



La Surveillance de l'Air en Limousin



# > Le risque radon et ses remédiations

Volume 6 :  
Aspects remédiations



## **Membres du Comité de Pilotage du Projet Radon**

### **Limoges Métropole**

**Docteur Charissoux**

### **CEMRAD**

**Professeur Decossas**

**Professeur Vareille**

### **Conseil Général de la Haute-Vienne**

**Madame Boirel**

### **Conseil Régional du Limousin**

**Monsieur Jeanmeure**

### **D.D.A.S.S. de la Creuse**

**Monsieur Duchez**

### **D.D.A.S.S. de la Corrèze**

**Monsieur Couarraze**

### **D.D.A.S.S. de la Haute-Vienne**

**Monsieur Jaouen**

### **DRIRE**

**Monsieur Rio**

### **LIMAIR**

**Monsieur le Président Daniel**

**Monsieur Feuillade**

**Mademoiselle Niort**

### **Limousin Nature et Environnement**

**Monsieur Bollinger**

## Sommaire

<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>A. Sources de radon dans l'habitat</b>	<b>2</b>
<b>B. L'effet de cheminée</b>	<b>3</b>
<b>C. Habitations existantes</b>	<b>3</b>
1. Les premières actions à exécuter	4
1.1. Favoriser le renouvellement d'air	4
1.2. Eliminer les principales voies d'infiltration du radon	5
2. Les solutions de remédiation plus sévères	6
<b>D. Habitations à construire</b>	<b>9</b>
<b>E. Contenu d'un devis</b>	<b>11</b>
<b>Conclusion</b>	<b>12</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>13</b>
<b>Annexe</b>	<b>16</b>

## Introduction

En 1987, le radon a été reconnu par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) cancérigène pulmonaire pour l'homme sur la base d'études expérimentales animales et épidémiologiques chez les mineurs d'uranium [Cla-1, Don-1, Lel-1, Lub-1, Mel-1, Sen-1, Tir-1, Tir-2, Tir-3]. Il est la deuxième cause du cancer du poumon après le tabac. L'association « tabac et radon » est encore plus dangereuse car il existe une synergie entre ces deux éléments. Le radon se dilue rapidement dans l'atmosphère dès qu'il atteint la surface du sol grâce au vent et aux différentes turbulences atmosphériques [Pel-1]. Mais il n'en va pas de même lorsqu'il s'infiltré par les fissures dans les dalles et les murs, par les conduites, les passages de câbles, ..., jusqu'à l'intérieur des habitations calfeutrées (figure 1). Piégé, il peut s'accumuler et atteindre des concentrations inquiétantes et augmenter ainsi le risque de développer un cancer [Rob-1].

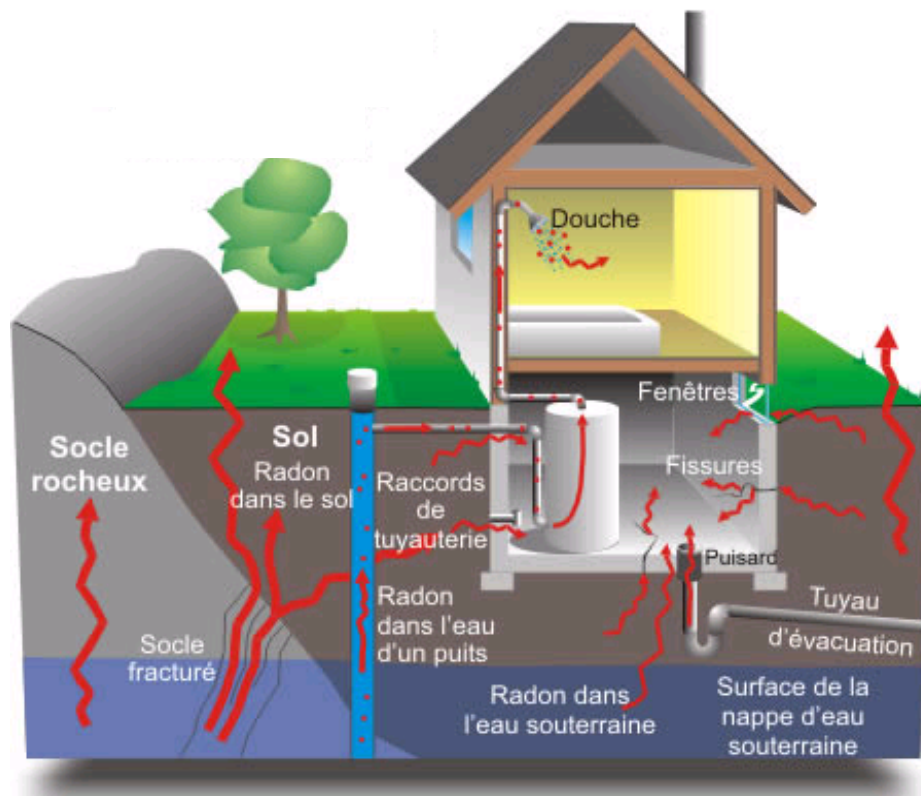


Figure 1 : les différentes zones d'infiltration du radon dans l'habitat [Nrc-1]

Ce rapport donne un aperçu des mesures à prendre pour diminuer la concentration en radon dans les habitations existantes. Les solutions techniques proposées sont non exhaustives, pour obtenir un complément d'informations, il est possible de consulter, par exemple, les cahiers du CSTB [Col-1, Col-2], le manuel Suisse [Ofs-1] et les fiches techniques de l'IRSN et/ou de contacter les organismes concernés. Une liste de sites Internet traitant du sujet est donnée respectivement en annexe.

Ce document comporte cinq parties. Les deux premières traitent respectivement des sources de radon dans l'habitat et de l'effet de cheminée. Les troisième et quatrième parties sont dédiées aux solutions de remédiation à appliquer dans l'habitat existant et lors de la construction de nouvelle habitation (ou agrandissement). La dernière partie est, quant à elle, consacrée au contenu d'un devis d'un entrepreneur qui sera chargé d'exécuter les travaux de remédiation.

## **A. Sources de radon dans l'habitat** [Cea-1, Ofs-1, Ofs-2, Paw-1, Pel-1]

Avant d'aborder les actions à mener pour réduire la concentration de radon, il est important de rappeler que le sol, les matériaux de construction, l'air atmosphérique extérieur, l'eau du robinet, le gaz naturel (tableau 1) représentent, à des degrés variés, les principales sources de radon dans l'habitat [Paw-1].

Source de radon	%
Le sol	77,9
Les matériaux de construction	12,0
L'air atmosphérique	9,3
L'eau du robinet	0,2
Le gaz naturel	0,6

Tableau 1 : sources de radon dans un bâtiment avec ventilation une fois par heure [Paw-1]

Le sol est la principale source de radon. Certains types de roches, telles que les roches granitiques et volcaniques, sont plus émetteurs de radon compte tenu de leur teneur en uranium et leur grande porosité [Cea-1]. Concernant les matériaux de construction, ils contribuent dans une plus faible proportion à l'émission du radon dans les locaux d'habitation [Ofs-1, Ofs-2, Paw-1]. Cependant dans les maisons très anciennes, les cheminées monumentales construites à base de blocs granitiques peuvent avoir une contribution non négligeable sur la teneur en radon dans l'habitat. Le dégagement du radon, appelé également « taux d'exhalation » et exprimé en Bq/(m<sup>2</sup>.h) varie en fonction des matériaux de construction [Ofs-1]. Le taux d'exhalation d'un matériau de construction donné est fonction de la concentration en radium, la porosité et l'humidité. Plus le matériau est imperméable, plus le radon se désintègre à l'intérieur même du matériau et le polonium non volatil reste dans le matériau sans présenter de danger pour la santé. Le tableau 2 donne le taux d'exhalation de quelques matériaux de construction.

Matériau	Taux d'exhalation [Bq/(m <sup>2</sup> .h)]
Grès naturel	1,0
Porphyre	3,3
Grès calcaire	0,9
Brique	0,2
Pierre ponce naturelle	1,5
Scories métallurgiques	0,6
Béton	1,1
Béton cellulaire	1,0
Plâtre naturel	0,2
Plâtre chimique, apatite	0,4
Plâtre chimique, phosphorite	24,1

Tableau 2 : taux d'exhalation de radon de certains matériaux de construction [Ofs-1]

L'air atmosphérique contribue faiblement à la teneur en radon dans les locaux d'habitation. Généralement, le radon est très vite dilué à l'extérieur à cause des turbulences atmosphériques [Pel-1, Paw-1]. Mais, le relief de la zone géographique peut jouer un rôle, notamment si l'habitation est encaissée entre plusieurs monts (ou montagnes). Au même titre que d'autres polluants, le gaz radon extérieur peut stagner.

Le radon se dissout dans l'eau mais certaines maisons sont encore alimentées en eau de puits [Ofs-2, Paw-1]. Si ce puits est creusé dans de la roche granitique, la concentration en radon peut donc être élevée dans l'eau et se diffuser dans les locaux d'habitation grâce à une différence de pression et aux canalisations.

Le gaz naturel contient une faible teneur en radon. Celui-ci peut être transporté par les canalisations d'alimentation [Ofs-2, Paw-1].

## **B. L'effet de cheminée** [Ofs-2]

Une légère dépression dans la maison suffit pour que l'air chargé en radon soit transporté du sol vers l'intérieur des locaux. Une aspiration du radon et de ses descendants est produite par la montée d'air chaud. C'est ce que l'on appelle l'effet de cheminée. Comme le radon est un gaz, il peut facilement circuler dans le sol. Dans un terrain non compact tel que du gravier, il peut monter par des interstices. Dans un sol plus compact, il trouvera souvent des fentes ou des fissures par lesquelles il pourra atteindre l'air libre. Sa densité étant plus importante que celle de l'air, il a tendance à rester au voisinage du sol. Au fur et à mesure de la montée dans les étages, sa concentration décroît. Souvent, dès le deuxième étage, les valeurs mesurées sont plus faibles.

Quelle que soit la saison, sous l'effet des variations quotidiennes de température et de pression de l'air, l'effet de cheminée varie continuellement. Mais par temps froid, comme les appareils de chauffage sont actifs, l'air dans les habitations est réchauffé et l'effet d'aspiration dans les caves est renforcé.

Pour réduire cet effet d'aspiration et donc diminuer la concentration de radon au sein de l'habitat, il existe plusieurs solutions techniques.

## **C. Habitations existantes**

Les solutions de remédiation varient considérablement en complexité, en coûts de réalisation et en efficacité à long terme [Col-1, Ell-1, Epa-1, Ofs-1, Ofs-2, Sch-1, Vsi-1]. Leur application dépendra [Sch-1] :

- des caractéristiques de l'habitation à considérer,
- de la concentration en radon à l'intérieur,
- des voies de pénétration du radon,
- de la qualité d'exécution des travaux,
- ... .

Les principales solutions techniques à mettre en application consistent essentiellement à :

- prendre les mesures nécessaires pour étancher les fissures, les jointures des sols et des parois en contact avec le terrain ou encore des conduites souterraines pénétrant dans la maison,
- séparer de façon hermétique les parties habitées des parties inhabitées,

- remplacer le sol des caves en terre ou gravier par du béton,
- ventiler l'air chargé en radon vers l'extérieur pour le remplacer par de l'air frais.

Selon la sévérité du problème, l'application d'une seule méthode peut s'avérer insuffisante pour s'en affranchir ; dans ces conditions, plusieurs solutions doivent être combinées simultanément. Bien souvent, les maisons modernes sont trop « hermétiques ». Ainsi, le gaz radon comme d'autres polluants de l'air ambiant reste confiné. Sa présence est alors révélatrice d'un manque de renouvellement d'air et donc plus généralement d'une pollution ambiante de l'air.

## **1. Les premières actions à exécuter**

Certains cas ne nécessitent pas obligatoirement l'intervention d'une entreprise.

### **1.1. Favoriser le renouvellement d'air**

#### **➤ Ouvrir les portes et les fenêtres**

La première action que les particuliers peuvent faire est d'aérer leur habitat en ouvrant les fenêtres et les portes.

#### **➤ Vérifier l'état des bouches d'aération**

Parfois, à tort, les bouches d'aération ont été volontairement obstruées pour une question de confort personnel (entrée d'air froid l'hiver). Il faut donc les déboucher.

#### **➤ Tester le bon fonctionnement de la VMC**

Concernant les habitations équipées d'une VMC, son fonctionnement doit être régulièrement contrôlé car parfois, suite à un orage, un fusible peut être défectueux. Un moyen simple pour tester son bon fonctionnement consiste à présenter une feuille de papier devant la VMC, si la feuille bouge légèrement alors la VMC est active. Le débit d'air de la VMC doit être suffisant afin d'assurer un rendement d'extraction correct du radon et des autres polluants de l'air ambiant.

Certaines fenêtres sont équipées, en leur sommet, de voies d'aération. Si un système de ventilation VMC a été installé au centre du plafond alors l'échange d'air avec les fenêtres ne se fait qu'à quelques centimètres du plafond et donc n'a aucune efficacité sur le renouvellement d'air de l'ensemble de la pièce considérée.

#### **➤ Sécuriser les installations de chauffage** [ Col-1, Ell-1, Epa-1, OfS-1, OfS-2, Sch-1, Vsi-1]

Les personnes âgées vivant à la campagne avaient pour habitude d'aérer leur maison équipée de cheminée ou de poêles à bois afin d'évacuer la fumée et d'augmenter le « tirage ». Lorsque ces deux types d'appareils de chauffage ne sont pas utilisés, il est conseillé de veiller à ce que le registre de la cheminée soit en position fermée <sup>[Sch-1]</sup>. L'installation d'un conduit d'air de combustion et d'un conduit d'air neuf est souhaitable afin de garantir une meilleure qualité de l'air et d'améliorer l'efficacité énergétique et la sécurité des installations de chauffage <sup>[Col-1, Ell-1, Epa-1, OfS-1, OfS-2, Sch-1, Vsi-1]</sup>. De plus, cette action permet d'éviter les risques de vols liés à l'ouverture des fenêtres <sup>[Sch-1]</sup>.

Il est également important d'ouvrir une fenêtre adjacente lorsqu'un ventilateur d'extraction relié à l'extérieur tel que le ventilateur de la salle de bain, la hotte de la cuisine, ..., est employé.

## 1.2. Eliminer les principales voies d'infiltration du radon

Cela implique de faire une inspection totale de l'habitation. Chaque pièce doit être minutieusement scrutée. Ce travail peut s'avérer délicat pour un non spécialiste car certaines fissures peuvent être invisibles ou petites alors que d'autres sont importantes et faciles à déceler <sup>[Sch-1]</sup>. Les différents points à contrôler dans l'habitat sont :

### □ *La cave* <sup>[Sch-1]</sup>

Des odeurs de moisi et une humidité élevée dans la cave suggèrent un renouvellement d'air insuffisant et des entrées d'humidité. Les fenêtres ouvertes menant dans un saut-de-loup peuvent constituer un point de pénétration du radon. Les plafonds légers (planchers sur poutres) sont souvent très perméables. Il est nécessaire d'identifier la nature du plafond dans les différentes parties de la cave (plancher sur poutres, hourdis, planchers sur poutrelles métalliques, dalle en béton armé, ...) et d'observer la présence de fissures ou de trous (courant d'air perceptible avec la main). Le radon se propage dans les locaux d'habitation en passant essentiellement par les joints du plafond de la cave. Une difficulté peut apparaître lorsque le plafond n'est pas visible dans toutes les parties de la cave. La jonction entre les poutres, hourdis et le plafond de la cave doit être étanchéifiée grâce à du mastic polyuréthane, un produit de scellement.

Une attention doit être également portée sur la porte d'accès à la cave. Selon son état et si elle comporte une ancienne serrure avec un trou de grand diamètre, elle peut contribuer à la pénétration du radon dans les locaux d'habitation. Une porte étanche ne sera guère efficace si l'escalier d'accès n'est pas lui même étanche.

Concernant les maisons rénovées pour lesquelles, les murs ont été doublés par des murs de parpaings et sur lesquels reposent l'ossature du plancher, il est conseillé de remplir les parpaings du sommet de papier journal et ensuite de mortier ou de mousse à expansion (figure 2).

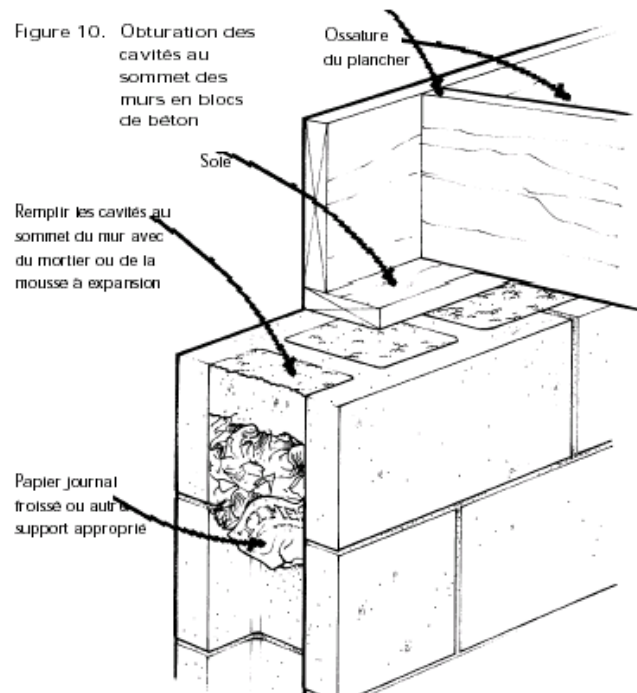


Figure 2 : obturation des cavités au sommet des murs en blocs de béton <sup>[Sch-1]</sup>



### ❑ **Les conduites** <sup>[Ofs-1, Sch-1]</sup>

Une attention doit être apportée à la jonction entre les conduites de canalisation, de gaz naturel et de mazout, les câbles électriques, et leur environnement. Dans pratiquement toutes les caves, on trouve des conduites provenant de l'extérieur pouvant drainer des volumes de terrain considérables et être à l'origine d'infiltrations de radon. L'emploi d'un mastic de polyuréthane ou d'un produit de scellement coulable permet d'empêcher le radon de progresser du sol et/ou de l'extérieur vers l'intérieur de l'habitat. Il faut toutefois assurer auparavant une bonne préparation de la surface. La procédure est généralement expliquée sur le tube ou le paquet du produit servant à l'étanchéité.

### ❑ **La jonction entre les murs de fondation et le plancher** <sup>[Ofs-1, Sch-1]</sup>

Les joints entre les murs de fondation et le plancher doivent être colmatés et en particulier avec le plancher du sous-sol. Une garniture tubulaire de mousse peut être noyée dans le joint rempli avec un mastic de polyuréthane pour assurer une étanchéité durable (figure 3). Il est parfois nécessaire d'utiliser un marteau pour élargir le joint en vue de faciliter l'opération d'étanchéité. Cette méthode est également utilisée pour traiter certaines fissures.

La concentration en radon va diminuer au fur et à mesure que les voies de pénétration seront bouchées. Cette étape comporte d'autres avantages car elle permet de réduire le taux d'humidité, les entrées d'air froid, la présence d'insectes, ... .

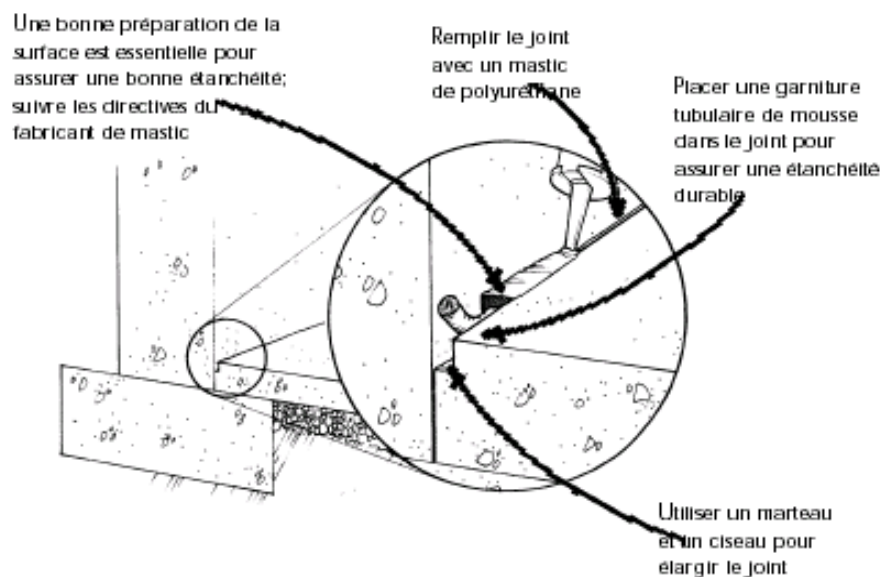


Figure 3 : obturation des joints des murs de fondation et des planchers du sous-sol <sup>[Sch-1]</sup>

## **2. Les solutions de remédiation plus sévères**

Lorsque la concentration en gaz radon dans les locaux d'habitation est très élevée, les mesures présentées ci-dessus ne suffisent pas. L'emploi de solutions techniques plus onéreuses est nécessaire. Elles reposent sur la ventilation, l'étanchéité et la mise en dépression du sol <sup>[Col-1, Ell-1, Epa-1, Ofs-1, Ofs-2, Sch-1, Vsi-1]</sup>

### ➤ **La ventilation**

En vue d'éviter les désagréments phoniques liés au fonctionnement de l'installation <sup>[Ofs-1]</sup>, il est judicieux de placer le ventilateur dans les combles, où il est à l'abri des intempéries et bien isolé phoniquement <sup>[Dre-1]</sup> (figure 4 a). Un montage situé à l'extérieur de l'habitation est encore plus efficace (figure 4 b). Les conduites et ventilateurs doivent être fixés sur des supports élastiques afin d'éviter la transmission de vibrations. Pour ce qui concerne les petits ventilateurs, c'est le bruit du brassage de l'air qui peut poser problème, il est alors nécessaire d'installer un amortisseur phonique. Les méthodes avec renouvellement élevé de l'air qui ne s'accompagnent pas de mesures de conservation de l'énergie (isolation thermique, étanchéisation, pompe à chaleur, ...) ne peuvent être conseillées qu'à titre provisoire <sup>[Col-1, Ell-1, Epa-1, Ofs-1, Ofs-2, Sch-1, Vsi-1]</sup>. Dans la plupart des habitations, l'installation d'un ventilateur-récupérateur de chaleur entraînera une réduction de 25 à 75 % des concentrations en radon <sup>[sch-1]</sup>. Au sein de l'habitat, il faut éviter les zones mortes, c'est-à-dire des zones dans lesquelles il n'y a pas de renouvellement d'air.



(a)



(b)

Figure 4 : système de ventilation <sup>[Dre-1]</sup> : intérieur (a) et extérieur (b)

### ➤ **L'étanchéité**

Si le sol du vide sanitaire ou de la cave est en terre battue, il est indispensable de poser une dalle de béton. En plus d'étancher le sol, il faut également se préoccuper des murs. Ceux-ci sont parfois, dans les maisons très anciennes, directement creusés dans la roche, il est donc nécessaire de les recouvrir de béton. L'utilisation d'une membrane de polyéthylène d'au moins 0,5 mm d'épaisseur est impérative pour assurer une bonne étanchéité du sol et des murs adjacents.

### ➤ **Mise en dépression du sol**

Cependant, en plus d'étancher le sol, il faudra prévoir des solutions techniques complémentaires en fonction de la sévérité de la concentration du radon. Deux exemples sont donnés ci-après.

### **Première solution :**

Si la teneur en radon est trop élevée, l'installation d'un ou plusieurs puisards intérieurs ou extérieurs sera nécessaire.

#### Puisard intérieur

Le gaz radon se propageant dans le sol est guidé vers l'extérieur sous le plancher. Le passage du tube à travers la dalle doit être étanche. En fonction de la superficie de la maison et des caractéristiques du terrain, un à plusieurs puisards peuvent être utiles. Si le tube de 10 cm de diamètre a une hauteur suffisante, l'emploi d'un ventilateur ne sera pas nécessaire. Afin d'éviter le retour du radon vers l'intérieur, la sortie de la canalisation doit se trouver à au moins 2 m d'une fenêtre ou d'une porte.

#### Puisard extérieur

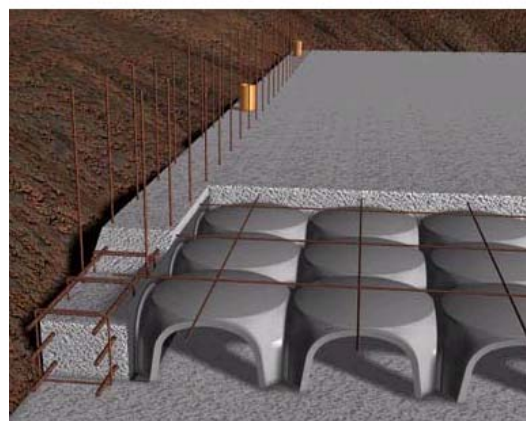
Le radon qui se trouve dans le sol est aspiré en créant une dépression grâce à un ventilateur.

### **Deuxième solution :**

Le radon qui se trouve dans le sol est collecté sous la dalle à l'aide de tubes ou de blocs perforés placés dans du gravier grossier (figure 5). L'ensemble de ces tubes ou de ces blocs sont reliés à une canalisation commune. Si la sortie de celle-ci est à une hauteur suffisante (par exemple jusqu'à hauteur du toit), l'emploi d'un ventilateur d'extraction n'est pas indispensable. Les exemples donnés figure 5 sont pour des constructions neuves, ils sont également valables pour les habitations existantes mais plus difficiles à mettre en œuvre.



(a)



(b)

Figure 5 : système de dépressurisation : tuyaux (a) et blocs <sup>[Dal-1]</sup> (b)

Chaque habitation étant unique (architecture, habitudes des occupants, nature du terrain, teneur en radon, ...), il est nécessaire de déterminer la solution technique ou la combinaison de plusieurs solutions techniques la mieux adaptée. L'application de solution de remédiation doit se faire en premier lieu dans les caves et les vides sanitaires car c'est dans ces lieux particuliers que la concentration de radon est la plus élevée. Dans le cas des terre-pleins, il faudra traiter en priorité les locaux d'habitation situés au rez-de-chaussée.

## D. Habitations à construire

De nos jours, il est difficile de prédire avec certitude la teneur en radon au moment de l'établissement des plans d'une nouvelle construction<sup>[Ofs-2]</sup>. Cependant, on peut envisager de déterminer si le terrain choisi est localisé dans une région où le risque d'exhalation du radon est élevé<sup>[Ofs-2]</sup>. Si la réponse est oui, il faut prévoir un système de dépression au moment de la réalisation des fondations.

Il est beaucoup plus intéressant au point de vue technique et financier d'appliquer ces solutions de remédiation avant construction qu'après<sup>[Col-2, Ofs-1, Sch-1]</sup>.

Les solutions techniques à mettre en œuvre sont similaires à celles employées lors de la correction dans les logements existants. Elles reposent sur la ventilation, l'étanchéité et la mise en dépression<sup>[Col-1, Ofs-1, Ofs-2, Sch-1]</sup>.

### ➤ *Choix du terrain*

Le terrain sur lequel la dalle sera coulée doit être correctement préparé<sup>[Sch-1]</sup>. Il faudra donc enlever les grosses pierres, enlever le sol instable, éviter les constructions sur un terrain trop humide, ... . Une couche de gravier d'environ 10 cm d'épaisseur sera déposée sur le terrain<sup>[Sch-1]</sup>.

L'interface entre le sol et la construction doit être la plus faible possible<sup>[Col-2]</sup>. Il est donc déconseillé d'éviter les sous-sols ainsi que les remblais. La figure 6 montre les constructions conseillées et déconseillées<sup>[Col-3]</sup>.

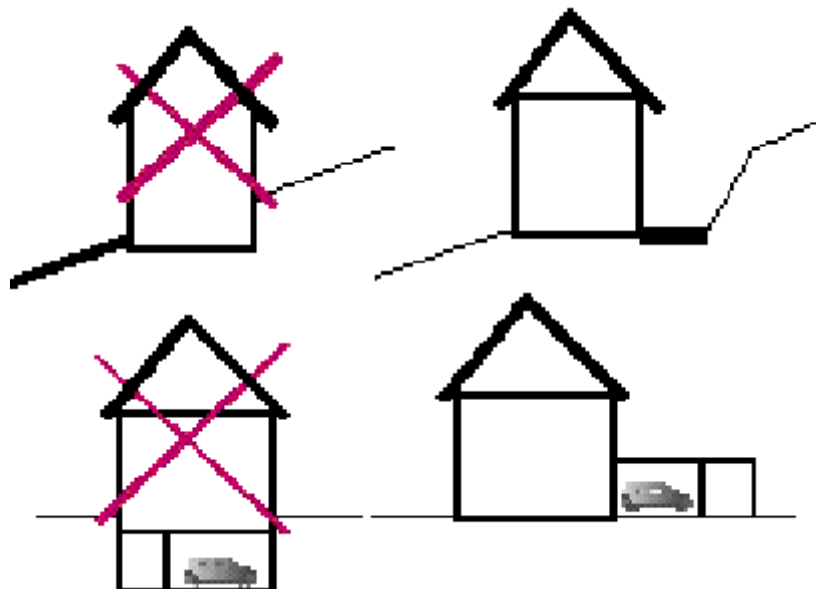


Figure 6 : constructions conseillées et déconseillées<sup>[Col-3]</sup>

### ➤ *Puisards*<sup>[Sch-1]</sup>

Si le terrain de construction est dans une zone à potentialité élevée d'exhalation radon alors il est conseillé d'installer des puisards qui seront munis d'un couvercle étanche protégeant à la fois du radon, des moisissures, des courants d'air, des insectes et des mauvaises odeurs.

➤ **Installation d'une membrane en polyéthylène**

En plus d'installer une membrane d'au moins 0,5 mm en polyéthylène entre la dalle du plancher du sous-sol et la couche de gravier, il faut en mettre une sur le sol à découvert des vides sanitaires <sup>[Col-2]</sup>. Les joints entre les membranes doivent se superposer sur au moins 30 cm et doivent être scellés avec un mastic acoustique de forte résistance tel que le polyéthylène stratifié croisé <sup>[Sch-1]</sup>.

➤ **Conception de la dalle de plancher du sous-sol** <sup>[Sch-1]</sup>

Plusieurs étapes sont nécessaires pour réduire le risque de fissuration du plancher du sous-sol :

- Un béton très résistant devra être employé. Par exemple, au Canada, un béton présentant une résistance à la compression sur 28 jours d'au moins 20 MPa est recommandé.
- L'ajout d'un plastifiant au béton permet d'améliorer la plasticité. Il est préférable d'éviter d'ajouter de l'eau car si elle a l'avantage de faciliter le coulage, elle a l'inconvénient de diminuer la résistance du béton avec le risque accru de fissuration.
- Le durcissement du béton doit être favorisé. Pour cela, il est possible de déposer un peu d'eau sur le béton frais ou de recouvrir la dalle avec un composé spécial en cours de séchage. Ainsi, la résistance et la durabilité du béton seront assurées. Plusieurs paramètres sont à prendre en compte lors de la réalisation de la dalle de béton : taux d'humidité dans l'eau, température, pression, ... .
- Même avec la prise de grandes précautions, l'apparition de fissures dans la dalle de béton sera inévitable. Ces fissures seront colmatées à l'aide de mastic de polyuréthane.

➤ **Murs de fondation** <sup>[Sch-1]</sup>

Des blocs de maçonnerie pleins doivent être insérés à la base et au sommet des murs de fondation pour diminuer le risque d'infiltration du radon.

➤ **Joints entre le plancher et les murs du sous-sol** <sup>[Sch-1]</sup>

Comme pour le cas des habitations existantes, la jonction entre les murs du sous-sol et le plancher doit être parfaitement étanche.

➤ **Objets traversant le mur de fondation et/ou le plancher** <sup>[Sch-1]</sup>

Il est nécessaire de boucher les ouvertures autour de tous les objets qui traversent le plancher du sous-sol et/ou les murs de fondation : alimentation en eau, câbles électriques, TV, téléphone, conduites de gaz naturel, mazout, etc. . Les objets creux tels que les poteaux télescopiques de métal ou base de foyer en maçonnerie qui traversent les murs ou le plancher doivent être scellés ou obstrués à l'intérieur.

➤ **Conduit isolé d'alimentation en air extérieur** <sup>[Sch-1]</sup>

L'installation d'un conduit isolé permettra d'alimenter en air extérieur l'appareil de chauffage au mazout ou au gaz, la chaudière ou le chauffe-eau. Pour réduire les frais de chauffage, le conduit d'air de combustion doit être doté d'un registre ou d'un diffuseur automatique qui ne s'activera qu'une fois le générateur de chaleur, la chaudière ou le chauffe-eau mis en marche. En plus de diminuer la pression dans l'habitat, les appareils de combustion à évacuation directe risquent moins de laisser fuir des produits de combustion dans les pièces.

### ➤ *Systeme de ventilation équilibrée* <sup>[Sch-1]</sup>

Un système de ventilation équilibrée tel un ventilateur-récupérateur de chaleur peut être installé. Il fonctionne à l'aide de deux ventilateurs, l'un servant pour l'aspiration, l'autre à l'évacuation. Il a pour avantage de réduire la consommation d'énergie associée à la ventilation accrue de l'habitation.

En conclusion, les solutions techniques, à mettre en œuvre lors de la construction d'une nouvelle habitation ou lors de l'agrandissement d'une maison déjà existante, ont un caractère préventif <sup>[Ofs-2]</sup>. Elles ont l'avantage d'être intégrées dès la conception de l'habitat. Leur efficacité est donc améliorée, le coût reste marginal par rapport à leur mise en place dans les habitations existantes <sup>[Col-2]</sup>. Parmi l'ensemble des techniques, les systèmes de ventilation et de dépressurisation du sol sont les plus efficaces car leur fonctionnement est indépendant du comportement des occupants <sup>[Col-2]</sup>.

### **E. Contenu d'un devis**

Si certains travaux peuvent être réalisés par un bricoleur averti, d'autres nécessitent l'intervention d'un entrepreneur <sup>[Sch-1]</sup>. A l'heure actuelle, les solutions techniques visant à réduire à long terme les teneurs en radon, dans l'habitat existant, sont relativement peu employées en France. Avant de soumettre un devis écrit et détaillé des travaux à prévoir, l'entrepreneur doit examiner en détail l'ensemble de l'habitation. Il est préférable que le particulier demande plusieurs avis et qu'il accompagne l'entrepreneur lors de l'inspection. Il doit veiller à ce que l'entrepreneur apporte une attention particulière aux détails et ne pas hésiter à lui poser des questions sur les matériaux et les modes d'installation.

Les renseignements que le devis écrit de l'entrepreneur doit comporter sont :

- Les nom, adresse et coordonnées téléphoniques de l'entrepreneur,
- La liste détaillée (quantité, grandeur, capacité, marque, couleur, ...) et les coûts des matériaux,
- Le coût de la main d'œuvre,
- Le coût total des travaux, y compris les taxes et frais de permis applicables,
- Les dates prévues de début et fin des travaux,
- Une déclaration précisant que l'entrepreneur a souscrit une assurance responsabilité afin que le particulier soit indemnisé en cas de dommages causés à la propriété durant les travaux,
- Un engagement de l'entrepreneur à colmater les trous, à nettoyer les lieux à la fin des travaux et à réparer les dommages indirects.

Lorsque le particulier aura en sa possession plusieurs devis, son choix ne devra pas être guidé uniquement par un critère financier <sup>[Sch-1]</sup>. Le prix le plus bas n'est pas nécessairement le meilleur. Il faut veiller à ce que les devis soient comparables. Si les travaux proposés diffèrent, le particulier doit demander aux entrepreneurs des explications.

Après avoir choisi l'entrepreneur, le propriétaire demandera à l'entrepreneur de rédiger un contrat conforme à sa proposition. Il lira avec attention ce contrat dans le moindre détail avant signature <sup>[Sch-1]</sup>.

A la fin des travaux, le propriétaire effectuera une mesure à court terme de la concentration en radon pour avoir une première estimation de l'efficacité des travaux accomplis <sup>[Sch-1]</sup>. Ensuite, à plus long terme des mesures seront réalisées sur des périodes de 2 à 3 mois.

Aux Etats Unis d'Amérique, les entrepreneurs qui souhaitent effectuer des travaux de remédiation dans l'habitat contaminé par le radon doivent obligatoirement suivre un programme de compétence auprès de l'Agence de Protection et de l'Environnement (EPA : Environmental Protection Agency) <sup>[Epa-2]</sup>. Plusieurs cours sont dispensés par l'EPA et les entrepreneurs doivent passer un examen afin d'obtenir un certificat. La liste des entrepreneurs qualifiés est donnée dans un rapport national de compétence en matière de radon. Une carte de certification avec photographie, semblable à une carte d'identité, est délivrée à tout entrepreneur qualifié.

L'EPA spécifie, pour des raisons de conflits d'intérêt, que l'entrepreneur et la diagnostiqueur ne doivent pas faire partie de la même société <sup>[Epa-2]</sup>. Dans la plupart des Etats est désigné « un bureau radon » qui a pour mission de sensibiliser et d'informer le grand public à la problématique radon, de guider les particuliers dans le choix d'un entrepreneur et/ou d'un diagnostiqueur. Tout propriétaire peut ainsi demander des conseils afin de s'assurer que l'entrepreneur qu'il a engagé réalise les travaux avec sérieux et respecte les normes en matière de remédiation.

Un diagnostiqueur doit effectuer une mesure, de courte durée (2 à 7 jours sont recommandés), de l'activité du radon au cours du premier mois après la fin des travaux afin d'évaluer l'efficacité d'une solution de remédiation <sup>[Epa-2]</sup>. Des précautions sont à prendre cependant avant de réaliser la mesure : les fenêtres et les portes, excepté l'ouverture et la fermeture de la porte principale, doivent être fermées depuis au moins 12 heures avant la mesure. Des mesures seront effectuées, par la suite, sur de plus longues durées (2 à 3 mois) à long terme.

## **Conclusion**

La quantité de radon dépend étroitement de la perméabilité du sol et de la différence de pression entre l'habitat et le terrain sur lequel il est bâti. Il faudrait éviter le plus possible que le logement soit en état de sous-pression. Cette situation est aggravée par :

- Des fenêtres ouvertes du côté opposé au vent,
- Des ventilateurs installés dans les salles de bain, les toilettes et les cuisines (hottes aspirantes),
- Une convection thermique dans les conduits de cheminée,
- Un manque d'amenée d'air extérieur pour brûleurs, cheminées, fours, ... .

Il n'y a pas deux maisons identiques <sup>[Ofs-1]</sup>, que ce soit au niveau de la construction, du sous-sol géologique ou de l'utilisation faite par ses occupants. C'est pourquoi, les solutions techniques à mettre en place diffèrent. Cependant, les solutions les plus efficaces à long terme sont celles dont le fonctionnement est indépendant des habitudes des occupants, la ventilation et la dépressurisation du sol sont particulièrement efficaces si l'étanchéité du sol a été assurée <sup>[Col-2]</sup>. L'efficacité de ces solutions sera augmentée si elles sont intégrées dès la conception de l'habitation, de plus le coût des travaux sera marginal comparé aux constructions existantes.

## Références

[Cea-1] CEA (Commissariat d'Etude Atomique) , « Quelques repères sur la radioactivité », Espace sûreté et sécurité,  
[http://www.cea.fr/fr/surete/securite\\_reperes.htm](http://www.cea.fr/fr/surete/securite_reperes.htm).

[Cla-1] M. Clavel, « Introduction du cytochrome P450 1A1 dans les poumons de rats exposés au radon », Thèse, Faculté de médecine, Limoges, 1996.

[Col-1] B. Collignan, « Réduire la concentration en radon dans les bâtiments existants », Guide de propositions de solutions techniques, Cahier du CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) n° 3143, juillet-août 1999,  
[http://www.cstb.fr/actualite/dossiers/sante/radon/pdf/bat\\_neufs/batim-neufs.pdf](http://www.cstb.fr/actualite/dossiers/sante/radon/pdf/bat_neufs/batim-neufs.pdf).

[Col-2] B. Collignan, « Réduire la concentration en radon dans les bâtiments neufs », Guide de propositions de solutions techniques, Cahier du CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) n° 3144, juillet-août 1999,  
[http://www.cstb.fr/actualite/dossiers/sante/radon/pdf/bat\\_neufs/batim-neufs.pdf](http://www.cstb.fr/actualite/dossiers/sante/radon/pdf/bat_neufs/batim-neufs.pdf).

[Col-3] B. Collignan, « Des moyens de réduire la concentration en radon dans les bâtiments », CSTB Magazine N° 113, avril 1998,  
[http://www.cstb.fr/cstb\\_mag/Magazines/1998/113/MAG113\\_dossier.pdf](http://www.cstb.fr/cstb_mag/Magazines/1998/113/MAG113_dossier.pdf)

[Dal-1] Daliform, « Le coffrage qui fait le différence : IGLU », Société de Pordenone en Italie, <http://www.daliform.com/francese/francese.htm>.

[Do-1] A. Donath, “La radioactivité”, Programme des cours-séminaires : « Environnement et santé - 2ème partie: environnement biogéochimique et santé : stratégies d'adaptation », Centre Universitaire d'Ecologie Humaine, Genève, 3-4, 10-11 et 17-18 octobre 1996.

[Dre-1] Drennenc, « The radon pages », Société Drennenc Custom Contracting, Colorado, <http://www.drennenc.com/radon/index.html>.

[Ell-1] Elliot & associates, “Mitigation Proposal”, Experts in Radon Gas, Asbestos and Lead, <http://www.elliottassoc1.com/radon.htm>.

[Epa-1] EPA (Environmental Protection Agency), “Radon Mitigation Standards (RMS)”, guide de remédiation, septembre 1998,  
[http://www.radonusa.com/radon/epa\\_radon\\_mitigation\\_standards.htm](http://www.radonusa.com/radon/epa_radon_mitigation_standards.htm).

[Epa-2] EPA (Environmental Protection Agency), « Radon abatement service », <http://www.radonrepair.com/choose.html>.

[Epa-3] EPA (Environmental Protection Agency), "Consumer's Guide to Radon Reduction", Février 2003,  
<http://www.epa.gov/radon/pubs/consguid.html>.

[Fli-1] Flipse, “Building a House with Scruffydog Construction LLC”,  
<http://flipse.com/house/house2.html>.



[Lel-1] J.P. Leleu, «Epidémiologie des leucémies aiguës en Limousin de 1993 à 2000 », Thèse, Faculté de médecine, Limoges, 2002.

[Lub-1] J.H. Lubin, « Radon and lung cancer risk : A joint analysis of 11 underground miner studies », National Institutes of Health, NIH Publication, N°94-3644, 1994.

[Mel-1] B. Melloni, «Radon et exposition domestique», Revue Maladie Respiratoire, N° 17, p. 1061-1071, 2000,  
[http://www.splf.org/rmr/accesLibre/Melloni&coll\\_2000.pdf](http://www.splf.org/rmr/accesLibre/Melloni&coll_2000.pdf).

[Nrc-1] NRC (Natural Resources Canada), «Indoor radon : an invisible Hazard», Geoscape Ottawa-Gatineau,  
[http://www.geoscape.nrcan.gc.ca/ottawa/geo\\_ott\\_t1/index\\_e.aspx?ArticleID=466.html](http://www.geoscape.nrcan.gc.ca/ottawa/geo_ott_t1/index_e.aspx?ArticleID=466.html).

[Ofs-1] OFSP (Office Fédéral de la Santé Publique), Manuel Suisse du radon, janvier 2000,  
<http://www.bag.admin.ch/strahlen/ionisant/radon/pdf/f/Radonhandbuch-f.pdf>.

[Ofs-2] OFSP (Office Fédéral de la Santé Publique), « Radon : informations sur un thème rayonnant », Berne, 1999,  
<http://www.bag.admin.ch/strahlen/ionisant/radon/pdf/f/Radon-f.pdf>.

[Paw-1] A. Pawula, « Contribution à l'explication des anomalies du radon Rn-222 dans le milieu naturel – point de vue d'un géologue », Séminaire SUBATECH, Laboratoire de Physique Subatomique et des Technologies Associées, École des Mines de Nantes, Nantes, 1997.

[Pel-1] D. Pellegrini, « Origine, propriétés et abondance du radon », Livre : « LE RADON de l'environnement à l'Homme », Collections EDP Sciences, Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire, 1998.

[Rob-1] M-C Robé, « Etude et traitement des situations impliquant du radon », Dossier : Le radon : évaluation et gestion du risque, Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire,  
<http://www.radon-france.com/etude.pdf>.

[Sen-1] E. Sene, « Radon domestique et cancer broncho-pulmonaire », Thèse, Faculté de médecine, Limoges, 1996.

[Sch-1] SCHL (Société Canadienne d'Hypothèques et de Logement ), « Le radon », Guide à l'usage des propriétaires canadiens, 1997,  
<http://dsp-psd.pwgsc.gc.ca/Collection/NH15-180-1997F.pdf>

[Tir-1] M. Tirmarche, « Evaluation par l'épidémiologie du risque de cancer lié à l'inhalation du radon », Livre : « LE RADON de l'environnement à l'Homme », Collections EDP Sciences, Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire, 1998.

[Tir-2] M. Tirmarche, «Mortality of a Cohort of French Uranium Miners Exposed to Relatively Low Radon Concentrations», Br. J. Cancer, N°67, p. 1090-1097, 1993.

[Tir-3] M. Tirmarche, « Epidémiologie du risque Radon en France », 20<sup>ème</sup> Congrès ATSR, Paris, Décembre 1999.

[Vsi-1] VSI Environmental, « Radon Reduction Techniques », entreprise de remédiation, Illinois, [http://www.radongas.info/about\\_vsi.htm](http://www.radongas.info/about_vsi.htm).

# Annexe

## Adresse des sites internet décrivant les solutions de remédiation

<http://www.elliottassoc1.com/radon.htm>  
[www.sbcci.org/Florida\\_Building\\_Code/changed/appen-c/APPENDIX-C.pdf](http://www.sbcci.org/Florida_Building_Code/changed/appen-c/APPENDIX-C.pdf)  
[http://www.radonusa.com/radon/epa\\_radon\\_mitigation\\_standards.htm](http://www.radonusa.com/radon/epa_radon_mitigation_standards.htm)  
<http://www.epa.gov/iaq/radon/pubs/consguid.html>  
<http://www.quartz.co.uk/awwebstore/products/industrial/radon.asp>  
[http://www.radongas.com/about\\_vsi.htm](http://www.radongas.com/about_vsi.htm)  
<http://www.radonseal.com/radon-mitigation.htm>  
<http://www.co.ramsey.mn.us/recovery/RadonHomes.asp>  
[http://www.uic.edu/sph/glakes/ce/radon\\_mitigation/unit\\_six/unit\\_6\\_13.asp](http://www.uic.edu/sph/glakes/ce/radon_mitigation/unit_six/unit_6_13.asp)  
<http://www.radonreductionspecialists.com/methods.html>  
<http://www.cdphe.state.co.us/hm/rad/radon/builder.asp>  
<http://www.utoledo.edu/~aprg/oris/remedies.html>  
<http://www.envirogroup.com/publicationeight.htm>  
<http://www.inradon.com/build.html>  
[http://www.eweb.org/energy/sgc/building\\_cents/9702\\_slab.html](http://www.eweb.org/energy/sgc/building_cents/9702_slab.html)  
<http://www.uaf.edu/coop-ext/publications/freepubs/RAD-00755.pdf>  
<http://www.state.me.us/dhs/eng/rad/pdffiles/Maine%20Guide%20to%20Radon%20Reduction.pdf>  
<http://www.osti.gov/dublincore/ecd/servlets/purl/795372-mHIGBQ/native/795372.pdf>  
<http://www.risoe.dk/rispubl/NUK/nukpdf/ris-r-979.pdf>  
[http://www.environ.ie/DOEI/DOEIPol.nsf/0/b6ca96a0bf2051c180256d3a004c55de/\\$FILE/9583%20Radon%20Report.pdf](http://www.environ.ie/DOEI/DOEIPol.nsf/0/b6ca96a0bf2051c180256d3a004c55de/$FILE/9583%20Radon%20Report.pdf)  
[http://www.ips.it/scuola/concorso\\_99/radon/risanamento.html](http://www.ips.it/scuola/concorso_99/radon/risanamento.html)  
[http://www.sbi.dk/udgivelser/publikationer/anvisninger/sbi-anvisning\\_189/radon/print.htm](http://www.sbi.dk/udgivelser/publikationer/anvisninger/sbi-anvisning_189/radon/print.htm)  
<http://www.toolbase.org/secondaryT.asp?TrackID=&CategoryID=1174>  
[http://www.dph.state.ct.us/BRS/radon/Pubs/Sub\\_Slab.pdf](http://www.dph.state.ct.us/BRS/radon/Pubs/Sub_Slab.pdf)  
<http://www.epa.gov/ordntrnt/ORD/NRMRL/Pubs/1993/air/625r92016front.pdf>  
[http://www.dph.state.ct.us/BRS/radon/Pubs/Depress\\_System.pdf](http://www.dph.state.ct.us/BRS/radon/Pubs/Depress_System.pdf)  
<http://www.epa.gov/radon/images/archdraw.pdf>  
<http://books.nap.edu/books/0309062926/html/141.html#pagetop>

## Photos d'installation

<http://www.student.nvcc.edu/home/jschroff/HTMLPresentation2/>  
<http://www.elliottassoc1.com/rmitimages.htm>  
<http://www.marylandradon.com/mitigation.htm>  
[http://www.bgctechnologies.com/newradon/h\\_air\\_exterior\\_pics.html](http://www.bgctechnologies.com/newradon/h_air_exterior_pics.html)  
<http://www.drennenc.com/radon/examples.html>  
<http://www.komar.org/projects/crawlspace/working1/>  
[http://www.radonrepair.com/info\\_slab.html](http://www.radonrepair.com/info_slab.html)  
<http://flipse.com/house/house2.html>



**Directeur de la Publication : Jean DANIEL**

Président de Limair, Conseiller Régional,  
Conseiller Municipal de Limoges



La Surveillance de l'Air en Limousin



### Financiers du projet



CORREZE

