESURE**

Afin d'approcher la valeur moyenne annuelle de l'activité volumique du radon dans la cavité et de ne pas la sous-évaluer, il est recommandé :

- de réaliser la mesure en périodes hivernale et estivale pour tenir compte des variations saisonnières de l'activité volumique du radon dans les cavités. Toutefois, si l'activité professionnelle exercée dans la cavité n'est que saisonnière, la période de mesure sera adaptée à la période de présence des personnes ;
- de laisser les dispositifs de mesure en place pendant une durée d'au moins deux mois pour chaque période de mesure définie.

Les dispositifs doivent être mis en position « mesure » au moment de la pose et en position « arrêt » lors de la dépose (voir recommandations des fournisseurs des dispositifs).

## **3.3 EXPRESSION DES RESULTATS DE MESURE**

Dans tous les cas et afin de pouvoir interpréter les résultats, les conditions de mesure doivent être correctement documentées.

Pour chaque période de mesure, une seule valeur d'activité volumique est attribuée par zone homogène.

Cette attribution est réalisée en considérant l'ensemble des résultats obtenus par zone.

- 1<sup>er</sup> cas : la disparité des résultats observée est inférieure aux incertitudes de mesure : on calcule alors la valeur moyenne sur l'ensemble de la zone considérée. Cette valeur est attribuée à la zone.
- 2<sup>nd</sup> cas : la disparité observée est supérieure aux incertitudes de mesure. On procède à une recherche des causes pouvant entraîner cette disparité. Si la cause n'est pas d'origine instrumentale ou méthodologique, la valeur la plus élevée est attribuée à la zone homogène.

Si une seule période de mesure est préconisée (activité professionnelle saisonnière), la valeur d'activité volumique attribuée par zone homogène, sans tenir compte de son incertitude, est comparée aux valeurs d'intérêt.

Si deux périodes de mesure sont préconisées (activité professionnelle annuelle), la moyenne des valeurs d'activité volumique attribuées par zone homogène au cours de chaque série de mesure, sans tenir compte de son incertitude, est comparée aux valeurs d'intérêt.

## **4 TYPE DE DISPOSITIFS DE MESURE DU RADON**

La mesure doit être réalisée au moyen de dosimètres intégrateurs passifs (détecteurs solides de traces nucléaires, DSTN, ou détecteurs à électrets) répondant aux exigences de la norme AFNOR NF M60-766.

Compte tenu de la forte variabilité du facteur d'équilibre dans l'atmosphère des cavités, seuls les dosimètres intégrateurs passifs dits « en configuration fermée » sont utilisés dans les différents locaux de l'établissement. Ces dispositifs sont constitués d'une chambre qui sert de volume de détection et qui ne permet que la diffusion du radon. Ils permettent de s'affranchir de l'influence des descendants du radon présents dans l'atmosphère analysée. Dans ce cas, il n'est donc pas nécessaire de connaître la valeur du facteur d'équilibre.

En outre, de tels dispositifs possèdent l'avantage d'être moins sensibles à l'humidité que les détecteurs dits « en configuration ouverte ».

## **5 DOCUMENTS DE REFERENCE**

Améon R., 2005. *Le radon dans les grottes ornées. Définition et application d'un protocole de mesure.* Rapport Technique IRSN/DEI/SARG-05-012.

Améon R., Diez O., 2007. *Le radon dans les sites agricoles souterrains.* Rapport Technique IRSN/DEI/SARG-07-027.

Marie L., Améon R., Diez O., Dupuis M., 2007. *Le radon dans les grottes ornées. Campagne de mesures estivales et synthèse de l'étude.* Rapport Technique IRSN/DEI/SARG-07-005.