

Mesures efficaces pour réduire le niveau de radon à l'intérieur



Décembre 2008



National Collaborating Centre
for Environmental Health

Centre de collaboration nationale
en santé environnementale

Le présent document a été produit par le Centre de collaboration nationale en santé environnementale (CCNSE), basé au Centre de contrôle des maladies de la Colombie-Britannique, grâce à des fonds de l'Agence de la santé publique du Canada. Ce document a été examiné par les membres du groupe de référence du CCNSE.

La révision de l'exactitude des termes techniques issus de la traduction de l'anglais vers le français du présent document a été réalisée par le Centre de recherche interdisciplinaire sur la biologie, la santé, la société et l'environnement (CINBIOSE) de l'Université du Québec à Montréal.

Il est permis de reproduire le présent document en entier seulement.

Photographies: alexsl; sous licence de iStockphoto

**Centre de collaboration nationale
en santé environnementale**

400 East Tower
555 W 12th Avenue
Vancouver, BC V5Z 3X7

Tél. : 604-707-2445
Télec. : 604-707-2444
contact@ccnse.ca
www.ccnse.ca

*La production de ce document a été
rendue possible grâce à une
contribution financière provenant de
l'Agence de la santé publique du
Canada. Les vues exprimées ne
reflètent pas nécessairement les
vues de l'Agence de la santé
publique du Canada.*

ISBN : 978-0-9811244-1-4

© Centre de collaboration nationale en santé environnementale, 2008

Introduction

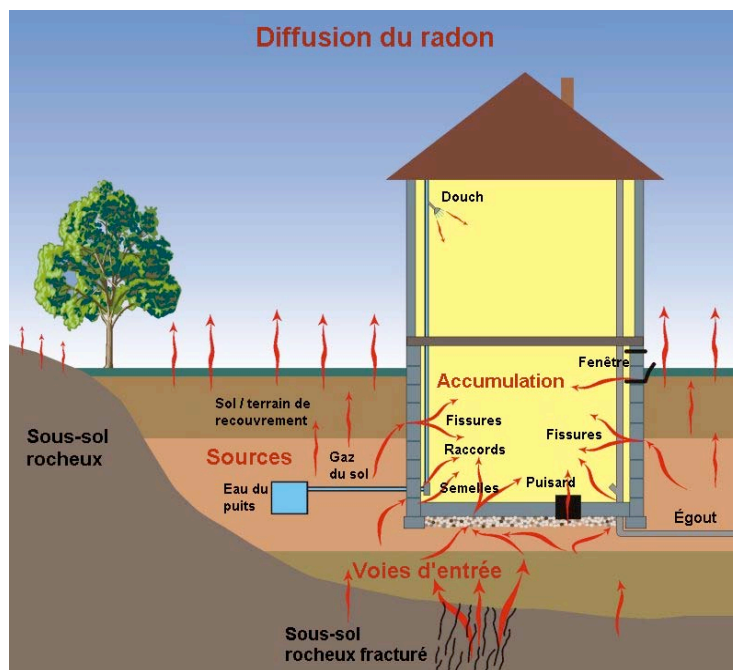
Le radon est un gaz d'origine naturelle émis au cours d'une chaîne de désintégration radioactive mettant en jeu le radium (Ra^{226}) et l'uranium (U^{238}) présents dans le sol, le roc et l'eau¹. Le radon subit à son tour une désintégration radioactive et produit des éléments (les « produits de filiation » ou « descendants » du radon) qui émettent aussi des radiations. Ces descendants peuvent se fixer aux particules en suspension dans l'air et, lorsqu'on les inhale, se déposer sur les cellules des parois des voies respiratoires inférieures et les irradier, créant ainsi un risque de cancer du poumon². Même l'air extérieur contient une faible concentration de radon qu'on ne peut réduire^{3,4}.

Les concentrations de radon dans les logements du Canada varient selon les caractéristiques géologiques⁵ et les techniques de construction^{3,4}. Dans les régions où le sol a un niveau modéré ou élevé de radioactivité, les logements peuvent présenter des concentrations supérieures de radon à l'intérieur. Le radon peut pénétrer dans un bâtiment de diverses façons, y compris par un plancher en terre battue non recouvert, des interstices dans le plancher, des fissures dans un mur de béton, un puisard, des joints et un égout de sous-sol^{3,4,6,7}. Les parties inférieures d'un logement, y compris le sous-sol et le rez-de-chaussée, présentent les niveaux de radon les plus élevés⁸.

La quantité de radon dans un logement dépend de plusieurs facteurs, y compris la concentration d'uranium dans le sol et le roc où il se trouve, la présence de fissures et de fuites dans la structure de la maison ou du bâtiment, ainsi que la circulation de l'air à l'intérieur. C'est pourquoi la concentration de radon peut varier d'une région à l'autre, d'un bâtiment à l'autre dans la même région ainsi que dans le même bâtiment selon la saison ou d'une journée à l'autre.

La principale voie d'exposition des personnes aux descendants du radon est l'inhalation du radon présent dans l'air, qui représente plus de 95 p. 100 de l'exposition totale⁸. Le radon dissous dans l'eau souterraine et libéré pendant des activités comme la douche ou la préparation d'aliments peut représenter une autre part de 1 p. 100 de l'exposition totale par inhalation⁸. Vous risquez davantage de vous exposer de cette façon si vous utilisez l'eau d'un puits. L'inhalation des descendants du radon émis par l'eau, plutôt que leur ingestion, est la principale voie d'exposition au radon associée à l'eau. En général, le radon dégagé par les matériaux de construction n'est pas une source d'exposition importante^{3,4,6,7}. La figure 1 résume les voies par lesquelles le radon peut pénétrer dans un bâtiment.

Figure 1. Sources typiques du radon et voies par lesquelles il pénètre habituellement dans les bâtiments, y compris les logements⁶



Mesures de réduction du radon

Les mesures de réduction du radon utilisées couramment dans les logements existants comprennent la dépressurisation sous la dalle de plancher, la dépressurisation du puisard, la dépressurisation sous la membrane, la succion des murs en blocs, la ventilation passive ou active et le colmatage^{3,4,6,7,9-12}. L'annexe A présente les études effectuées sur la réduction du radon dans les logements, les types de mesures et leurs résultats. Nous décrivons sommairement ces stratégies de réduction et leur efficacité relative au tableau 1. Il a été démontré que la dépressurisation sous la dalle de plancher, qui donne des réductions de plus de 80 p. 100^{3,4}, est un moyen extrêmement efficace d'abaisser les niveaux de radon à l'intérieur. La ventilation active ou passive peut être utile en été, mais l'utilisation de ventilateurs et de climatiseurs ainsi que l'ouverture des fenêtres peuvent se révéler inconfortables pendant les mois d'hiver. Par ailleurs, pour que le colmatage soit efficace, il faut veiller à ce que tous les points d'entrée du radon soient complètement bouchés, un objectif difficile à réaliser. C'est pourquoi on recommande d'utiliser le colmatage en combinaison avec d'autres mesures de réduction¹³. Dans le cas d'un grand édifice ou d'un logement où le niveau de radon est élevé, on a conclu que les combinaisons de stratégies de réduction sont plus efficaces qu'une seule mesure^{14,15}.

Tableau 1. *Stratégies de réduction du radon applicables aux logements existants où le niveau de radon dépasse la norme canadienne actuelle (200 Bq/m³), ainsi que leur efficacité relative**

Stratégie	Description de la mesure de réduction du radon	Efficacité relative
Dépressurisation		
Dépressurisation sous la dalle de plancher	On insère des tuyaux de ventilation en polychlorure de vinyle dans le sol, environ 10 po (25 cm) sous la fondation. Ils se prolongent jusqu'à l'extérieur, où ils rejettent l'air contenant le radon ^{14,16-20} . Un ventilateur d'évacuation situé dans le garage, à l'extérieur ou dans le grenier fait circuler l'air dans les tuyaux.	Stratégies les plus efficaces
Dépressurisation du puisard	Variante de la dépressurisation sous la dalle de plancher : la pompe du puisard (utilisée pour drainer l'eau) est enfermée et le puisard sert de point de jonction des tuyaux de ventilation ^{18,20-26} .	
Dépressurisation sous la membrane	On recouvre le plancher en terre battue du vide sanitaire d'une feuille de plastique à haute densité ou « membrane pare-vapeur » (généralement en polyéthylène) et on la scelle sur les murs de fondation en béton pour empêcher le radon d'entrer dans le bâtiment. Un tuyau de ventilation traverse la feuille de plastique et un ventilateur d'évacuation y fait circuler l'air contenant le radon. Le tuyau va jusqu'à l'extérieur, où l'air contenant le radon est rejeté ^{20,27-29} .	
Succion des murs en blocs	Variante de la dépressurisation sous la dalle de plancher ²⁷ .	
Ventilation		
Ventilation active	On augmente l'échange d'air intérieur-extérieur ou on crée des différences de pression à l'intérieur du bâtiment au moyen d'une ventilation active (ventilateurs, climatiseurs ou ventilateurs-récupérateurs de chaleur) ^{13,20,30-32} .	Efficacité modérée
Ventilation passive	On augmente l'échange d'air intérieur-extérieur en ouvrant les fenêtres et les portes du bâtiment ^{16,19,20} .	Moins efficace
Autre		
Colmatage (utilisé seul)	Colmatage physique (p. ex., calfeutrage) des points d'entrée du radon dans les planchers et les murs du logement ^{13,18,20} .	Stratégie la moins efficace

*Remarque : L'annexe A résume des études détaillées sur les mesures de réduction et y fait référence.

Dans le cas d'un logement ou d'un bâtiment neuf, on peut appliquer les stratégies de prévention au cours de la construction pour réduire l'exposition des résidents au radon. L'annexe B indique les études effectuées sur la prévention du radon dans les logements neufs, les types de mesures et les résultats. Ces approches comprennent les suivantes^{12,26,33,34,35} :

- réduire le nombre de points d'entrée dans le logement ou le bâtiment en installant une membrane pare-vapeur en polyéthylène dans la fondation, en installant des siphons dans les drains de plancher et en minimisant les fissures dans les éléments en béton;
- construire un plancher de béton soutenu par des blocs et des poutres qui permet la ventilation passive sous le plancher;
- réduire les forces qui attirent l'air contenant le radon dans le logement en installant des conduits d'air frais et d'air de combustion;
- prévoir l'ajout éventuel d'un système de dépressurisation active du sol en installant dans la dalle de plancher des tuyaux de polychlorure de vinyle auxquels on pourra raccorder un tuyau d'évacuation au besoin.

Il a été démontré que la membrane pare-vapeur et le plancher en béton soutenu par des blocs et des poutres peuvent chacun réduire les niveaux de radon de 50 p. 100 et qu'en les utilisant ensemble, on obtient une réduction pouvant aller jusqu'à 75 p. 100^{28,35}.

De nombreux travaux confirment la rentabilité des mesures de réduction du radon par rapport à d'autres interventions liées aux soins de santé et à l'environnement³⁶. Dans le cas d'un logement existant où le niveau de radon dépasse le seuil d'intervention, le coût des mesures de réduction peut varier de quelques centaines à quelques milliers de dollars^{3,4}. Dans le cas d'un logement neuf, on estime que les mesures de prévention du radon coûtent de 500 \$ à 700 \$^{15,33}. Pour en savoir plus sur les techniques de réduction applicables aux logements existants et sur les mesures préventives visant les logements neufs, lisez le document de la Société canadienne d'hypothèques et de logement intitulé *Le radon : guide à l'usage des propriétaires canadiens*³⁶ et le guide des mesures de réduction du radon dans les logements existants publié par le British Research Establishment¹¹.

Sommaire

- Le radon est un des agents environnementaux auxquels nous sommes exposés mais dont nous pouvons réduire la concentration au moyen de solutions efficaces et pratiques pour diminuer le risque de cancer du poumon^{1,3,4}.
- De nombreux travaux confirment la rentabilité des mesures de réduction du radon par rapport à d'autres interventions liées aux soins de santé et à l'environnement².
- Il a été démontré que, parmi les mesures de réduction évaluées visant à abaisser les niveaux de radon à l'intérieur des logements déjà construits, les systèmes actifs sont meilleurs que les systèmes passifs^{12,14,19,20,32,37}.
 - Les techniques de dépressurisation sont les mesures de réduction les plus efficaces^{12,14,18,21,30,37}.
 - Les mesures comprenant une ventilation active arrivent au deuxième rang de l'échelle d'efficacité; la ventilation passive est moins fructueuse^{12,14,18,21}.
 - On a conclu que le colmatage (utilisé seul) est la technique la moins efficace^{12,18,25,37}.
- Dans le cas d'un grand édifice ou d'un logement où le niveau de radon est élevé, on a conclu que les combinaisons de stratégies de réduction sont plus efficaces qu'une seule mesure^{14,15}.
- Dans le cas des logements en cours de construction, il a été démontré que la membrane pare-vapeur et le modèle des blocs et des poutres abaissent efficacement les niveaux de radon à l'intérieur sous le seuil d'intervention de la norme canadienne actuelle (200 Bq/m³)^{28,35}.
 - On a conclu que la membrane pare-vapeur peut réduire les niveaux de radon à l'intérieur de 50 p. 100³⁵.
 - On a conclu que le modèle des blocs et des poutres peut réduire les niveaux de radon à l'intérieur de 50 p. 100³⁵.

Utilisés ensemble, la membrane pare-vapeur et le modèle des blocs et des poutres réduisent beaucoup plus les niveaux de radon à l'intérieur³.

Annexe A : Sommaire des études sur la réduction du radon, des types de mesures et de leurs résultats

Auteur principal	Lieu	Méthodologie de surveillance	Type de mesure	Résultats
Dépressurisation (sous la dalle de plancher, puisard, membrane sous le plancher)				
Groves-Kirkby (2008) ³⁰	170 logements du R.-U. ont fait l'objet de mesures de réduction de 1993 à 2004.	<p>On a surveillé le niveau de radon dans la chambre à coucher principale et les pièces de séjour avec des détecteurs track-etch pendant trois mois avant et après l'application des mesures de réduction.</p> <p>Avant l'application des mesures, la concentration moyenne de radon était de 487,6 Bq/m³.</p>	Dépressurisation du puisard (dépressurisation sous la dalle de plancher utilisant la technique conventionnelle du puisard avec pompe).	<p>Après l'application des mesures de réduction, la concentration moyenne de radon était de 64,6 Bq/m³.</p> <p>Après l'application des mesures, tous les logements présentaient des concentrations annuelles moyennes de radon inférieures au seuil d'intervention résidentiel du R.-U., soit 200 Bq/m³.[†]</p> <p>Dans plus de 75 % des logements, le facteur de réduction du radon[‡] (le rapport entre les concentrations de radon antérieures et postérieures à l'application des mesures) dépassait 10.</p>
Synnott (2006) ¹⁴	Étude sur 375 salles de classe situées dans 93 écoles d'Irlande de 2000 à 2002.	<p>On a mesuré le radon avec des détecteurs track-etch alpha CR-39. Le mesurage initial a duré toute une année scolaire (environ neuf mois).</p> <p>Après l'application des mesures de réduction, on a effectué le mesurage à la fois sur des périodes de trois mois et de neuf mois.</p> <p>Trois ans après l'application des mesures de réduction, on a effectué un autre mesurage de suivi pendant trois mois dans 24 écoles.</p> <p>Avant l'application des mesures de réduction dans les écoles choisies, 108 classes avaient des niveaux de radon moyens de 200 à 400 Bq/m³, 195 avaient des niveaux de 400 à 1 000 Bq/m³ et 72 avaient des</p>	<p>Les techniques choisies variaient selon les niveaux de radon initiaux et comprenaient :</p> <ul style="list-style-type: none"> • la ventilation active sous le plancher (utilisée avec d'autres techniques dans certains cas); • le puisard (utilisé avec d'autres techniques dans certains cas); • augmentation de la ventilation de fond (technique utilisée uniquement dans les salles où le niveau de radon variait de 200 à 400 Bq/m³ avant l'application des mesures de réduction). 	<p>Niveaux après l'application des mesures de réduction :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dans toutes les salles où on avait utilisé la ventilation active sous le plancher, les niveaux de radon étaient inférieurs à 200 Bq/m³. • Dans 303 (96,5 %) des 314 salles où on avait utilisé la technique du puisard, les niveaux étaient inférieurs à 200 Bq/m³. • Dans 147 (84 %) des 175 salles où on avait utilisé la ventilation passive, les niveaux étaient inférieurs à 200 Bq/m³. <p>Toutes les techniques ont permis de réduire les concentrations de radon.</p> <p>On a conclu que les systèmes actifs, comme celui utilisé dans la technique du puisard, sont les plus efficaces pour ce qui est des facteurs de réduction moyens obtenus. La ventilation sous le plancher</p>

Auteur principal	Lieu	Méthodologie de surveillance	Type de mesure	Résultats
		niveaux supérieurs à 1 000 Bq/m ³ .		assistée par ventilateur est aussi très efficace. Les deux types donnent des réductions de radon supérieures à celles des systèmes passifs, comme les fenêtres ou les événements muraux.
Colgan (2004) ²¹	Étude sur les niveaux de radon dans la totalité des bureaux et des salles de classe du rez-de-chaussée de 3 444 écoles d'Irlande et sur les mesures de réduction appliquées dans 208 écoles.	<p>Avant l'application des mesures de réduction, on a mesuré les niveaux de radon pendant neuf mois consécutifs avec des détecteurs track etch alpha Cr-39. On a ensuite appliqué des mesures de réduction dans 208 écoles.</p> <p>On a mesuré de nouveau les niveaux de radon après l'application des mesures de réduction.</p>	<p>Dans 100 écoles où le niveau moyen de radon sur trois mois atteignait 392 Bq/m³ avant l'application des mesures de réduction, celles-ci ont consisté à installer un puisard actif.</p> <p>Dans 108 écoles où le niveau moyen de radon sur trois mois atteignait 272 Bq/m³ avant l'application des mesures de réduction, celles-ci ont consisté à accroître la ventilation.</p>	<p>L'installation de pompes de puisard a entraîné une réduction moyenne de 82 % du niveau, qui est passé en moyenne à 71 Bq/m³.</p> <p>La ventilation accrue a entraîné une réduction de 47 % du niveau, qui est passé en moyenne à 143 Bq/m³.</p>
Denman (2004) ²⁴	Huit bureaux du National Health Service du Northamptonshire (R.-U.).	<p>On a mesuré le radon pendant au moins trois mois avant et après l'application des mesures de réduction avec des détecteurs track-etch alpha.</p> <p>Avant l'application des mesures de réduction, les niveaux de radon variaient de 420 à 2 870 Bq/m³ et le niveau moyen était de 1 219 Bq/m³.</p>	On a muni le puisard d'un ventilateur pour extraire l'air riche en radon et l'évacuer à l'extérieur (ventilateur d'extraction pour puisard).	<p>Dans tous les cas, les mesures de réduction ont permis d'abaisser le niveau de radon sous le seuil d'intervention applicable au radon dans les lieux de travail du R.-U., soit 400 Bq/m³.[†]</p> <p>Le facteur de réduction moyen pendant les heures de travail (10,2 ±10,5) était inférieur au facteur de réduction moyen sur 24 heures (13,8 ±14,7).</p>
Coskeran (2002) ²²	110 logements dans cinq régions du R.-U. de 1993 à 2000.	<p>On a mesuré le radon avant et après l'application des mesures de réduction. Avant l'application, les niveaux moyens de radon dépassaient le seuil d'intervention[†] dans toutes les régions.</p> <p>Avant l'application des mesures de réduction, le niveau moyen global était de 455 Bq/m³ et les niveaux variaient de 180 à 1 500 Bq/m³.</p>	On a muni le puisard d'un ventilateur pour extraire l'air riche en radon et l'évacuer à l'extérieur (ventilateur d'extraction pour puisard).	<p>Après l'application des mesures de réduction, les niveaux de radon étaient inférieurs à 200 Bq/m³ dans tous les logements.[†]</p> <p>Après l'application des mesures, le niveau moyen de radon était d'environ 54 Bq/m³, ce qui représente une réduction moyenne de 400,0 Bq/m³.</p>

Auteur principal	Lieu	Méthodologie de surveillance	Type de mesure	Résultats
Denman (2002) ²³	77 logements du Northamptonshire (R.-U.). On a tenu compte du rapport coût-efficacité de divers seuils d'intervention.	Avant et après l'application des mesures de réduction, on a mesuré les niveaux de radon pendant trois mois avec des détecteurs track etch.	Technique du puisard avec pompe.	Après l'application des mesures de réduction, les niveaux de radon moyens étaient bien inférieurs à 200 Bq/m ³ . [†]
Arvela (2001) ¹⁸	Étude sur les niveaux de radon dans des immeubles d'appartements en Finlande. Nombre d'appartements ayant fait l'objet de mesures de réduction non précisé.	Selon les mesures prises dans 900 appartements situés au rez-de-chaussée, le niveau moyen de radon à l'intérieur était de 150 Bq/m ³ . Dans plus de 10 % de ces appartements, le niveau dépassait 400 Bq/m ³ .	L'étude portait sur la fiabilité de ce qui suit : <ul style="list-style-type: none"> • les puits de radon; • la dépressurisation sous la dalle de plancher; • le colmatage des voies d'entrée; • l'installation d'évents permettant l'entrée d'air frais. 	La dépressurisation sous la dalle de plancher et les puits de radon ont donné les meilleurs résultats : les réductions des niveaux de radon variaient de 50 % à 80 %. Le colmatage des voies d'entrée a réduit les niveaux de radon de 30 % à 60 % et l'installation d'évents d'air frais a entraîné des réductions d'environ 50 %.
Howarth (2001) ²⁵	56 logements du R.-U.	On a mesuré le radon avant et après l'application des mesures de réduction, puis chaque année pendant six ans avec des détecteurs track etch alpha pendant des périodes de trois mois.	L'étude portait sur la fiabilité de ce qui suit : <ul style="list-style-type: none"> • la technique du puisard; • la ventilation active; • la ventilation mécanique sous le plancher; • la ventilation naturelle sous le plancher; • le colmatage. 	La technique du puisard a donné la réduction moyenne la plus élevée, soit 94,85 %. Le colmatage a entraîné la plus faible réduction, soit 59,4 %.

Auteur principal	Lieu	Méthodologie de surveillance	Type de mesure	Résultats
Maringer (2001) ¹⁸	Trois maisons en Autriche.	<p>On a mesuré le radon avant et après l'application des mesures de réduction. Une pièce de chaque maison a été surveillée continuellement pendant deux à trois semaines au moyen d'une chambre d'ionisation Alpha-Guard et les autres pièces étaient surveillées par des détecteurs à électret ou à charbon. On a combiné les résultats pour obtenir les concentrations de radon.</p> <p>Avant l'application des mesures de réduction, les concentrations moyennes de radon à l'intérieur étaient les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • duplex : 500 Bq/m³; • maison de ferme : 900 Bq/m³; • maison unifamiliale : 600 Bq/m³. 	<p>L'étude portait sur la fiabilité de ce qui suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> • la dépressurisation sous le plancher du duplex; • la dépressurisation sous la maison de ferme; • la ventilation passive sous le plancher de la maison unifamiliale. 	<p>Après l'application des mesures de réduction, les concentrations moyennes de radon à l'intérieur étaient les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • duplex : 50 Bq/m³; • maison de ferme : 180 Bq/m³; • maison unifamiliale : 360 Bq/m³. <p>Les trois techniques de réduction ont réduit les niveaux de radon. La dépressurisation active sous le plancher a donné les meilleurs résultats, soit un facteur de réduction du radon de 10⁺ lorsque le ventilateur fonctionnait. La ventilation passive sous le plancher était la technique la moins fructueuse, donnant un facteur de réduction de 5.⁺</p>
Naismith (1998) ¹³	943 maisons du R.-U.	<p>On a mesuré les niveaux de radon pendant trois mois. Ensuite, les propriétaires ont fait appliquer les mesures de réduction, puis on a de nouveau mesuré les niveaux de radon pendant trois mois. Avant l'application des mesures de réduction, la moyenne géométrique (MG) des niveaux de radon dans des groupes de maisons variait de 370 à 630 Bq/m³.</p>	<p>L'étude portait sur la fiabilité de ce qui suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> • la dépressurisation sous le plancher; • la ventilation active; • la ventilation naturelle permanente (installation d'évents); • la ventilation active et passive sous le plancher; • le colmatage des planchers. 	<p>La dépressurisation sous le plancher était la mesure de réduction la plus efficace, donnant des facteurs de réduction MG de 4 à 17 (selon le type de maison et la technique d'installation).</p> <p>La ventilation naturelle et le colmatage étaient les mesures les moins efficaces : leurs facteurs de réduction MG s'élevaient à 1,9 et à 1,7 respectivement.</p>

Auteur principal	Lieu	Méthodologie de surveillance	Type de mesure	Résultats
Ennemoser (1995) ²⁷	Quatre logements d'Australie.	<p>On a déterminé que les logements présentaient des niveaux de radon allant jusqu'à 270 000 Bq/m³ à l'intérieur.</p> <p>On a mesuré les concentrations de radon dans l'air tous les mois pendant un an avant l'application des mesures de réduction. On a utilisé trois détecteurs à scintillation liquide de charbon dans chaque logement et le mesurage durait en principe 48 heures.</p> <p>Parallèlement, on a mesuré le radon avec un détecteur de traces alpha dans chaque logement. La durée du mesurage variait de deux jours à trois semaines selon les niveaux de radon prévus.</p>	<p>L'étude portait sur la fiabilité de ce qui suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> • le colmatage du sous-sol; • la dépressurisation du sol sous la dalle de plancher; • un système de ventilation mécanique avec échangeur de chaleur au sous-sol. 	<p>La technique de réduction la plus fructueuse était la dépressurisation du sol sous la dalle de plancher avec ventilateurs et tubes de drainage. Pendant l'hiver, on a réduit les niveaux de radon au sous-sol d'un facteur de 200 (soit de 100 000 à 500 Bq/m³) et les niveaux au rez-de-chaussée d'un facteur de 400.</p> <p>Le système de ventilation mécanique avec échangeur de chaleur pouvait réduire les niveaux de radon de 200 000 à 2 000 ou 3 000 Bq/m³.</p> <p>On a conclu que le colmatage du sous-sol était infructueux.</p>
Ventilation (passive et active)				
Marley (2001) ³¹	Quatre lieux de travail du Northamptonshire (R.-U.).	<p>On a mesuré les niveaux moyens du radon et de ses descendants avec des détecteurs passifs track-etch, et les niveaux des descendants avec un compteur d'unités alpha Thompson and Nielson.</p> <p>On a mesuré le radon pendant quatre semaines à trois lieux de travail et pendant quatre mois à un lieu.</p>	<p>On a examiné les systèmes mécaniques influant sur l'air intérieur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • climatiseur (deux lieux de travail); • chauffage central à l'eau sans climatisation (deux lieux). 	<p>Les facteurs de réduction du radon et des descendants variaient de 4 à 6 (le niveau de radon est passé d'environ 35-40 Bq/m³ lorsque le climatiseur était éteint à environ 5-7 Bq/m³ lorsqu'il fonctionnait).</p> <p>Le chauffage central à l'eau a réduit les niveaux de radon en modifiant le flux des gaz d'advection. Cela a eu lieu plus progressivement et moins efficacement qu'avec le climatiseur.</p>

Auteur principal	Lieu	Méthodologie de surveillance	Type de mesure	Résultats
Ventilation (passive et active)				
Wang (1997) ³²	Une maison unifamiliale occupée avec cave dans le nord de l'Angleterre.	On a mesuré le radon dans l'air et les taux de renouvellement d'air. On a mesuré les concentrations de radon avec un détecteur de radon en continu. Dans la cave, on a mesuré le niveau de radon toutes les heures pendant chacune des périodes de deux ou trois jours où chaque technique de ventilation était utilisée. À la fin de chaque intervalle, on mesurait également les niveaux dans les quatre chambres à coucher, le salon, le couloir et la salle de détente pendant 40 à 60 minutes.	On a étudié la ventilation sous la structure au moyen de trois approches utilisées consécutivement : <ul style="list-style-type: none"> • la ventilation naturelle; • la ventilation d'extraction (d'évacuation); • la ventilation d'alimentation. 	La ventilation naturelle n'a pas réduit efficacement les niveaux de radon. On a conclu que la ventilation d'extraction et la ventilation d'alimentation étaient efficaces. Lorsque le taux de renouvellement d'air était bas, on a déterminé que la ventilation d'extraction était plus efficace que la ventilation d'alimentation.

[†]Au R.-U. et en Irlande, le seuil d'intervention résidentiel en matière de radon est de 200 Bq/m³ et le seuil d'intervention applicable aux lieux de travail est de 400 Bq/m³. Aux É.-U., le seuil d'intervention résidentiel en matière de radon est de 148 Bq/m³.²

[‡]Le facteur de réduction du radon mentionné aux annexes A et B se définit comme le rapport des concentrations de radon antérieures et postérieures à l'application des mesures de réduction. Dans certains documents, ce facteur n'est pas précisé ou est défini autrement, mais les données nécessaires à son calcul sont fournies. Dans ces cas (désignés par le symbole [‡]), nous avons calculé le facteur de réduction du radon selon la définition qui précède.

Annexe B : Sommaire des études sur la prévention du radon dans les logements neufs, des types de mesures et de leurs résultats

Auteur principal	Lieu	Méthodologie de surveillance	Type de mesure	Résultats
Membranes et planchers soutenus par des blocs et des poutres				
Groves-Kirkby (2006) ²⁶	Étude sur les mesures de réduction du radon appliquées pendant la construction de 64 maisons dans le Northamptonshire (R.-U.). On a comparé les résultats avec ceux d'une étude sur des mesures appliquées à des maisons après leur construction (Denman, 2002 – voir l'annexe A) ²³ .	<p>On a appliqué des mesures de réduction du radon pendant la construction.</p> <p>On a mesuré les niveaux de radon après la mise en œuvre de mesures de protection. On a surveillé le niveau de radon dans la chambre à coucher principale et les pièces de séjour pendant trois mois avec des détecteurs track-etch.</p>	Membrane pare-radon.	<p>On a conclu que l'installation d'une membrane pare-radon pendant la construction assurait une certaine protection contre l'infiltration de radon. Après l'achèvement de la construction, le niveau de radon moyen était de 59,7 Bq/m³.</p> <p>Toutefois, on a estimé que l'installation de la membrane n'avait permis d'abaisser la concentration annuelle moyenne de radon sous le seuil d'intervention[†] que dans 40 % des maisons.</p> <p>Selon l'étude sur l'application des mesures de réduction après la construction (Denman, 2002)²³, on avait réduit le radon d'un facteur d'au moins 10[†] dans plus de 75 % des maisons. En ce qui concerne les maisons en construction, on a calculé les facteurs de réduction du radon à l'aide des niveaux de radon moyens de 1 300 logements n'ayant pas fait l'objet de mesures de réduction et situés dans la même zone définie selon le code postal. Résultat : une distribution bimodale des facteurs de réduction du radon présentant des maximums presque égaux de 3,33 et de 2.[†]</p>

Auteur principal	Lieu	Méthodologie de surveillance	Type de mesure	Résultats
Membranes et planchers soutenus par des blocs et des poutres				
Scivyer (2001) ²⁸	Étude comparant les niveaux de radon dans 245 maisons non protégées et 220 logements protégés par des membranes pare-radon passives au R.-U.	<p>On a mesuré les niveaux de radon dans les maisons non protégées (sans membrane) des zones touchées et après la mise en œuvre des mesures de protection dans des logements neufs.</p> <p>On a comparé 245 maisons non protégées construites avant 1992, 131 maisons protégées construites en 1990-1991 et 89 autres construites en 1993-1994.</p>	<p>Pour protéger les planchers, on a utilisé la technique du plancher de béton suspendu sur des blocs et des poutres ou une membrane pare-radon en polyéthylène de calibre 1 200 qu'on a installée sur la dalle de plancher en béton reposant sur le sol et qu'on a disposée en pente dans les murs creux pour les protéger. Dans les zones à risque élevé, on a ajouté à la membrane une ventilation naturelle sous le plancher.</p> <p>Si on trouvait des niveaux de radon élevés dans la maison achevée, on appliquait la technique du puisard et du ventilateur.</p>	<p>On a conclu que les mesures de protection s'amélioraient à mesure que leur mise en œuvre devenait plus courante.</p> <p>Les maisons non protégées dont le plancher de béton reposait sur le sol présentaient en moyenne un niveau de radon à l'intérieur de 167 Bq/m³; ceux dont le plancher était suspendu sur des blocs et des poutres avaient un niveau moyen de 78 Bq/m³.</p> <p>En 1994, les maisons protégées dont le plancher de béton reposait sur le sol présentaient un niveau de radon moyen de 68 Bq/m³ à l'intérieur; ceux dont le plancher était suspendu sur des blocs et des poutres avaient un niveau moyen de 21 Bq/m³.</p> <p>Parmi les maisons non protégées dont le plancher de béton reposait sur le sol, 20 % présentaient des niveaux de radon supérieurs au seuil d'intervention (200 Bq/m³)[†], alors que 18 % de celles dont le plancher était suspendu sur des blocs et des poutres avaient des niveaux dépassant le seuil d'intervention.[†]</p> <p>Parmi les maisons protégées dont le plancher de béton reposait sur le sol, seulement 4 % dépassaient le seuil d'intervention en 1991 et aucune ne le dépassait en 1994. Aucune maison dont le plancher était suspendu sur des blocs et des poutres ne dépassait le seuil d'intervention ces deux années-là.</p>

Auteur principal	Lieu	Méthodologie de surveillance	Type de mesure	Résultats
Membranes et planchers soutenus par des blocs et des poutres				
Wooliscroft (1994) ³⁵	Étude comparant les procédures de construction des maisons de la région de Devon et de Cornwall (Angleterre). L'étude a porté sur 136 maisons en 1989-1990 et sur 287 autres en 1990-1991.	<p>L'analyse principale portait sur 416 logements, dont 295 se trouvaient dans des zones à concentration de radon moyenne (où, en l'absence de mesure de prévention, on pouvait s'attendre à ce que 10 % à 30 % des maisons dépassent le seuil d'intervention) et 121 étaient dans des zones à concentration de radon élevée (où on pouvait s'attendre à ce que plus de 30 % des logements dépassent le seuil d'intervention).</p> <p>On a mesuré le radon avec des détecteurs track-etch alpha pendant trois mois à l'hiver 1990-1991. On a placé les détecteurs dans le salon et la chambre à coucher principale. Les résultats ont été pondérés selon la saison.</p>	<p>On a comparé quatre procédures de construction et de protection :</p> <ul style="list-style-type: none"> • plancher soutenu par des blocs et des poutres avec membrane (deux maisons dans une zone à concentration de radon élevée et 104 dans une zone à concentration moyenne); • plancher soutenu par des blocs et des poutres sans membrane (38 maisons dans une zone à concentration de radon moyenne); • plancher de béton reposant sur le sol avec membrane (49 maisons dans une zone à concentration de radon élevée et 65 dans une zone à concentration moyenne); • plancher de béton reposant sur le sol sans membrane (70 maisons dans une zone à concentration de radon élevée et 88 dans une zone à concentration moyenne). <p>L'effet de la technique du plancher soutenu par des blocs et des poutres est essentiellement un effet de ventilation.</p>	<p>Les niveaux annuels moyens de radon à l'intérieur qui résultaient de ces procédures de construction et de protection étaient les suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • plancher soutenu par des blocs et des poutres avec membrane → 47 Bq/m³; • plancher soutenu par des blocs et des poutres sans membrane → 103 Bq/m³; • plancher de béton reposant sur le sol avec membrane → 87 Bq/m³; • plancher de béton reposant sur le sol sans membrane → 194 Bq/m³. <p>Il a été déterminé que le niveau de signification du type de construction était de 5 %, alors que celui de la mesure de protection utilisée (la présence ou l'absence de membrane) dépassait 0,1 %.</p> <p>Séparément, la membrane et la technique du plancher soutenu par des blocs et des poutres (effet de ventilation sous le plancher) réduisaient de moitié environ les niveaux de radon à l'intérieur. Ensemble, elles réduisaient ces niveaux d'un facteur approximatif de 4.</p>

Ressources utiles

- A. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Case Studies in Environmental Medicine. Radon Toxicity. Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Services, Atlanta, GA. [en ligne], 2000, consulté le 30 juin 2008, disponible à <http://www.atsdr.cdc.gov/csem/radon/docs/radon.pdf>
- B. World Health Organization. Radon and health. [en ligne], mars 2004, consulté le 9 juin 2008, disponible à <http://www.who.int/phe/radiation/en/2004Radon.pdf>
- C. Société canadienne d'hypothèques et de logement. *Le radon : guide à l'usage des propriétaires canadiens*. [En ligne] 2007 [consulté le 7 juillet 2008]; disponible à <https://www03.cmhc-schl.gc.ca/b2c/b2c/mimes/pdf/61328.pdf>

Références

1. Nazaroff WW. Radon Transport from Soil to Air. *Rev Geophys* 1992;30(2):137-160.
2. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), U.S. Department of Health and Human Services. 1990. Toxicological Profile for Radon. Atlanta, GA. [en ligne], consulté le 9 juin 2008, disponible à <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp145.pdf>
3. Grasty RL, LaMarre JR. The annual effective dose from natural sources of ionising radiation in Canada. *Radiat Prot Dosimet* 2004;108(3):215-226.
4. Chen J. Estimate of annual average radon concentration in the normal living area from short-term tests. *Health Phys* 2003;85(6):740-744.
5. Chen J, Jiang H, Tracy BL, Zielinski JM. A Preliminary Radon Map for Canada According to Health Region. *Radiat Prot Dosimet* 2008 Apr 16. [Publication électronique disponible, publication papier à paraître.]
6. Natural Resources Canada. Radiation geophysics. [en ligne], 11 juin 2008, consulté le 30 juin 2008, disponible à http://cgc.rncan.gc.ca/gamma/radon_e.php
7. Lugg A, Probert D. Indoor radon gas: A potential health hazard resulting from implementing energy-efficiency measures. *Applied Energy*, 1997;56(2):93-196.
8. World Health Organization. Radon and health. [en ligne], mars 2004, consulté le 9 juin 2008, disponible à <http://www.who.int/phe/radiation/en/2004Radon.pdf>
9. Osborne M, Harrison J. An Overview of Indoor Radon Risk Reduction in the United-States. *J Radioanal Nucl Chem-Artic* 1991;161(1):265-272.
10. Massachusetts Department of Environmental Protection. Guidelines for the design, installation, and operation of sub-slab depressurization systems. [en ligne], décembre 1995, consulté le 30 juin 2008, disponible à <http://www.mass.gov/dep/cleanup/laws/ssd1e.pdf>
11. Scivyer CR. Surveying dwellings with high indoor radon levels: a BRE guide to radon remedial measures in existing dwellings. Watford, UK: Building Research Establishment; Report BR250; 1993.
12. Cliff KD, Naismith SP, Scivyer C, et al. The Efficacy and Durability of Radon Remedial Measures. *Rad Prot Dosimet* 1994;56(1-4):65-69.
13. Naismith SP, Miles JCH, Scivyer CR. The influence of house characteristics on the effectiveness of radon remedial measures. *Health Phys* 1998;75(4):410-416.

14. Synnott H, Colgan PA, Hanley O, Fenton D. The effectiveness of radon remediation in Irish schools. *Health Phys* 2007;92(1):50-57.
15. Craig AB. A Review of Radon Mitigation in Large Buildings in the US. *Radiat Prot Dosimetry* 1994;56(1-4):29-32.
16. Najafi FT, Lalwani L, Win G. Radon Entry Control in New House Construction. *Health Phys* 1995; 69(1):67-74.
17. Marsik T, Johnson R. Use of Simulink to address key factors for radon mitigation in a Fairbanks home. *Health Phys* 2008;94(5):434-439.
18. Arvela H. Radon Mitigation in blocks of flats. *Sci Total Environ* 2001;272(1-3):137.
19. Maringer FJ, Akis MG, Kaineder H, et al. Results and conclusions of the Austrian radon mitigation project 'SARAH'. *Sci Total Environ* 2001;272(103):159-167.
20. Henschel DB. Analysis of Radon Mitigation Techniques used in Existing US Houses. *Radiat Prot Dosimetry* 1994;56(1-4):21-27.
21. Colgan PA, Madden JS, Synnott H, et al. Current status of programmes to measure and reduce radon exposure in Irish workplaces. *J Radiol Prot* 2004;24(2):121-129.
22. Coskeran T, Denman AR, Phillips PS, et al. A critical comparison of the cost-effectiveness of domestic radon remediation programmes in three counties of England. *J Environ Radioact* 2002;62(2):129-144.
23. Denman AR, Phillips PS, Tornberg R. The costs and benefits of radon remediation programmes in existing homes: case study of action level selection. *J Environ Radioact* 2002;62(1):17-27.
24. Denman AR, Parkinson S, Johnstone M, et al. Radon in the workplace: Implications of studies of post-remediation monitoring. *Radiat Prot Dosimetry* 2004;111(1):51-54.
25. Howarth CB. The Reliability of Radon Reduction Techniques. *Sci Total Environ* 2001;272(1-3):349-352.
26. Groves-Kirkby CJ, Denman AR, Phillips PS, et al. Radon mitigation in domestic properties and its health implications - a comparison between during-construction and post-construction radon reduction. *Environ Int* 2006;32(4):435-443.
27. Ennemoser O, Oberdorfer E, Brunner P, et al. Mitigation of indoor radon in an area with unusually high radon concentrations. *Health Phys* 1995;69(2):227-233.
28. Scivyer CR. Radon protection for new buildings: a practical solution from the UK. *Sci Total Environ* 2001;272(1-3):91-96.
29. Leung JKC, Tso MYW, Hung LC. Radon mitigation by depressurization of concrete walls and slabs. *Health Phys* 1999;77(4) 420-426.
30. Groves-Kirkby CJ, Denman AR, Phillips PS, et al. Domestic radon remediation of UK dwellings by sub-slab depressurisation: Evidence for a baseline contribution from constructional materials. *Environ Int* 2008;34(3):428-436.
31. Marley F, Phillips PS. Investigation of the potential for radon mitigation by operation of mechanical systems affecting indoor air. *J Environ Radioact* 2001;54(2):205-219.
32. Wang F, Ward IC. A case study on radon remedial measures in a family dwelling. *Health phys* 1997; 73(5):787-793.

33. U.S. EPA. Radon Reduction Techniques for Existing Detached Houses, Technical Guidance (Third Edition) for Active Soil Depressurization Systems, October 1993, EPA/625/R-93-011.
34. The Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) U.S. Department of Health and Human Services. Radon Toxicity, Radon Abatement. [en ligne], 30 juin 2000, consulté le 30 juin 2008, disponible à http://www.atsdr.cdc.gov/HEC/CSEM/radon/radon_abatement.html
35. Woolliscroft M, Scivyer C, Parkins L. Field Trials on the Effectiveness of Radon Protection Measures in New Dwellings. Radiat Prot Dosimet 1994;56(1-4):33-40.
36. Société canadienne d'hypothèques et de logement. *Le radon : guide à l'usage des propriétaires canadiens*. [en ligne] 2007, consulté le 7 juillet 2008, disponible à <https://www03.cmhc-schl.gc.ca/b2c/b2c/mimes/pdf/61328.pdf>
37. Cliff KD, Green BMR, Lomas PR. Domestic Radon Remedies. Radiat Prot Dosimet 1992;45(1-4):599-601.

Commentaires

Veillez inscrire vos commentaires ci-dessous.

Titre du document :

Mesures efficaces pour réduire le niveau de radon à l'intérieur

Le document vous aide-t-il à faire votre travail? Pourquoi?

Comment pourrions-nous améliorer le document?

Quelle est votre occupation? _____

Votre nom : _____

Comment avez-vous obtenu le document? _____

Veillez poster ou télécopier le présent formulaire à :

**Centre de collaboration nationale
en santé environnementale**

400 East Tower
555 W 12th Avenue
Vancouver BC V5Z 3X7

Télécopieur : 604-707-2444