



Santé  
Canada

Health  
Canada

*Votre santé et votre  
sécurité... notre priorité.*

*Your health and  
safety... our priority.*

# **Réduire les concentrations de radon dans les maisons existantes :**

## **Guide canadien à l'usage des entrepreneurs professionnels**



Canada 

***Santé Canada est le ministère fédéral qui aide les Canadiennes et les Canadiens à maintenir et à améliorer leur état de santé. Nous évaluons l'innocuité des médicaments et de nombreux produits de consommation, aidons à améliorer la salubrité des aliments et offrons de l'information aux Canadiennes et aux Canadiens afin de les aider à prendre de saines décisions. Nous offrons des services de santé aux peuples des Premières nations et aux communautés inuites. Nous travaillons de pair avec les provinces pour nous assurer que notre système de santé répond aux besoins de la population canadienne.***

Publication autorisée par le ministre de la Santé.

*Réduire les concentrations de radon dans les maisons existantes :  
Guide canadien à l'usage des entrepreneurs professionnels*  
est disponible sur Internet à l'adresse suivante :  
[www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/radiation/radon\\_contractors-entrepreneurs/index-fra.php](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/radiation/radon_contractors-entrepreneurs/index-fra.php)

Also available in English under the title: *Reducing Radon Levels in Existing Homes:  
A Canadian Guide for Professional Contractors*

La présente publication est disponible sur demande sous d'autres formes.

Pour obtenir plus de renseignements ou des copies supplémentaires, veuillez communiquer avec :  
Publications  
Santé Canada  
Ottawa (Ontario) K1A 0K9  
Tél. : 613-954-5995  
Télec. : 613-941-5366  
Courriel : [info@hc-sc.gc.ca](mailto:info@hc-sc.gc.ca)

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par la ministre de la Santé, 2010

La présente publication peut être reproduite sans autorisation dans la mesure où la source est indiquée en entier.

IMPRIMÉ  
Cat. : H128-1/11-653-2F  
ISBN : 978-1-100-99249-5

PDF  
Cat. : H128-1/11-653-2F-PDF  
ISBN : 978-1-100-99250-1

## **Remarques**

---

Le présent guide a été rédigé à l'intention des entrepreneurs professionnels de l'industrie du bâtiment afin d'informer sur les techniques d'atténuation du radon dans les maisons existantes avec contact avec le sol. Le guide se base sur les meilleurs renseignements disponibles à l'heure actuelle et a été revu par un Comité composé d'intervenants de l'industrie du bâtiment. Le présent guide ne se substitue pas à la réglementation sur le bâtiment en vigueur. Il est de la responsabilité de l'entrepreneur de s'assurer qu'il se conforme aux Codes de santé, sécurité et de construction en vigueur. L'auteur (Santé Canada) ne saurait assumer quelque responsabilité que se soit pour des dommages, des blessures ou des coûts découlant de l'utilisation de cette publication.

## **Remerciements**

---

Santé Canada aimerait remercier Arthur Scott pour l'élaboration du document original ainsi que les personnes dévouées suivantes qui ont grandement aidé au développement du guide par leurs commentaires, idées ou révisions :

Coordonnatrice du Groupe de travail  
Isabelle Vézina, Santé Canada

Membres du Groupe de travail

- Valois Bérubé, Société d'habitation du Québec
- Henri Bouchard, Corporation des Maîtres mécaniciens en tuyauterie du Québec
- Jean-Claude Dessau, Ministère de la Santé et des Services Sociaux du Québec
- Don Fugler, Patrick Gautreau et Wendy Pollard, Société canadienne d'hypothèques et de logement
- Stéphane Hallé, École de technologie supérieure
- Jean-Marc Leclerc et Patrick Poulin, Institut national de santé publique du Québec
- Marc-Olivier Boudreau, Mathieu Brossard, Marielou Verge et Jeff Whyte, Santé Canada

Remerciement spécial à nos collaborateurs de l'international pour leurs précieux commentaires : William J. Angell, Jack Bartholomew Jr. ainsi qu'à la Communauté de Kitigan Zibi pour avoir accepté de partager leurs photos.

# Table des matières

<b>Chapitre 1 – Le radon : Un survol</b>	<b>1</b>
1.1 Qu'est-ce que le radon?	1
1.2 Pourquoi est-il un risque pour la santé?	2
1.3 Lignes directrices sur le radon	3
<b>Chapitre 2 – Évaluation de la qualité de la mesure de radon</b>	<b>4</b>
2.1 Introduction	4
2.2 Directives de Santé Canada concernant les tests de mesure	5
Mesures à long terme	5
Mesures à court terme	5
<b>Chapitre 3 – Vue d'ensemble des systèmes d'atténuation du radon</b>	<b>7</b>
3.1 Comment le radon entre-t-il dans une maison?	7
3.2 Principes de réduction de l'infiltration du radon	7
3.3 Sélection de méthodes d'atténuation	8
3.4 Fondations en maçonnerie	8
3.5 Fondations en blocs de béton creux	9
3.6 Fondations en béton coulé	11
3.7 Fondations à dalle sur terre-plein	12
3.8 Effets saisonniers	13
3.9 Résumé des options d'atténuation	14
<b>Chapitre 4 – Atténuation par dépressurisation du sol sous la dalle</b>	<b>16</b>
4.1 Introduction	16
4.2 Test de faisabilité	16
Exemple test de faisabilité	19
4.3 Conception du système	20
Généralités	20
Différences de pression dans les bâtiments	20
Estimation du débit du ventilateur	21
Estimation des pertes de pression du système	24

Résumé . . . . .	26
Choix du ventilateur . . . . .	26
Mesures prises durant d'autres saisons . . . . .	27
Exemples d'installations de systèmes sous la dalle . . . . .	29
<b>Chapitre 5 – Remédiation des sols à découvert . . . . .</b>	<b>30</b>
5.1 Introduction . . . . .	30
5.2 Dépressurisation sous la membrane . . . . .	30
5.3 Capacité du ventilateur pour un système de dépressurisation sous la membrane . . . . .	32
<b>Chapitre 6 – Remédiation par dépressurisation à l'aide des systèmes de puisard et de drainage . . . . .</b>	<b>34</b>
6.1 Introduction . . . . .	34
6.2 Couvrir un système de puisard . . . . .	34
Avaloirs de sol . . . . .	35
Détermination de la capacité du ventilateur pour un système de puisard . . . . .	36
Dépressurisation du sol sous la dalle et puisards . . . . .	36
6.3 Utilisation du tuyau de drainage périphérique . . . . .	36
Choix du ventilateur du système . . . . .	38
Installation d'un ventilateur extérieur . . . . .	38
<b>Chapitre 7 – Remédiation par les méthodes de ventilation . . . . .</b>	<b>39</b>
7.1 Introduction . . . . .	39
7.2 Solutions d'évacuation . . . . .	40
7.3 Chauffage à air pulsé . . . . .	41
7.4 Solutions d'alimentation . . . . .	41
7.5 Ventilateurs-récupérateurs de chaleur . . . . .	42
7.6 Choix du ventilateur à l'aide d'une porte soufflante . . . . .	43
7.7 Installation . . . . .	43
<b>Chapitre 8 – Remédiation par élimination des voies d'entrée . . . . .</b>	<b>44</b>
8.1 Contexte . . . . .	44
8.2 Difficultés . . . . .	45
8.3 Élimination des voies d'entrée dans le cadre d'une dépressurisation sous la dalle . . . . .	46

## **Chapitre 9 – Installation du ventilateur et de la tuyauterie . . . . .47**

9.1	Introduction . . . . .	47
9.2	Emplacement du point d'évacuation . . . . .	47
9.3	Emplacement du ventilateur . . . . .	50
9.4	Installation électrique . . . . .	51
9.5	Surveillance du ventilateur . . . . .	51
9.6	Tuyauterie . . . . .	51
9.7	Étiquetage . . . . .	52
9.8	Contrôle de la condensation . . . . .	52

## **Chapitre 10 – Couplage de systèmes d'atténuation . . . . .53**

10.1	Généralités . . . . .	53
10.2	Ventilation des murs en blocs . . . . .	53

## **Chapitre 11 – Codes de construction et atténuation du radon . . . . .55**

11.1	Généralités . . . . .	55
11.2	Les exigences du code visées par les mesures d'atténuation du radon . . . . .	55
	Code de plomberie . . . . .	55
	Code du bâtiment . . . . .	55

## **Chapitre 12 – Refoulement des appareils de combustion . . . . .57**

12.1	Monoxyde de carbone . . . . .	57
12.2	Appareils de combustion . . . . .	57
12.3	Test . . . . .	58
12.4	Détecteur de CO . . . . .	58

## **Chapitre 13 – Tests réalisés après l'installation du système . . . . .59**

13.1	Vérifications mécaniques du système . . . . .	59
13.2	Mesure du radon à court terme . . . . .	59
13.3	Mesure du radon à long terme . . . . .	60
	Moniteurs numériques de radon . . . . .	60
13.4	Mesure de radon subséquente . . . . .	61

<b>Chapitre 14 – Mesures de sécurité d'ordre général</b>	<b>62</b>
14.1 Programme de santé et de sécurité	62
Amiante	62
Dangers liés aux vides sanitaires et aux greniers	62
Moisissure	63
Histoplasmosse	63
Blastomycose	63
Hantavirus	63
14.2 Radioexposition	64
<b>Autres ouvrages de référence</b>	<b>66</b>
<b>Glossaire</b>	<b>67</b>

## Liste des figures

Figure 1 – Déplacement du radon	1
Figure 2 – Exemple de variabilité des concentrations de radon	4
Figure 3 – Voies d'entrée du radon liées aux fondations en maçonnerie d'un sous-sol ou d'une cave	9
Figure 4 – Voies d'entrée du radon liées aux fondations en blocs de béton creux	10
Figure 5 – Voies d'entrée du radon liées aux fondations en béton coulé	11
Figure 6 – Voies d'entrée du radon liées aux fondations à dalle sur terre-plein	12
Figure 7 – Principe du test de communication sous la dalle	17
Figure 8 – Exemple de disposition des trous test	19
Figure 9 – Détails de raccordements du tuyau d'extraction	25
Figure 10 – Solution graphique du choix du ventilateur	27
Figure 11 – Fixation de la membrane au mur	31
Figure 12 – Évacuation par le puisard	35
Figure 13 – Évacuation par le tuyau de drainage	37
Figure 14 – Évacuation par le vide sanitaire	41
Figure 15 – Évolution de la concentration de radon post-atténuation	61

## Liste des tableaux

Tableau 1 – Options d’atténuation - Fondations en maçonnerie et en blocs de béton creux . . . . .	14
Tableau 2 – Options d’atténuation – Fondations en béton coulé et à dalle sur terre-plein . . . . .	15
Tableau 3 – Différences de pression entre l’extérieur et l’intérieur du bâtiment (effet de cheminée) . . . . .	21
Tableau 4 – Exemple de différences de pressions régnant dans la maison et sous la dalle . . . . .	22
Tableau 5 – Facteurs de correction de la température pour déterminer la succion de conception . . . . .	23
Tableau 6 – Calculs de pertes de pression dans un réseau de tuyauterie . . . . .	26
Tableau 7 – Exemple d’exigences relatives aux tuyaux d’évacuation des gaz de combustion . . . . .	49
Tableau 8 – Pentes de tuyauterie recommandées . . . . .	52
Tableau 9 – Limites de l’exposition au radon des Lignes directrices pour les MRN . . . . .	64
Tableau 10 – Glossaire des termes . . . . .	67

## Liste des exemples de calculs

Exemple 1 – Test de faisabilité . . . . .	19
Exemple 2 – Différences de pression dans un bâtiment . . . . .	20
Exemple 3 – Calculs pour le choix du ventilateur . . . . .	23
Exemple 4 – Succion à la fosse . . . . .	24
Exemple 5 – Calculs des pertes de pression dans la tuyauterie . . . . .	25
Exemple 6 – Corrections saisonnières . . . . .	28

## Liste des photos

Photo 1 – Test de faisabilité . . . . .	19
Photo 2 – Installation du ventilateur dans le grenier . . . . .	29
Photo 3 – Installation du ventilateur dans le sous-sol . . . . .	29
Photo 4 – Système avec deux points d’extraction . . . . .	29
Photo 5 – Étanchement autour du point de pénétration dans la membrane . . . . .	30
Photo 6 – Fixation de la membrane au mur . . . . .	31
Photo 7 – Utilisation de la fumée chimique . . . . .	33
Photo 8 – Fissure colmatée dans la dalle de béton . . . . .	46
Photo 9 – Exemples d’évacuation au toit d’un système de dépressurisation active sous la dalle a) Formation de glace sur un système non isolé b) Système isolé avec ventilateur dans le grenier . . . . .	48
Photo 10 – Exemple d’évacuation à l’extérieur au niveau du sol . . . . .	49
Photo 11 – Deux appareils utilisés pour assurer le bon fonctionnement du système de dépressurisation active du sol : Un tube de Pitot et une alarme audible . . . . .	51



# Chapitre 1 :

## Le radon : Un survol

### 11 Qu'est-ce que le radon?

L'uranium qui est un élément radioactif naturel est présent partout en faibles concentrations dans les roches et les sols. Sa désintégration radioactive produit du radium qui, à son tour, se désintègre en radon, un gaz inerte radioactif incolore et inodore. Comme c'est un gaz, le radon peut s'échapper facilement du substratum rocheux et du sol vers l'air extérieur ou s'infiltrer dans une maison ou un bâtiment. Puisque *tous* les sols contiennent de l'uranium, le radon est donc présent dans tous les types de sol. Le radon qui s'échappe du sol vers l'atmosphère est dilué rapidement à des concentrations trop faibles pour être préoccupantes pour la santé.

La pression d'air à l'intérieur d'un bâtiment est généralement inférieure à celle du sol entourant les fondations. Ceci provoque une succion de l'air et des autres gaz souterrains du sol, dont le radon, par toutes les ouvertures dans les fondations en contact avec le sol. Par exemple, les joints de construction, les ouvertures autour des branchements et des colonnes de soutien, les avaloirs de sol et les puisards, les fissures dans les murs de fondation et les dalles de plancher et les cavités dans les murs en blocs de béton. Une fois dans la maison, le radon peut s'accumuler à des concentrations élevées susceptibles de poser un risque à long terme pour la santé.

Dans certaines régions, le radon présent dans les sources d'eau peut contribuer à la concentration intérieure de radon dans le bâtiment. Dans ces cas, le radon se dissout dans l'eau à mesure qu'il voyage à travers la roche et le sol. Cette situation est généralement associée aux sources d'eau souterraines et, par le fait même, affecte plutôt l'eau provenant de puits plutôt que les eaux de surface utilisées dans la plupart des alimentations en eau municipales. D'importants volumes d'eau sont utilisés entre autres pendant la douche, le lavage, etc., et lorsqu'agitée, le radon peut être relâché dans l'air s'il est présent dans l'eau. Toutefois, le risque à la santé associé au radon dissout dans l'eau ne provient pas de l'ingestion de l'eau, mais plutôt de l'inhalation de l'air dans lequel le radon a été dégazé.

Toutes ces voies d'entrée sont illustrées à la Figure 1.

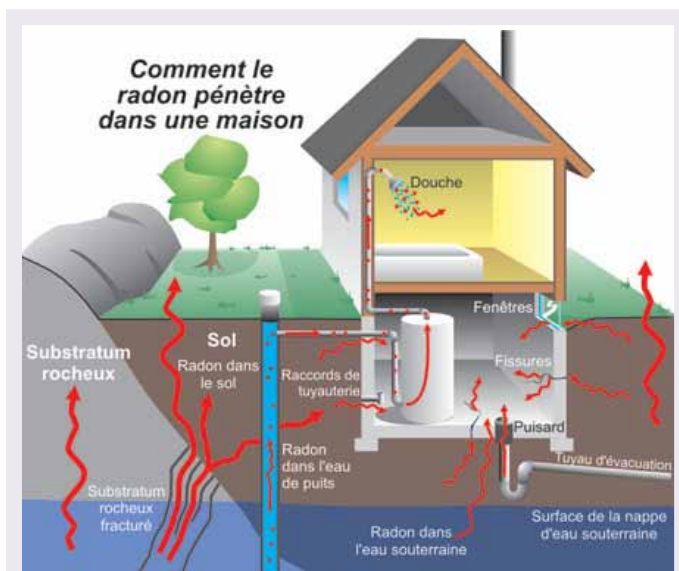


Figure 1 – Déplacement du radon (Avec l'aimable autorisation de Ressources naturelles Canada)

Bien que les concentrations élevées de radon soient associées à certaines formations géologiques, le type de sol, le type d'habitation et la construction des fondations diffèrent tellement d'un endroit à l'autre que les cartes de « zones à risque » liées au radon ne sont que de piètres indicateurs de la concentration de radon réelle dans une maison. Même des maisons identiques situées à proximité l'une de l'autre peuvent présenter des concentrations moyennes de radon bien différentes. **La seule façon de savoir si une maison a une concentration élevée de radon est d'en mesurer la concentration.**

## 12 Pourquoi est-il un risque pour la santé?

---

Le seul risque connu pour la santé associé à l'exposition au radon dans l'air intérieur est un risque accru de développer un **cancer du poumon**. Ce risque dépend de :

1. la concentration moyenne de radon dans le bâtiment;
2. la durée de temps à laquelle une personne est exposée;
3. l'usage du tabac.

Santé Canada estime qu'un non-fumeur exposé à vie à des concentrations élevées de radon a 1 chance sur 20 de développer un cancer du poumon. Les effets combinés de l'exposition au radon et de l'usage du tabac augmentent fortement le risque de cancer du poumon. Ce risque passe à 1 sur 3 pour un fumeur exposé à vie à cette même concentration.

Lors de sa désintégration, le radon émet une particule alpha et se transforme en d'autres éléments appelés « produits de filiation » ou « descendants » du radon pouvant être absorbés par les poumons. Deux de ces produits de filiation, le polonium-218 et le polonium-214, se désintègrent rapidement et émettent également des particules alpha. Lorsque des particules alpha heurtent de la matière, comme une cellule, leur énergie est transmise à cette matière et l'endommage. La peau humaine est suffisamment épaisse pour empêcher la pénétration des particules alpha vers des tissus plus vulnérables sous la peau. Cependant, si le radon ou ses produits de filiation sont inhalés, les particules alpha émises peuvent endommager les tissus bronchiques et pulmonaires non protégés et sensibles, ce qui peut provoquer un cancer du poumon.

À l'origine, l'évaluation du risque de cancer du poumon lié au radon reposait sur l'exposition à des concentrations élevées dans les mines d'uranium, tandis que le risque provenant des concentrations plus faibles retrouvées dans les maisons demeurait incertain. Toutefois, de récentes études menées dans des résidences ont confirmé que même les concentrations de radon plus faibles comme celles retrouvées dans les maisons posaient un risque de contracter un cancer du poumon. De nombreuses années doivent généralement s'écouler entre l'exposition et le début de la maladie (le début de la maladie commence en moyenne à l'âge de 60 ans pour le cancer du poumon). Contrairement au tabagisme, mise à part le cancer du poumon, l'exposition au radon n'engendre pas d'autres maladies ou conditions respiratoires comme la toux ou les maux de tête.

### 13 Lignes directrices sur le radon

---

Dès 2005, Santé Canada a collaboré avec le Comité de radioprotection fédéral-provincial-territorial (CRFPT) afin de réviser le risque pour la santé posé par l'exposition au radon. L'évaluation des risques est fondée sur de nouveaux renseignements scientifiques et a fait l'objet d'une vaste consultation publique. À l'aide de l'évaluation des risques et de la rétroaction obtenue de la consultation publique, le gouvernement du Canada a mis à jour sa directive concernant l'exposition au radon dans l'air intérieur en 2007. Cette directive mise à jour fournit des conseils qui s'appliquent de façon générale et offre une meilleure protection que la directive précédente du CRFPT.

Les lignes directrices en vigueur du gouvernement du Canada concernant l'exposition au radon dans l'air intérieur sont les suivantes :

- Il faut prendre des mesures correctives lorsque la concentration moyenne annuelle de radon dépasse les 200 Bq/m<sup>3</sup> dans les aires normalement occupées d'un bâtiment.
- Plus les concentrations de radon sont élevées, plus il faut agir rapidement.
- Lorsque des mesures correctives sont prises, la teneur en radon devrait être réduite au plus bas niveau qu'on puisse raisonnablement atteindre.
- La construction de nouveaux bâtiments devrait se faire à l'aide de techniques préventives qui permettront de réduire au minimum l'entrée du radon et de faciliter l'élimination du radon après la construction, si cela s'avérerait nécessaire par la suite.

**Pour de plus amples renseignements sur le radon et les Lignes directrices, consultez le site Internet de Santé Canada à [www.santecanada.gc.ca/radon](http://www.santecanada.gc.ca/radon) ou composez le 1-800-0-Canada.**

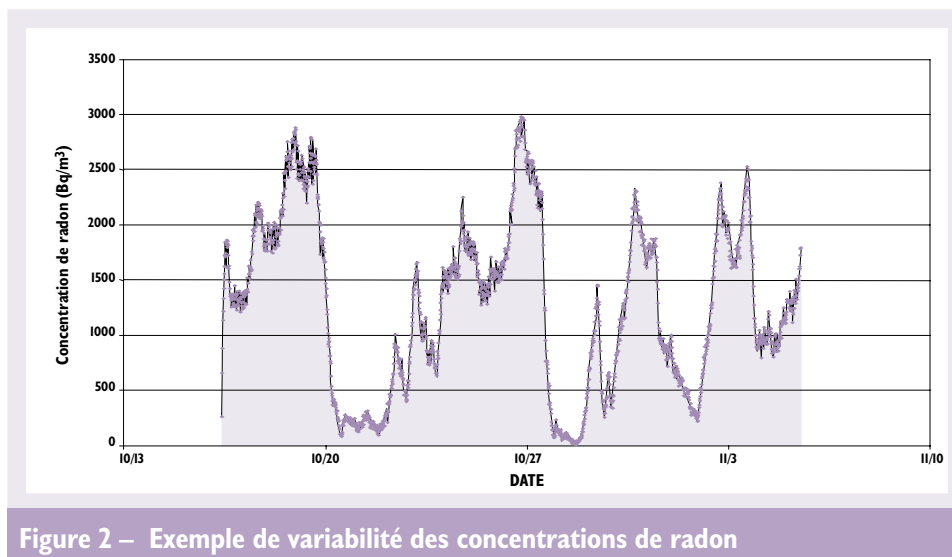
# Chapitre 2 :

## Évaluation de la qualité de la mesure de radon

### 2.1 Introduction

La concentration de radon dans une maison ou un bâtiment fluctue selon la saison, la façon dont le système de ventilation est opéré et l'ouverture ou non des portes et fenêtres. Les concentrations de radon peuvent varier d'une heure à l'autre, d'une journée à l'autre ou d'une semaine à l'autre. Ceci est montré à la Figure 2 qui présente la variation horaire au cours d'un mois dans une maison en conditions fermées durant l'hiver. La moyenne mensuelle est d'approximativement 1300 Bq/m<sup>3</sup> pour ces 3 semaines mais les concentrations horaires peuvent atteindre des valeurs aussi élevées que 2950 Bq/m<sup>3</sup> et aussi faibles que 50 Bq/m<sup>3</sup>. Ceci est typique de la variabilité des concentrations de radon à l'intérieur et reflète les variations associées au débit entrant de radon à partir du sol et aux variations associées aux taux de ventilation de la maison.

En plus des variations à court terme par rapport à la valeur moyenne mensuelle, la moyenne mensuelle elle-même varie d'une saison à l'autre. Les valeurs les plus élevées étant atteintes durant les mois d'hiver. C'est en raison de ces variations qu'une durée de mesure de 3 à 12 mois est requise pour produire une bonne estimation de la concentration moyenne annuelle de radon. Les recommandations de Santé Canada liées aux mesures de radon prennent en compte cette variabilité.



## 2.2 Directives de Santé Canada concernant les mesures de radon

### Mesures à long terme

Santé Canada recommande d'effectuer une mesure à long terme *pour déterminer si la concentration de radon dans une maison dépasse la directive de Santé Canada sur le radon*. Bien qu'une durée de mesure minimale de 3 mois soit recommandée, une période de test de 12 mois serait optimale. Santé Canada ne recommande aucune mesure d'une durée inférieure à 1 mois.

Les appareils de mesure du radon à long terme les plus couramment utilisés au Canada sont les :



**Détecteurs de traces alpha :** Ces détecteurs contiennent une lamelle de plastique ou une mince pellicule spéciale insérée dans un contenant. L'appareil est exposé à l'air de la maison pour une période de temps définie. Le radon dans l'air entre dans la chambre de l'appareil et les particules alpha émises par la désintégration laissent des traces sur le morceau de plastique. À la fin de la mesure, le détecteur est retourné à un laboratoire pour analyse et la concentration moyenne de radon est calculée.



**Chambres d'ionisation avec électret :** Cet appareil contient un disque doté d'une charge électrostatique appelé «électret» dans un contenant (chambre). L'appareil est exposé à l'air de la maison pour une période de temps définie. Le radon dans l'air entre dans la chambre de l'appareil et les particules alpha émises par la désintégration réduisent la charge de l'électret. La concentration de radon moyenne est calculée à partir du changement de charge mesuré par un voltmètre particulier. L'analyse peut être réalisée dans la maison ou l'appareil peut être retourné à un laboratoire.

Si le résultat de la mesure à long terme est supérieur à 200 Bq/m<sup>3</sup>, Santé Canada recommande d'adopter des mesures correctives. Si le résultat de la mesure à long terme est inférieur à 200 Bq/m<sup>3</sup>, il n'est pas recommandé d'adopter des mesures correctives. Comme toute concentration de radon présente un risque pour la santé, les occupants peuvent, s'ils le souhaitent, adopter des mesures correctives à des concentrations plus basses que 200 Bq/m<sup>3</sup>.

### Mesures à court terme

Lorsqu'il est nécessaire d'obtenir une estimation rapide de la concentration de radon (pour vérifier la performance d'un système d'atténuation nouvellement installé, par exemple), une mesure à court terme d'une durée de 2 à 7 jours est acceptable.

***Il n'est pas acceptable d'utiliser les mesures à court terme pour déterminer si la concentration de radon excède la directive de Santé Canada en vue d'évaluer la nécessité ou non de prendre des mesures correctives.***

**Santé Canada recommande que le résultat de toute mesure à court terme soit confirmé par une mesure subséquente à long terme prise au même endroit.**

En guise de résumé, voici quelques questions pouvant aider à évaluer la qualité de la mesure de radon :

1. La mesure a-t-elle été prise sur une période de temps représentative de l'exposition annuelle des occupants (de 3 à 12 mois)? Une mesure à court terme peut sur ou sous estimer l'exposition annuelle des occupants.
2. La mesure a-t-elle été réalisée durant la saison de chauffage entre octobre et avril? Si non, le résultat pourrait sous-estimer l'exposition annuelle des occupants.
3. L'appareil a-t-il été placé conformément aux recommandations du Guide sur les mesures du radon dans les maisons de Santé Canada? Si non, le résultat pourrait ne pas être représentatif de l'exposition des occupants.
4. Est-ce que la mesure a été prise récemment? La mesure pourrait ne pas être représentative si des rénovations affectant la ventilation ou l'occupation ont été réalisées depuis la prise de mesure.
5. Est-ce que le fournisseur de mesure est certifié par la National Environmental Health Association (NEHA) sous le programme national de compétence sur le radon au Canada (PNCR-C)?

**Pour de plus amples renseignements sur la mesure du radon, consultez le «Guide sur les mesures du radon dans les maison» disponible sur le site Internet de Santé Canada à [www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/radiation/radon\\_homes-maisons/index-fra.php](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/radiation/radon_homes-maisons/index-fra.php) ou composez le 1-800-0-Canada.**

# Chapitre 3 :

## Vue d'ensemble des systèmes d'atténuation du radon

### 3.1 *Comment le radon entre-t-il dans une maison?*

---

Le radon est une petite composante des gaz souterrains (essentiellement de l'air pauvre en oxygène) qui comblent la porosité du sol et s'infiltrent dans les bâtiments. La concentration de radon dans le sol dépend de celle de l'uranium et/ou du radium sous et autour de la maison dans le sol. La pression d'air à l'intérieur d'un bâtiment est en général légèrement inférieure à celle du sol, ce qui provoque l'aspiration des gaz souterrains, dont le radon, dans le bâtiment par toutes les ouvertures des fondations en contact avec le sol.

La vitesse avec laquelle les gaz souterrains, dont le radon, s'infiltrent dans les bâtiments (débit d'entrée du radon en Bq/h) dépend des éléments suivants :

- la résistance du sol à l'égard de la diffusion des gaz reposant sur le type de substratum rocheux, le type de sol et sa structure, l'humidité du sol et le gel;
- la concentration de radon dans les gaz souterrains;
- la conception et la construction des fondations de la maison;
- les différences de pression entre la maison et le sol.

La concentration de radon dans la maison dépend à la fois du débit d'entrée du radon et de la vitesse avec laquelle l'air extérieur pénètre dans la maison (taux de ventilation en m<sup>3</sup>/h).

### 3.2 *Principes de réduction de l'infiltration du radon*

---

La quantité de radon qui s'infiltré dans un bâtiment peut être réduite en limitant le flux d'entrée des gaz souterrains par les fondations :

- éliminer les ouvertures en contact avec le sol présentes dans les fondations;
- abaisser la pression du sol sous le bâtiment ou sous une membrane afin d'empêcher l'écoulement des gaz du sol vers le bâtiment.

Si le flux d'entrée des gaz souterrains par les fondations ne peut être limité, la concentration dans l'espace habitable d'un bâtiment peut tout de même être réduite en :

- modifiant les configurations de circulation d'air à l'intérieur afin de piéger l'air chargé en radon avant son entrée dans l'espace habitable et le rejeter à l'extérieur;
- augmentant le taux de ventilation (nombre de renouvellement d'air par heure) dans l'espace habitable ou contiguë afin de diluer le radon.



Dans certaines régions, le radon s'infiltre dans les bâtiments sous forme dissoute dans l'eau de puits. Le radon présent dans l'eau peut être éliminé par adsorption sur charbon ou de préférence par aération de l'eau avant son utilisation. Des systèmes d'aération sont disponibles sur le marché. **Ce document ne traite pas de l'atténuation du radon dans l'eau.**

### 3.3 Sélection de méthodes d'atténuation

---

La réduction requise de la concentration, le type de bâtiment et les coûts liés à la méthode, y compris les coûts d'exploitation et les aspects esthétiques de l'installation, influent tous sur le choix de la méthode d'atténuation. L'accès à des parties importantes des fondations influe sur la facilité de travailler et, par le fait même, sur les coûts. L'habitabilité du sous-sol et de la zone des fondations peut déterminer les attentes du propriétaire vis-à-vis l'aspect esthétique de l'installation et les coûts. Une membrane jugée adéquate pour un vide sanitaire inutilisé peut ne pas être assez durable pour une cave où se fait régulièrement la lessive et qui sert de local de rangement. Une installation jugée adéquate dans une salle de lavage non finie nécessitera certaines améliorations dans un sous-sol aménagé en salle de jeux ou en chambre à coucher pour être considérée comme appropriée.

Bien qu'il soit possible de prévenir l'entrée des gaz souterrains, dont le radon, en remplaçant les fondations existantes par des murs en béton coulé et en intégrant des mesures anti-radon dans le plancher, la plupart des propriétaires ne sont pas disposés à investir d'importantes sommes d'argent uniquement pour réduire les concentrations de radon. Heureusement, ceci n'est pas nécessaire puisqu'il existe des méthodes d'atténuation efficaces à moindre coût pour la plupart des types de fondation. Les caractéristiques et les problèmes liés aux principaux types de fondation sont illustrés et examinés ci-après. Les méthodes d'atténuation proposées au Tableau 1 et au Tableau 2 à la fin de ce chapitre peuvent être réalisées à un coût modéré pour chaque type de fondation. Elles sont abordées en détail dans les prochains chapitres.

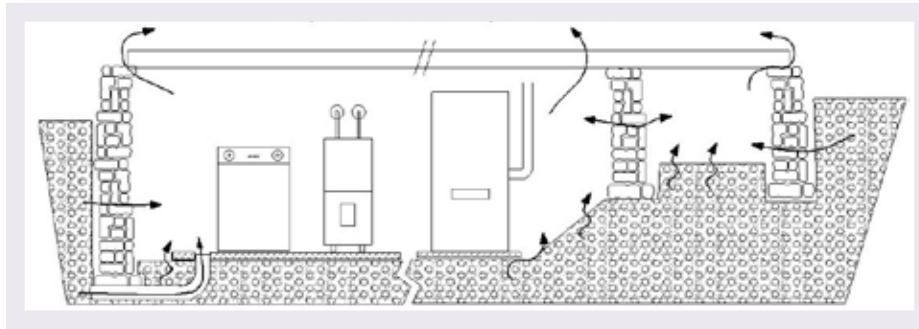
### 3.4 Fondations en maçonnerie

---

Les murs de fondation en maçonnerie, brique ou pierre des champs présentent certaines difficultés dans le cadre de l'atténuation du radon. On les retrouve fréquemment dans les vieilles maisons puisque les méthodes et les normes de construction de l'époque étaient différentes de celles employées aujourd'hui. Le plancher de la fondation peut être constitué de sol en terre battue, de pavés de pierre, de brique ou de béton, de panneaux en bois ou d'une dalle partielle de béton coulé à même le sol. Il existe de nombreuses voies potentielles d'entrée du radon dans le plancher. Le plancher de la fondation pourrait aussi être subdivisé en fonction des semelles des murs intérieurs en maçonnerie et chaque section pourrait être traitée séparément.

Il est possible qu'un revêtement d'étanchéité extérieur n'ait jamais été appliqué sur les murs de fondation, que ce revêtement soit fissuré ou se soit même détaché du mur avec le temps. Le mortier comblant tous les joints de la maçonnerie est souvent fissuré ou endommagé, créant ainsi de nombreuses voies potentielles d'entrée des gaz souterrains, dont le radon, par le mur. Ces voies sont illustrées à la Figure 3.





**Figure 3 – Voies d'entrée du radon liées aux fondations en maçonnerie d'un sous-sol ou d'une cave**

Certaines aires de la maison peuvent comporter des zones de sol en terre battue et une dalle de béton servant de base aux appareils de combustion, à la machine à laver et à la sècheuse. Ce type de disposition nécessitera à la fois la méthode d'atténuation par dépressurisation du sol sous la dalle et sous la membrane. Dans certains cas, le plancher de terre battue et les murs de fondation pourraient être recouverts d'une membrane continue afin de contrôler l'infiltration du radon par ces deux surfaces à l'aide de la dépressurisation du sol sous la membrane.

La présence de plusieurs voies d'entrée potentielles combinée à un accès difficile peuvent rendre la ventilation mécanique forcée du sous-sol intéressante si le flux d'air du sous-sol vers l'espace habitable peut être réduit. Il est nécessaire de pouvoir accéder au sous-sol pour faire l'entretien du système de ventilation. Colmater les fuites d'air potentiel à travers le plancher, les joints des conduits et les joints des générateurs d'air chaud pourrait s'avérer difficile particulièrement si l'accessibilité au sous-sol est restreinte. Le Tableau 1 propose des méthodes d'atténuation du radon pour les fondations en maçonnerie à la fin de ce chapitre.

### **3.5 Fondations en blocs de béton creux**

Les fondations en blocs de béton creux de sous-sols, de caves et de vides sanitaires peuvent présenter certaines difficultés dans le cadre de l'atténuation du radon. On les retrouve fréquemment dans les vieilles maisons avant la venue du transport de masse du béton et dans les régions rurales situées loin des centrales à béton. Bien que les ouvertures dans les planchers constituent les principales voies d'entrée des gaz souterrains, celles dans les murs laissent s'infiltrer suffisamment de radon pour que des concentrations élevées subsistent même lorsque les ouvertures dans le plancher sont obturées.

Le revêtement d'étanchéité extérieur du mur peut se fissurer ou s'endommager avec le temps et souvent ne descend pas jusqu'au pied du mur, à la jonction des blocs et de la semelle. Dans ces cas là, il peut même exister aussi des problèmes d'infiltration d'eau. Comme les blocs sont poreux et que le mortier ne remplit pas toujours complètement les joints entre les blocs, toute ouverture présente dans le revêtement d'étanchéité est une ouverture dans l'enveloppe extérieure du mur permettant aux gaz souterrains, dont le radon, de pénétrer dans les cavités des blocs.

Comme toutes les cavités d'un mur en blocs de béton creux communiquent entre elles, les gaz souterrains et le radon qui s'infiltrent peuvent se déplacer librement à l'intérieur du mur et pénétrer

dans la maison par les pores, les fissures et les ouvertures existant dans la paroi intérieure du mur ou par les cavités des blocs situés au sommet du mur. Le ou les point(s) d'entrée dans la maison par la paroi intérieure des murs est/sont souvent éloigné(s) des points d'entrée du sol vers la cavité des murs. Les murs intérieurs en blocs ne possédant pas de revêtement d'étanchéité, les gaz souterrains et le radon, peuvent facilement pénétrer de sous la dalle dans les cavités des murs, là où les blocs entrent en contact avec le sol. Les cavités des blocs situés au sommet des murs sont souvent vides.

Le plancher de la fondation peut être constitué de sol en terre battue, de pavés de béton, de panneaux en bois, d'une dalle partielle de béton coulé à même le sol ou d'une dalle de béton coulé sur une couche de remblai poreux. Lorsqu'une dalle de béton recouvre la totalité du plancher, les voies possibles d'entrée du radon par le plancher sont l'espace de retrait à la jonction de la dalle et du mur de fondation, les fissures et les joints du plancher, les ouvertures faites dans le plancher pour les baignoires, les douches et les toilettes du sous-sol ainsi que les branchements, les points de pénétration des colonnes de soutien des planchers et des escaliers, et des murs en parpaing et à ossature de bois.

Certaines maisons comportent à la fois une dalle de béton et une aire de sol à découvert, particulièrement si elles ont été agrandies. Cette situation peut nécessiter une dépressurisation du sol sous la dalle combinée à une dépressurisation sous la membrane. Dans certains cas, les cavités des murs en blocs devront être ventilées pour être en mesure de réduire les concentrations de radon.

De nombreuses maisons, particulièrement celles des régions rurales, sont équipées d'un système de gestion des eaux souterraines muni d'un tuyau de drainage installé le long de la semelle périphérique extérieure et raccordé à un puisard au sous-sol. Ce tuyau permet aux gaz souterrains, dont le radon, de pénétrer directement et facilement au sous-sol. Ces voies d'entrée sont illustrées à la Figure 4.

Le scellement du puisard avec évacuation vers l'extérieur devrait constituer l'une des premières mesures à envisager. Dans certaines maisons, les avaloirs de sol sans siphon peuvent mener à des puits secs, ce qui fournit aussi une voie d'entrée directe et facile aux gaz souterrains. L'installation de siphons, de clapets mécaniques ou encore la présence de gardes d'eau dans les avaloirs non scellés devrait constituer l'une des premières mesures à envisager dans ce cas-ci.

La présence de multiples voies d'entrée potentielles peut rendre la ventilation mécanique forcée du sous-sol intéressante si le flux d'air du sous-sol vers l'espace habitable peut être réduit. Colmater les fuites d'air potentiel à travers le plancher, les joints des systèmes de gaines et les joints des générateurs d'air chaud pourrait s'avérer difficile. Le Tableau 1 propose des méthodes d'atténuation liées aux fondations en blocs de béton creux.

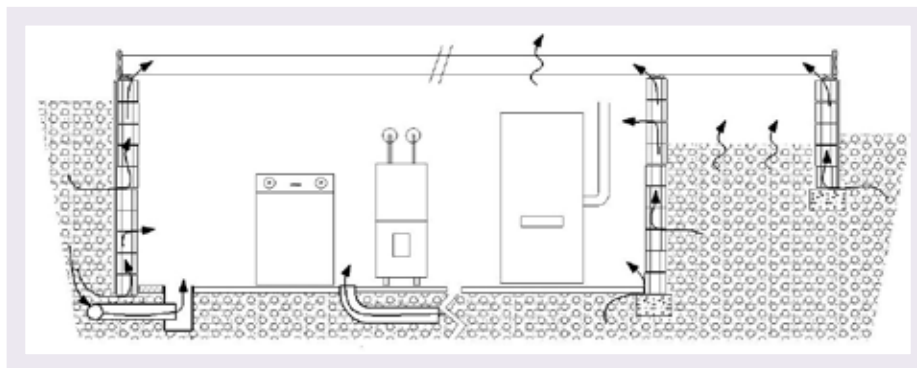


Figure 4 – Voies d'entrée du radon liées aux fondations en blocs de béton creux

### 3.6 Fondations en béton coulé

Les murs de fondation en béton coulé se retrouvent fréquemment dans les maisons d'aujourd'hui situées en régions urbaines et suburbaines. La plupart des murs sont coulés en continu sans joints, ce qui les rend étanches à l'air et à l'eau. Il arrive exceptionnellement que des fissures soient provoquées par le tassement, que des joints de reprises soient exécutés lorsque la coulée est interrompue et que des ouvertures soient créées autour des attaches de coffrage. Ces failles se voient facilement et peuvent être colmatées à l'aide de méthodes d'étanchéité normalisées.

Le plancher de fondation le plus commun est une dalle de béton coulé généralement en un seul coup lorsque les murs sont en place. La dalle peut être coulée à même le sol mais une couche de remblai poreux est chose commune. Certaines vieilles maisons ont parfois une dalle et une aire de sol en terre battue, particulièrement si elles ont été agrandies. Lorsqu'une dalle de béton recouvre la totalité du plancher, les voies possibles d'entrée du radon sont l'espace de retrait à la jonction de la dalle et du mur de fondation, les fissures et les joints, les ouvertures faites pour les baignoires, les douches, les toilettes, les ouvertures autour des points d'entrée des services, les points de pénétration des poteaux télescopique et des murs à ossature de bois. Ces voies d'entrée des gaz souterrains et du radon sont illustrées à la Figure 5.

Certaines maisons peuvent être équipées d'un système de gestion des eaux souterraines muni d'un tuyau de drainage installé le long de la semelle périphérique extérieure et raccordé à un puisard au sous-sol. Ce tuyau permet aux gaz souterrains, dont le radon, de pénétrer directement et facilement au sous-sol. Le scellement du puisard avec évacuation vers l'extérieur devrait constituer l'une des premières mesures à envisager. Dans certaines maisons, les avaloirs de sol sans siphon peuvent mener à des puits secs, ce qui fournit une voie d'entrée directe et facile aux gaz souterrains. L'installation de siphons, de clapets mécaniques ou encore la présence de gardes d'eau dans les avaloirs non scellés devrait constituer l'une des premières mesures à envisager dans ce cas-ci. Le Tableau 2 propose des méthodes d'atténuation liées aux fondations en béton coulé.

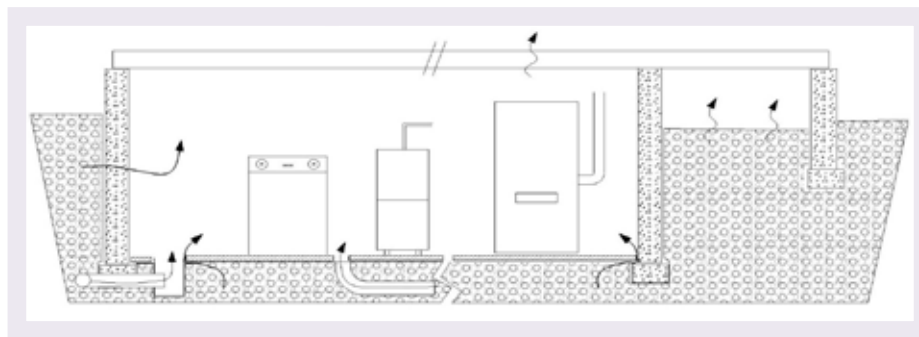


Figure 5 – Voies d'entrée du radon liées aux fondations en béton coulé

### 3.7 Fondations à dalle sur terre-plein

Les fondations à dalle sur terre-plein sont utilisées là où les conditions de sol (substratum rocheux à proximité de la surface ou niveau élevé de la nappe phréatique, par exemple) ne permettent pas la mise en place de fondations profondes. Il n'y a pas de système de gestion des eaux souterraines associé à ces fondations.

Il existe deux types courants de fondations. Le premier type utilise une dalle monolithique de béton coulé sur une couche de remblai avec épaississement et renforcement au périmètre afin de supporter les murs extérieurs. Les voies possibles d'entrée des gaz souterrains et du radon dans la maison par la dalle comprennent les fissures, et les ouvertures pratiquées sous les baignoires, les douches et les toilettes et pour les branchements de plomberie.

Le second type utilise un mur extérieur de fondation au périmètre de faible hauteur qui sert à supporter les murs extérieurs et une dalle de béton coulé sur une couche de remblai à l'intérieur des murs. Le joint entre la dalle et le mur de fondation au périmètre vient s'ajouter aux ouvertures énumérées ci-dessus. Si le mur de fondation est composé de blocs de béton creux, les cavités des blocs pourraient constituer un lien entre le sol et la maison.

Les bâtiments munis de systèmes de chauffage et de climatisation à air pulsé peuvent passer au-dessus ou en-dessous de la dalle avec un système de traitement d'air poussant l'air soit vers le haut ou vers le bas. Lorsque le système de traitement d'air fonctionne, le réseau de conduits passant au-dessus de la dalle et ayant des fuites d'air vers l'extérieur de l'enveloppe traitée (ex. : dans le grenier) peut provoquer une dépressurisation intérieure. Ceci aurait pour effet d'accroître l'infiltration du radon par les ouvertures dans la dalle.

S'il y a des conduits de reprise sous la dalle, les joints non étanches entraîneront l'aspiration des gaz souterrains, dont le radon, depuis la région sous la dalle vers la maison. S'il y a des conduits d'alimentation sous la dalle, les fuites provoqueront une mise sous pression non uniforme dans l'espace sous la dalle, ce qui pourrait entraîner plus de radon dans la maison par les ouvertures dans la dalle près du périmètre. Lorsque le système de traitement d'air est à l'arrêt, les joints et les passages à travers la dalle des gaines constituent toujours des voies d'entrée. Ces voies d'entrée du radon sont illustrées à la Figure 6.

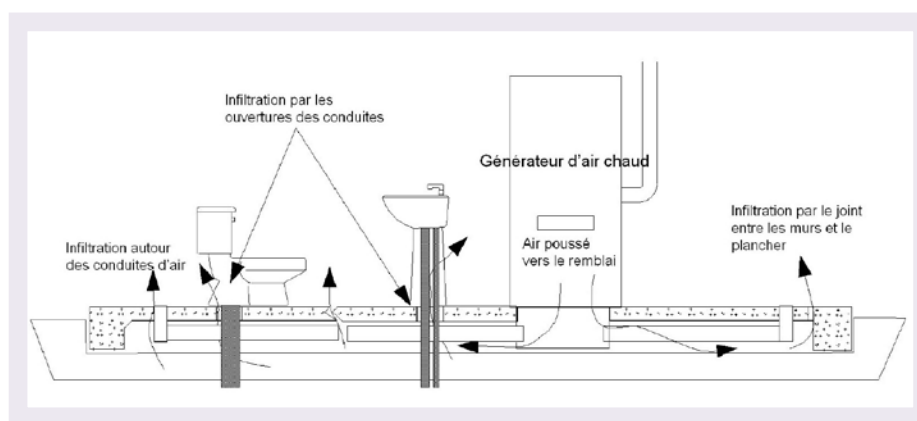


Figure 6 – Voies d'entrée du radon liées aux fondations à dalle sur terre-plein

Les fondations à dalle sur terre-plein n'ont généralement pas d'aires de sol à découvert à moins que la maison n'ait été agrandie à l'aide d'une dalle suspendue au lieu d'une dalle à terre-plein. Comme il n'y a pas de sous-sol, toute la maison constitue un espace habitable et il n'existe que très peu de place inoccupée pour installer un équipement d'atténuation. Ceci influe sur le choix de la méthode à utiliser, sur la facilité de travailler et sur les coûts.

Le Tableau 2 propose des méthodes d'atténuation liées aux fondations à dalle sur terre-plein à la fin de ce chapitre.

### 3.8 Effets saisonniers

---

Les principales forces qui provoquent l'aspiration des gaz souterrains et le radon vers la maison sont l'effet de cheminée provoqué par la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur et la vitesse du vent. Ce sont ces mêmes forces qui provoquent la ventilation naturelle de la maison avec l'air extérieur. Elles sont plus faibles l'été, ce qui permet à un système d'atténuation efficace l'hiver de pouvoir fonctionner à une moindre puissance l'été sans perdre de son efficacité. Si le système est muni d'une commande de vitesse ou de puissance ainsi que d'un appareil de mesure du radon en continu numérique indiquant la concentration à court-terme, le propriétaire peut profiter des forces plus faibles et abaisser les coûts de fonctionnement en réduisant la puissance, pourvu que le moniteur indique une faible concentration de radon.

### 3.9 Résumé des options d'atténuation

Tableau 1 – Options d'atténuation - Fondations en maçonnerie et en blocs de béton creux

Type de fondation	Maçonnerie		Blocs de béton creux	
Type de plancher	Sol à découvert/ Pavés	Dalle en béton	Sol à découvert/ Pavés	Dalle en béton
<b>Options d'atténuation</b>				
Colmater les grandes ouvertures vers le sol présentes dans toute partie accessible des murs/plancher de fondation.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Munir les avaloirs de sol de siphons	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Installer un couvercle sur le puisard et expulser vers l'extérieur.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Isoler la zone des fondations de l'espace habitée. Évacuer l'air de la zone des fondations à l'extérieur.*	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Isoler la zone des fondations de l'aire habitée. Installer un Ventilateur Récupérateur de Chaleur (VRC) pour créer un apport d'air frais dans l'espace habitée; évacuer l'air de la zone des fondations à l'extérieur.*	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Recouvrir toute partie accessible du sol à découvert/pavés d'une membrane de plastique; expulser de sous la membrane vers l'extérieur.*	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	
Extraire l'air de sous la dalle de béton vers l'extérieur.*		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
Sceller les ouvertures dans les blocs de béton vers la maison et expulser vers l'extérieur.*			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

\***ATTENTION** : Possibilité de refoulement des appareils de combustion (ex. : poêle à bois, fournaise ou chauffe-eau à l'huile/gaz).

Tableau 2 – Options d'atténuation – Fondations en béton coulé et à dalle sur terre-plein

Type de fondation	Béton coulé		Dalle sur terre-plein	
Type de plancher	Sol à découvert/ Pavés	Dalle en béton	Sol à découvert (agrandissement)	Dalle en béton
<b>Options d'atténuation</b>				
Colmater les grandes ouvertures vers le sol présentes dans toute partie accessible des murs/plancher de fondation.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
Munir les avaloirs de sol de siphons.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
Installer un couvercle sur le puisard et expulser vers l'extérieur.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
Isoler la zone des fondations de l'espace habitée. Évacuer l'air de la zone des fondations à l'extérieur.*	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Isoler la zone des fondations de l'aire habitée. Installer un Ventilateur Récupérateur de Chaleur (VRC) pour créer un apport d'air frais dans l'espace habitée; évacuer l'air de la zone des fondations à l'extérieur.*	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Installer un Ventilateur Récupérateur de Chaleur (VCR) pour créer un apport d'air frais dans l'espace habitée; expulser de la salle de bain ou de l'endroit où se trouve le générateur d'air chaud.*				<input checked="" type="checkbox"/>
Recouvrir toute partie accessible du sol à découvert/pavés d'une membrane de plastique; expulser de sous la membrane vers l'extérieur.*	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	
Extraire l'air de sous la dalle de béton vers l'extérieur.*		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>

\***ATTENTION** : Possibilité de refoulement des appareils de combustion (ex. : poêle à bois, fournaise ou chauffe-eau à l'huile/gaz).

# Chapitre 4 :

## Atténuation par dépressurisation du sol sous la dalle

### 4.1 Introduction

---

Pour la plupart des maisons ayant des sous-sols en béton coulé, les espaces de retrait à la jonction du plancher de béton et du mur de fondation ainsi que les fissures et les branchements traversant le plancher sont les principaux liens avec le sol. Les gaz souterrains, dont le radon, sont aspirés dans le bâtiment par ces ouvertures. Si la pression régnant dans le remblai sous la dalle est inférieure à celle du bâtiment, le flux de l'air se fera alors du bâtiment vers le remblai par ces ouvertures, empêchant ainsi l'infiltration des gaz souterrains. Si les conditions le permettent, un seul ventilateur électrique mettant en dépression le remblai sous la dalle peut inverser le flux sur toute la surface de la dalle de plancher. Le grand taux de succès en fait la méthode par excellence en atténuation du radon actuellement.

### 4.2 Test de faisabilité

---

Le test de l'étendue du champ de dépression (ou test de communication) est utilisé afin de déterminer le nombre de points d'aspiration et la puissance du ventilateur nécessaires à la mise en œuvre d'un système efficace. A un point d'aspiration proposé, un aspirateur (ventilateur d'extraction test) produit un champ de dépression sous la dalle. Ce champ est mesuré par un micromanomètre avec une précision de lecture de 0,1 Pa à différents trous test percés près du pourtour de la dalle et à d'autres endroits éloignés de l'extraction. Un aspirateur commercial de 1,5 kW peut être utilisé comme ventilateur d'extraction test. Un étranglement ou une valve de dérivation dans le tuyau est recommandé afin d'ajuster la succion.

Avant d'entreprendre le test, il est important d'identifier le parcours de la tuyauterie sous la dalle afin d'éviter de l'endommager. Il est utile de déterminer la disposition des semelles intérieures, l'emplacement des orifices et des fissures existants et potentiels dans le plancher. La Figure 7 illustre le principe du test.

Un trou test d'extraction d'environ 40 mm de diamètre doit être percé au centre de l'emplacement proposé où se situerait le tuyau d'extraction à travers toute l'épaisseur de la dalle pour permettre l'introduction du bec du tuyau d'aspiration de l'aspirateur. Si le remblai visible à travers le trou est constitué de gros gravier ou de pierre nette concassée, il est fort probable que le champ d'aspiration se poursuive à une distance éloignée du ventilateur et qu'un seul point d'extraction ne soit alors nécessaire. Cela signifie également que le ventilateur parviendra facilement à aspirer l'air de la maison par les joints, les fissures et les ouvertures dans le plancher vers le remblai de gravier. Si ces orifices ne sont pas obturés, un ventilateur plus puissant sera requis, entraînant ainsi des coûts de



fonctionnement plus élevés. Si le remblai est constitué de sable ou d'argile, ou encore que la dalle est coulée à même le sol, le champ d'aspiration généré par le ventilateur sous la dalle ne s'étendra pas loin du ventilateur, ce qui signifie qu'un plus grand puits d'aspiration ou que deux trous d'extraction ou plus seront requis.

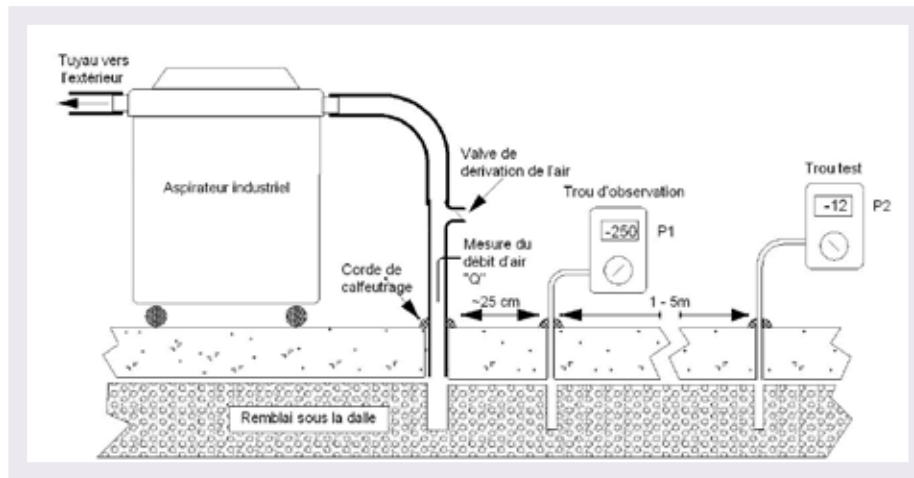


Figure 7 – Principe du test de communication sous la dalle

## MISE EN GARDE

Une fois la dalle percée, sonder le remblai à une profondeur située entre 15 et 20 cm pour s'assurer qu'il n'y a pas de canalisations.

Dans un système permanent sous la dalle, on excave généralement une fosse de succion autour du point d'extraction d'environ 25 cm de rayon et 15 cm de profondeur de façon à ce que le trou test d'extraction atteigne une profondeur d'environ 15 cm sous la dalle. Un petit trou d'observation (de 8 à 10 mm de diamètre pour installer le capteur de pression, P1 sur la Figure 7) sera percé à environ 25 cm du trou d'extraction jusqu'à une profondeur d'environ 15 cm sous la dalle. La limite de la cavité de la fosse de succion sera à ce point ou au-delà. Si la succion de l'aspirateur est ajustée de façon à ce que la succion au trou test soit comparable à la succion qui serait produite par un ventilateur permanent, alors la succion près de la dalle sera similaire à celle produite par un ventilateur permanent.

De petits trous test (de 8 à 10 mm de diamètre pour installer le capteur de pression, P2 sur la Figure 7) sont percés à travers la dalle, aux coins des fondations, de 20 à 40 cm des murs extérieurs du bâtiment pour éviter les semelles. S'il y a du tapis, les coins peuvent être décollés avec une pince à bec effilé pour atteindre la dalle de plancher. Les trous sont bouchés temporairement avec du mastic une fois percés et seront bouchés avec du ciment à prise rapide lorsque les tests sont terminés.

Une fois tous les trous percés, l'aspirateur est raccordé au trou test d'extraction et la succion est ajustée de façon à ce que la succion au trou d'observation (P1) ne soit pas plus élevée que celle produite par un ventilateur (-100 Pa à -250 Pa). La pression est ensuite mesurée à chaque trou test

lorsque l'aspirateur est en marche puis à l'arrêt. S'il existe un changement de pression à chaque trou test, l'emplacement du point d'aspiration proposé du système sous la dalle est alors jugé réalisable. S'il n'y a pas de changement de pression à certains trous, il faudrait tenter de localiser les fuites d'air au niveau du plancher situées près du point d'aspiration et du trou test ou entre les deux, et les colmater temporairement (à l'aide de mastic, cordon de calfeutrage ou ruban pour conduits (« duct tape »)). S'il n'y a toujours pas de différence de pression, il faudra percer d'autres trous test pour déterminer si les semelles intérieures traversant le remblai sous la dalle font obstacle à l'aspiration. S'il n'y a pas de semelle, cela peut vouloir dire que le remblai résiste au mouvement de l'air sous la dalle.

Les semelles intérieures sont situées sous les murs porteurs intérieurs. Si le changement de pression est élevé dans les trous test situés du côté de l'aspirateur par rapport à la semelle et faible ou encore égal à zéro de l'autre côté, cela signifie qu'il existe au moins deux cloisonnements de la région sous la dalle produit par la semelle; plus d'un point d'aspiration dans la dalle de plancher pourrait alors s'avérer nécessaire. Si c'est le cas, les tests seront refaits avec des points test d'extraction aux emplacements additionnels proposés.

Si le remblai sous la dalle n'est pas constitué de gravier ou de pierre nette concassée, il y aura probablement une résistance au flux d'air plus élevée et il n'y aura peut-être pas de changement de pression aux trous test éloignés. Dans ce cas, d'autres trous test plus rapprochés du trou test d'extraction seront percés jusqu'à ce qu'un changement de pression puisse être mesuré. La distance à ce trou sera alors une indication du rayon de propagation du champ de dépression pour ce trou d'extraction test. Une grande fosse de succion (ou d'aspiration) fera accroître cette distance mais d'autres points d'aspiration séparés du double de cette distance devraient être prévus et le test devrait être refait à chaque emplacement proposé pour confirmer qu'ils couvrent toute la surface des fondations.

Dans le cas des remblais à résistance élevée, les points de succion situés près d'un mur produisent souvent un champ de dépression qui s'étend plus loin le long du mur que celui situé plus près du centre de la dalle. Le sol près de la semelle a été remanié lors des travaux de construction et présente donc une plus faible résistance au flux d'air que le sol non remanié se trouvant sous le centre de la dalle. Le petit espace qui existe souvent entre le dessus de la semelle et la face inférieure de la dalle permet à la dépression de se propager le long du pied du mur. Le joint entre les murs et le plancher est une voie d'entrée importante pour le radon; la succion dans ces secteurs est donc essentielle pour réduire l'infiltration du radon.

### Exemple 1 : Test de faisabilité

La Figure 8 montre l'emplacement des trous d'extraction et des trous test dans une maison ayant un sous-sol partiellement fini. Les murs et les plafonds de la salle familiale et de la chambre à coucher sont recouverts de plaques de plâtre et les planchers de tapis. Le plancher de la salle de bain est carrelé. La buanderie est inachevée (non-finie). Il n'y a pas de puisard pour le contrôle des eaux souterraines et l'avaloir de sol est raccordé à l'égout. Comme il n'existe aucun raccordement direct entre la maison et le sol, un système d'extraction sous la dalle pourrait réduire à lui seul les concentrations de radon. Il existe probablement des ouvertures dans la dalle

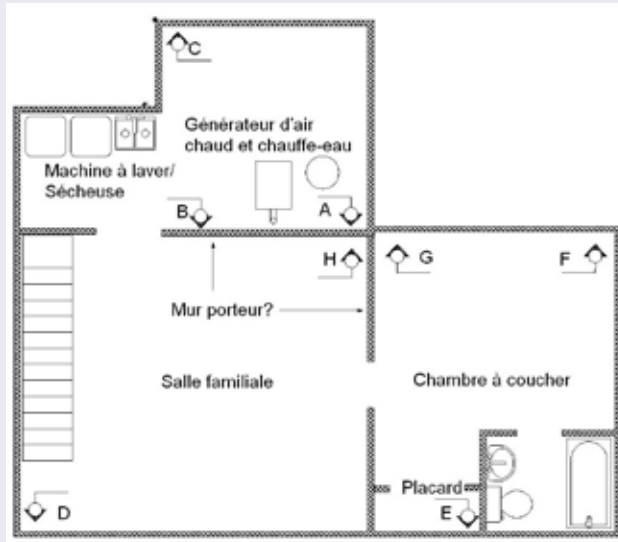


Figure 8 – Exemple de disposition des trous test

pour les raccordements d'égout sous la baignoire et la toilette. L'efficacité du système permanent, une fois installé, sera améliorée en obturant ces ouvertures.

Selon la facilité avec laquelle le tuyau pourra être passé dans la maison jusqu'à l'extérieur, les points A et B dans la buanderie inachevée constituent les meilleurs emplacements pour le point d'extraction et le ventilateur en se basant sur les coûts et l'esthétique. Le premier trou test est situé au point C. S'il y a un changement de pression, D, E et F seront les prochains trous test aux autres extrémités de la pièce. Si un changement de pression peut être mesuré à tous ces emplacements, un système à point d'extraction unique est réalisable dans la buanderie.

S'il n'y a pas de changement de pression à D, E et F, cela pourrait signifier que les semelles des murs intérieurs provoquent le cloisonnement du remblai sous la dalle en deux ou trois compartiments. Un changement de pression faible ou égal à zéro aux trous test G et H le confirmerait. Le test est alors répété avec une succion appliquée aux points G et H pour vérifier si la dépression à ces points se propage à l'autre bout de la pièce, soit aux emplacements D, E et F. Au besoin, une châsse pourrait être réalisée dans les cloisons sèches pour dissimuler les tuyaux d'aspiration dans les coins H et/ou G.

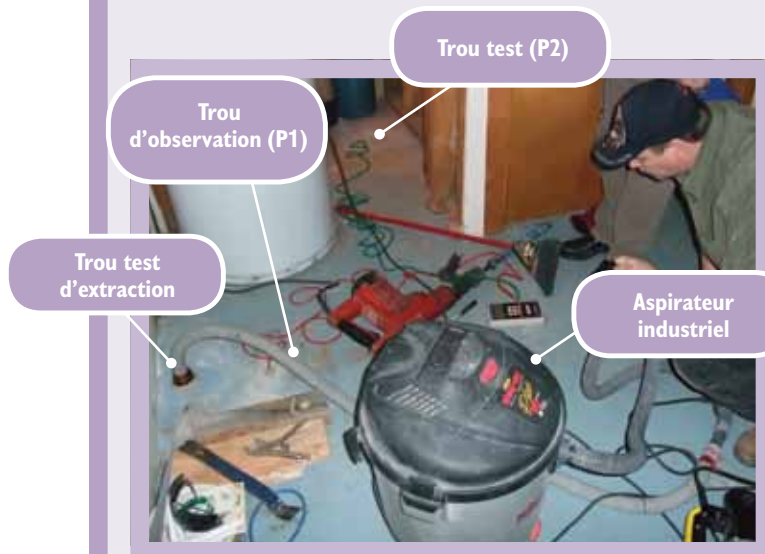


Photo 1 – Test de faisabilité

## 4.3 Conception du système

### **Généralités**

Pour la plupart des maisons de taille moyenne ayant du remblai granulaire sous la dalle de plancher et n'ayant aucune fuite d'air importante pénétrant dans le remblai sous la dalle qui provient de la maison ou de l'extérieur, un «ventilateur de radon» de 40 à 60 watts sera assez puissant pour produire les débits et les pressions nécessaires pour inverser de façon efficace le sens du flux des gaz souterrains de l'intérieur de la maison vers l'extérieur. Toutefois, si l'empreinte de la maison est grande, si des ouvertures dans la dalle de plancher demeurent inaccessibles, si le sol est hautement poreux, si les semelles provoquent des cloisonnements du remblai sous la dalle ou si le remblai a une résistance élevée au mouvement de l'air, un ventilateur de radon plus puissant ayant une capacité de débit ou d'aspiration plus élevée sera peut-être nécessaire. Les sections suivantes fournissent les informations de base permettant d'effectuer d'autres tests afin de déterminer la puissance et le type de ventilateur requis. Toutes les installations ne nécessiteront pas une conception complète du système tel que décrit plus loin. Avec l'expérience, seulement quelques mesures de pression sous la dalle seront nécessaires afin d'identifier le ventilateur adéquat.

### **Différences de pression dans les bâtiments**

La pression régnant dans un bâtiment est inférieure à celle régnant à l'extérieur en raison de la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur et les pressions du vent. La différence de température (effet de cheminée) est la force principale. La différence entre la pression régnant au niveau du sol à l'extérieur de la maison et l'effet de cheminée présent immédiatement au dessus de la dalle de plancher est illustrée au Tableau 3 qui reflète des conditions canadiennes. En l'absence de vent, c'est cette force qui fait pénétrer les gaz souterrains dans le bâtiment. Une partie de la différence de pression fait pénétrer les gaz souterrains dans la région sous la dalle, tandis que la différence de pression restante fait pénétrer les gaz souterrains dans la maison par les fissures et les ouvertures dans la dalle. Les pressions du vent exercées sur le bâtiment et le sol ainsi que le fonctionnement d'appareils comme la sècheuse, les ventilateurs d'extraction de la cuisine et de la salle de bain feront augmenter cette différence de pression.

#### **Exemple 2 : Différences de pression dans un bâtiment**

Selon le tableau 3, dans une maison à deux étages, la différence de pression entre l'extérieur et l'intérieur l'hiver peut être de -8 Pa, soit -7 Pa au sol et -1 Pa au niveau de la dalle, provenant de la résistance des ouvertures dans la dalle à l'infiltration de gaz souterrains dans la maison.

Si le ventilateur aspire plus de gaz souterrains sous la dalle que la maison, la pression sous la dalle sera alors inférieure à celle régnant dans la maison, permettant ainsi d'inverser le flux. Plus la différence de pression naturelle au niveau de la dalle est petite et plus les ouvertures dans la dalle sont grandes, plus des ventilateurs à hauts débits seront requis de façon à inverser le flux.

**Tableau 3 – Différences de pression entre l'extérieur et l'intérieur du bâtiment (effet de cheminée)**

Différence de pression maximale régnant autour de l'enveloppe du bâtiment en dessous du niveau du sol (Pa)			
Type de maison	Hiver doux	Hiver tempéré	Hiver rigoureux
Dalle sur terre-plein (pas de cheminée)	1	2	3
Dalle sur terre-plein (avec cheminée)	3	4	5
1 ou 2 étages (pas de cheminée)	4	5	6
1 ou 2 étages (avec cheminée)	8	9	10
3 étages (pas de cheminée)	7	8	9
3 étages (avec cheminée)	13	14	15

Données issues de «*Estimating the Concentrations of Soil Gas Pollutants in Housing 1997*» de la SCHL

Les différences de pression sont les plus élevées lorsque les différences de température entre l'intérieur et l'extérieur sont aussi les plus élevées, soit en plein hiver. C'est donc la différence de pression régnant au niveau de la dalle à ce moment là, la plus élevée, que le système sous la dalle devra vaincre en la réduisant à zéro au minimum. La succion nécessaire pour arriver à cette fin est appelée **succion de conception**. La succion de conception peut seulement être estimée à partir de la mesure directe de la différence de pression au niveau de la dalle en plein hiver. L'effet des saisons (température extérieure) sur les pressions est illustré au Tableau 4 pour une maison à deux étages située en zone à hiver rigoureux. La différence de pression naturelle au niveau de la dalle est de 1 Pa l'hiver. En revanche, la différence de pression au niveau de la dalle au printemps ou en automne n'est que de 0,4 Pa, soit 40 % de la valeur maximale atteinte en hiver. La différence de pression naturelle mesurée doit être corrigée pour prendre en compte la différence entre la température à l'extérieur au moment de la prise de mesure et la température minimale à l'extérieur pour obtenir la succion de conception. Des facteurs de correction de la température sont proposés au Tableau 5.

### ***Estimation du débit du ventilateur***

La succion de conception sera produite par un ventilateur d'atténuation du radon permanent mais l'aspirateur ne produira pas les mêmes débits d'air et chutes de pression sous la dalle. Cette section décrit les calculs permettant d'estimer le débit, la puissance et le modèle de ventilateur permanent requis.

### ***Équipement***

Un appareil de mesure du débit est requis pour quantifier le débit d'air à travers le bec de l'aspirateur. Cela peut être un orifice avec un manomètre pour mesurer la perte de pression, ou encore un bout de tuyau droit muni d'un orifice relié à un tube de Pitot ou à la sonde d'un anémomètre à fil chaud. Un étranglement ou une valve de dérivation dans le tuyau, en aval de l'appareil de mesure du débit est recommandé afin d'effectuer des mesures à deux débits d'air.

**REMARQUE :** Des particules provenant de l'air sous la dalle peuvent obstruer le tube de Pitot et endommager les appareils de mesure sensibles. Ces particules n'affectent pas l'orifice.

Comme la pression dans le bec peut être inférieure de plusieurs kPa à la pression atmosphérique lors d'une prise de mesure, une correction de la densité de l'air pourrait être nécessaire aux lectures de certains appareils de mesure. La calibration du bec devrait être vérifiée au moyen d'un débitmètre standard à l'air libre.

## Procédure

Lorsqu'un emplacement adéquat a été déterminé pour le point d'extraction grâce au test de faisabilité, le changement de pression sous la dalle est mesurée par rapport à celle de la maison au trou d'observation (P1, Figure 7) et au point ayant obtenu la différence de pression la plus faible (P2, Figure 7) lors du test de faisabilité. L'appareil de mesure du débit est raccordé au bec de l'aspirateur, l'aspirateur est mis en marche et le débit sortant de la région sous la dalle est mesuré (Q en L/s). La différence de pression relative à la maison est également mesurée à P1 et P2 au même moment.

La succion de conception est estimée à partir du changement de la différence de pression mesuré au point P2.

Le débit du ventilateur permanent requis pour produire la succion de conception est estimé en multipliant le débit mesuré à l'aspirateur par le rapport entre la succion de conception et le changement de pression mesuré au trou ayant la chute de pression la plus faible.

**REMARQUE :** Ceci suppose l'existence d'une relation linéaire entre le débit au pourtour de la dalle et celui du ventilateur. La relation peut être vérifiée pour la dalle si P2 est mesuré pour deux différents débits.

Tableau 4 – Exemple de différences de pressions régnant dans la maison et sous la dalle

Exemple de pressions d'une maison à deux étages (Pa)				
Saison	Emplacement			
	A	B	C	Au niveau de la dalle (B-C)
Hiver rigoureux	0	-9,0	-10,0	+1,0
Hiver doux	0	-7,2	-8,0	+0,8
Printemps/Automne (estimation)	0	-3,6	-4,0	+0,4
Été (estimation)	0	0	0	0

Données issues de «*Estimating the Concentrations of Soil Gas Pollutants in Housing 1997*» de la SCHL



Tableau 5 – Facteurs de correction de la température pour déterminer la succion de conception

Facteurs de correction proposés pour la succion de conception versus la température extérieure			
Plage de température extérieure durant le test	Zone climatique d'hiver		
	Doux	Tempéré	Rigoureux
> 0 °C	2,0	2,2	2,5
0 à -10 °C	1,4	1,5	1,6
-10 à -20 °C	1,0	1,0	1,2
< -20 °C	1,0	1,0	1,0

### Exemple 3 – Calculs pour le choix du ventilateur

#### Succion de conception :

Les mesures sont prises en plein hiver dans une maison à deux étages située dans une zone à hiver rigoureux. La pression différentielle au niveau de la dalle de plancher est de +3,3 Pa à P2 (au pourtour de la dalle) par rapport à l'intérieur de la maison. Le ventilateur d'extraction doit produire une aspiration équivalente à P2 afin de neutraliser cette pression.

La **succion de conception** est donc de -3,3 Pa par rapport à la maison. Le **débit d'air de conception** est celui qui produit cette aspiration.

#### Calcul du débit d'air de conception :

Débit observé de l'aspirateur (Q) = 16,7 L/s

Pression différentielle à P2 avec l'aspirateur en marche = +1,2 Pa par rapport à la maison, soit une baisse de 2,1 Pa.

Afin de réduire la pression sous la dalle de 3,3 Pa à zéro, le débit d'air du ventilateur permanent (débit d'air de conception) doit être supérieur à celui de l'aspirateur de 16,7 L/s.

Débit d'air de conception = (Succion de conception/Changement de pression mesuré à P2) x Débit de l'aspirateur (Q) = (3,3 Pa/2,1 Pa) x 16,7 L/s = 1,6 x 16,7 L/s = 26,7 L/s.

Ceci est le débit que le système doit produire afin d'obtenir une succion de 3,3 Pa au pourtour de la dalle.

#### Estimation des pertes de pression du système

##### Perte de pression dans le matériau sous la dalle

Lorsqu'un ventilateur de dépressurisation du sol sous la dalle fonctionne, la perte de pression dans le remblai sous la dalle se situe essentiellement près de l'entrée du tuyau d'extraction où les vitesses d'écoulement sont les plus élevées. Afin de réduire la résistance locale, une fosse de succion d'environ 20 cm de diamètre et de 15 cm de profondeur est creusée dans le remblai et le sol là où le tuyau d'extraction traverse la dalle. Si le remblai est composé de pierre concassée, de gravier ou de sol poreux il n'est pas nécessaire que la fosse soit aussi grande, mais s'il n'y a pas de remblai et que le sol est composé de sable ou d'argile, la fosse doit être aussi grande et aussi profonde que possible.

La succion dans la fosse nécessaire pour produire le débit d'air de conception est appelée **succion à la fosse**. Elle est estimée en multipliant la succion obtenue par l'aspirateur au trou d'observation P1 par le carré du rapport entre le débit d'air de conception et le débit du test (Q).

**REMARQUE :** La perte de pression est généralement proportionnelle au carré du débit. La relation peut être vérifiée si la pression à P1 est mesurée pour deux débits différents.

#### ***Exemple 4 – Succion à la fosse***

Pressions différentielles (relatives à l'intérieur de la maison) mesurées sur une distance égale au rayon de la fosse (P1) avec l'aspirateur en marche puis éteint = +3,3 Pa (éteint); -11,6 Pa (en marche) Changement de pression = -11,6 Pa – 3,3 Pa = -14,9 Pa.

Ceci est la succion au trou d'observation P1 (limite de la fosse de succion prévue) pour un débit de l'aspirateur à 16,7 L/s.

Estimation de la succion au bord de la fosse, pour un débit d'air de conception de 26,7 L/s =  
Succion au trou d'observation P1 x (débit d'air de conception/Q)<sup>2</sup> =  
-14,9 Pa x (26,7 L/s/16,7 L/s)<sup>2</sup> = -38 Pa.

Le ventilateur doit être capable de produire cette aspiration dans la fosse pour atteindre le débit d'air de conception à travers le remblai sous la dalle et la succion de conception au pourtour de la dalle.

Souvent une ouverture de 20 à 30 cm de diamètre est coupée dans la dalle afin de faciliter l'excavation du remblai et du sol sous la dalle. Dans ce cas, la fosse est remplie de pierre nette concassée de 25 mm jusqu'à la surface inférieure de la dalle pour supporter le tuyau d'extraction et le béton utilisé pour boucher le trou. Une alternative consiste à placer un raccord en T renversé dans la cavité pour supporter le tuyau et à remplir la fosse de pierre nette concassée de 25 mm pour supporter le béton utilisé pour boucher le trou. Une feuille de plastique est placée sur la pierre pour éviter que le béton ne pénètre les espaces vides. Si le remblai et le sol sont composés de petites pierres et de gravier, le matériel peut être dénoué par une sonde et retiré avec l'aspirateur par un petit trou du diamètre du tuyau. Dans ce cas, le tuyau peut être supporté par quelques raccords réducteurs sur le plancher de la dalle et les ouvertures sont calfeutrées. Ces détails sont illustrés à la Figure 9.

#### ***Perte de pression dans le réseau de tuyauterie***

La perte de pression présente dans le remblai sous la dalle n'est pas la seule perte de pression que le ventilateur doit vaincre. La tuyauterie raccordée au ventilateur présente également une résistance au flux d'air. La perte de pression dans le réseau de tuyauterie est estimée à partir de la vitesse de l'air dans le réseau, du nombre de coudes et de la longueur de la tuyauterie.

La pression dynamique (Vp) est la pression nécessaire pour produire un débit d'air dans un tuyau :  
 $V_p = 0,6 \times V^2$ , où Vp est exprimée en Pa, et la vitesse V en m/s.



Les pertes de pression approximatives dans la tuyauterie sont :

- de  $1V_p$  dans un raccord en T;
- de  $0,5V_p$  dans un coude à  $45^\circ$ ;
- de  $1V_p$  dans un coude à  $90^\circ$ ;
- de  $1V_p$  par 4 m de tuyau de PVC pour la chute par frottement;
- estimées à  $2V_p$  pour les pertes associées à la pierre remplissant la fosse de suction.

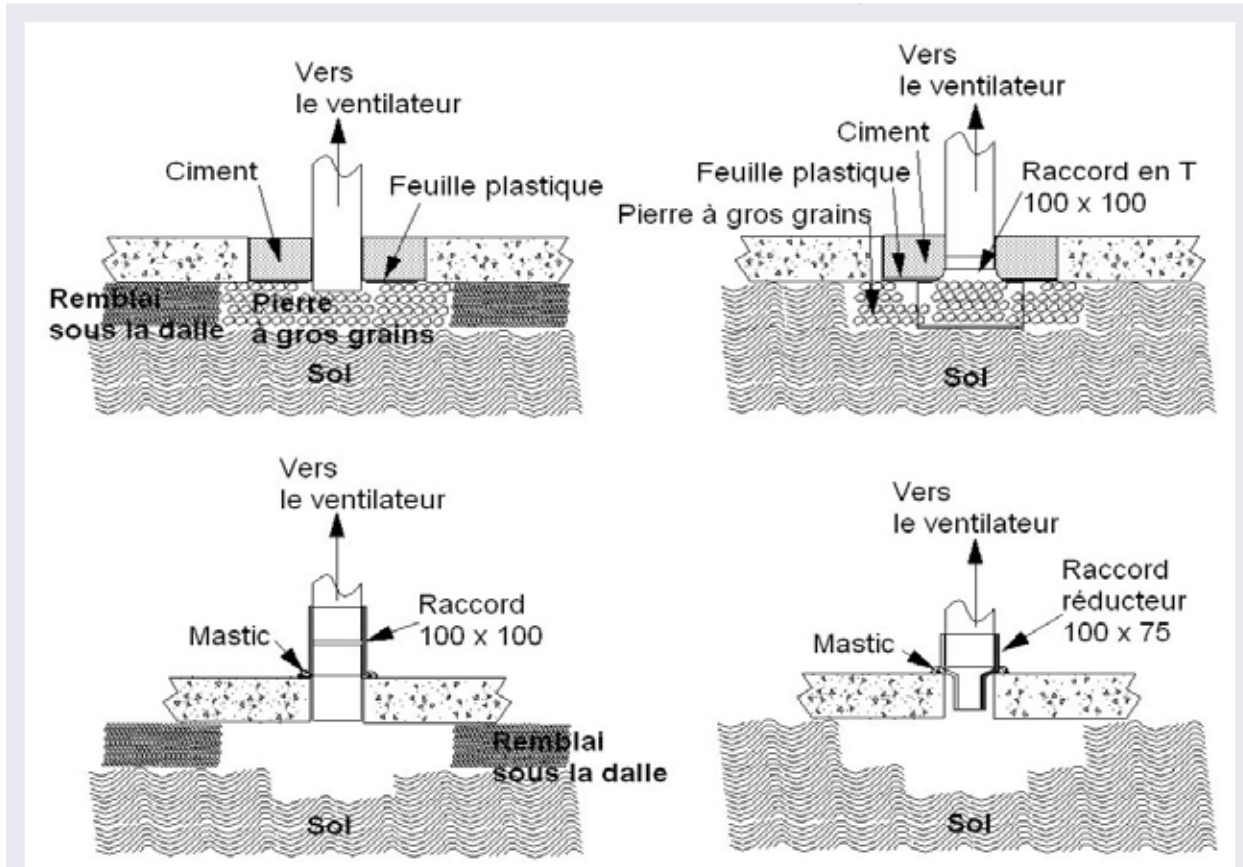


Figure 9 – Détails de raccordements du tuyau d'extraction

### Exemple 5 – Calculs des pertes de pression dans la tuyauterie

Toute la tuyauterie du réseau est en PVC et d'un diamètre de 100 mm. Il y a un raccord en T de 100 mm de diamètre dans la fosse sous la dalle, 1 m de tuyau allant vers le ventilateur incluant deux coudes à  $45^\circ$  et 11 m de tuyau d'extraction raccordés au ventilateur incluant deux coudes à  $90^\circ$  et deux coudes à  $45^\circ$ . Pour un débit de 26,7 L/s, la vitesse à travers le réseau est de 3,4 m/s, avec une pression dynamique ( $V_p$ ) de 7,0 Pa.

Le Tableau 6 présente l'estimation des pertes de pression dans la tuyauterie pour un tel système.

**Tableau 6 – Calculs de pertes de pression dans un réseau de tuyauterie**

Estimation des pertes de pression dans la tuyauterie		
Composante	Unités de pression dynamique ( $V_p$ )	
	Coefficient de perte par composante	Perte de pression dynamique réelle
Remblai dans la cavité	2	2,0
1 raccord en T	1	1x1 = 1,0
2 coudes à 45°	0,5	2x0,5 = 1,0
1 m de tuyau	0,25/m	1x0,25 = 0,25
<b>Pertes de pression de la tuyauterie vers le ventilateur</b>		<b>4,25 <math>V_p</math></b>
2 coudes à 45°	0,5	2x0,5 = 1
2 coudes à 90°	1	2x1 = 2,0
11 m de tuyau	0,25/m	11x0,25 = 2,75
Évacuation dans l'atmosphère par la grille anti-rongeurs	3	1x3 = 3,0
<b>Pertes de pression de la tuyauterie sortant du ventilateur</b>		<b>8,75 <math>V_p</math></b>
<b>Perte de pression dynamique dans le système</b>		<b>13 <math>V_p</math></b>
<b>Chute de pression totale à 26,7 L/s, (<math>V_p = 7</math> Pa)</b>		<b>13 <math>V_p = 13 \times 7</math> Pa = 91 Pa</b>

### Résumé

Pour produire le débit de conception de 26,7 L/s, la différence de pression au niveau du ventilateur doit être égale aux pertes de pression causées par la résistance du matériau sous la dalle, la résistance de la tuyauterie et de la perte de pression entre l'intérieur et l'extérieur de la maison. Le ventilateur aspire de l'air de l'intérieur de la maison et le rejette à l'extérieur et doit donc surmonter l'écart entre l'intérieur et l'extérieur de la maison.

La perte de pression totale du réseau de la dalle au sous-sol jusqu'à l'évacuation extérieure pour un débit de 26,7 L/s est la somme des différences de pression du système. Pour un débit d'air de 26,7 L/s, elles sont de 38 Pa pour la résistance du matériau sous la dalle (remblai) (voir exemple 5) plus 91 Pa pour la résistance causée par la tuyauterie pour un total de 129 Pa (voir tableau 6). A cela, on ajoute la différence de pression entre l'extérieur et l'intérieur causée par des conditions hivernales rigoureuses de 10 Pa (voir Tableau 3). La perte de pression totale du réseau de la dalle jusqu'au point d'évacuation vers l'extérieur pour un débit de 26,7 L/s est donc de 139 Pa. La différence de pression pour tout autre débit d'air,  $F$  (L/s), peut alors être estimé ainsi :  $= 129 \times (F/26,7)^2 + 10$  Pa.

### Choix du ventilateur

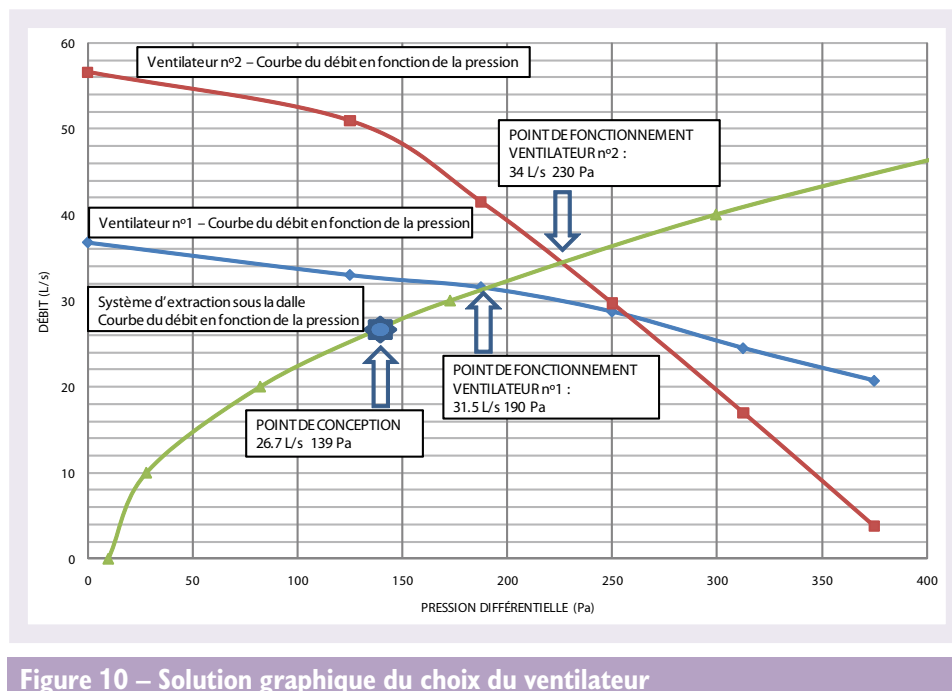
Le point de conception pour le ventilateur est 26,7 L/s à 139 Pa. Les fabricants de ventilateurs fournissent des tableaux du débit en fonction de la pression (courbe de performance), mais il est rare que le point de conception calculé du système corresponde à une valeur tabulée. L'utilisation d'un graphique permet de sélectionner le plus facilement un ventilateur. Les valeurs du débit en fonction de la pression du ventilateur fournies permettent de tracer une courbe pour le ventilateur et on trace également une courbe de la différence de pression en fonction du débit du système sur le même graphique. L'intersection de ces deux courbes représente le débit et la pression produits par le ventilateur dans le système, soit le **point de fonctionnement**.

La Figure 10 illustre un exemple de solution graphique.

On y retrouve les courbes de débit en fonction de la pression de deux ventilateurs d'atténuation du radon ainsi que la courbe de débit du système en fonction de la pression (en vert) telle que calculée ci-dessus. Le ventilateur n° 1 (en bleu) fait partie des ventilateurs à faible capacité disponibles sur le marché avec 37 L/s en écoulement libre, tandis que le ventilateur n° 2 (en rouge) est de capacité moyenne avec 57 L/s en écoulement libre. Les courbes se rencontrent approximativement à 250 Pa. Le ventilateur n° 1 déplace plus d'air que le ventilateur n° 2 à des différences de pression plus élevées, ce qui signifie que le choix d'un ventilateur ne peut reposer seulement sur des valeurs de débit en écoulement libre.

Les courbes du ventilateur et du système se croisent à 31,5 L/s et 190 Pa pour le ventilateur n° 1, et à 34 L/s et 230 Pa pour le ventilateur n° 2, des valeurs bien supérieures à celles du point de fonctionnement. Bien que les deux ventilateurs soient efficaces, il est préférable d'utiliser le plus petit (n° 1). Il sera plus silencieux, utilisera moins d'électricité et aura une marge d'environ 10% sur le débit de conception permettant ainsi de prendre en compte les incertitudes de mesure.

Toutes les installations ne nécessiteront pas une conception aussi détaillée que dans cet exemple. Avec l'expérience, le choix du ventilateur sera plus facile à déterminer et avec moins de mesures de pression différentielle sous la dalle.



### Mesures prises durant d'autres saisons

Dans les exemples ci-dessus, les mesures ont été effectuées en plein hiver lorsque les différences de pression mesurées étaient les plus élevées et pouvaient être directement utilisées pour estimer la succion et le débit de conception. L'exemple ci-dessous décrit comment utiliser le Tableau 5 pour corriger les mesures prises durant d'autres saisons.

### **Exemple 6 – Corrections saisonnières**

Les mesures sont prises à la fin de l'automne, dans une maison située dans une zone à hiver rigoureux. La température extérieure est de 2 °C. La pression différentielle naturelle au niveau de la dalle à P2 est de +1,3 Pa par rapport à l'intérieur de la maison. Le Tableau 5 indique que la pression différentielle naturelle est 2,5 fois plus élevée lors d'un hiver rigoureux, soit  $2,5 \times 1,3 \text{ Pa} = 3,3 \text{ Pa}$ .

La succion de conception est donc égale à -3,3 Pa par rapport à la maison.

Le débit observé de l'aspirateur (Q) = 16,7 L/s.

La pression différentielle à P2 avec l'aspirateur en marche = -0,8 Pa par rapport à l'intérieur de la maison, soit une baisse de 2,1 Pa de la pression sous la dalle.

Pour pouvoir produire une aspiration de -3,3 Pa, le débit du ventilateur permanent doit être 1,6 (-3,3 Pa/-2,1 Pa) fois plus grand que celui de l'aspirateur de 16,7 L/s.

Débit d'air de conception = (Succion de conception/Changement de pression mesuré au trou ayant la chute de pression la plus faible)  $\times$  Q =  $1,6 \times 16,7 \text{ L/s} = 26,7 \text{ L/s}$ .

Les valeurs de la succion et du débit de conception sont les mêmes que celles de l'exemple précédent, et le calcul de la capacité du ventilateur aussi.

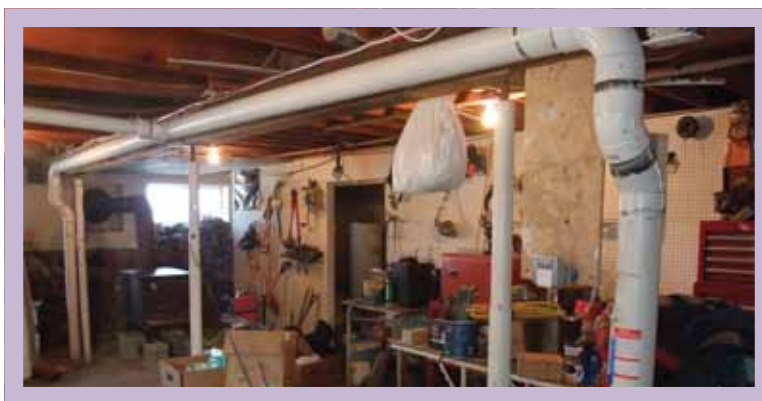
### *Exemples d'installations de systèmes sous la dalle*



**Photo 2 – Installation du ventilateur dans le grenier**



**Photo 3 – Installation du ventilateur dans le sous-sol**



**Photo 4 – Système avec deux points d'extraction**

# Chapitre 5 :

## Remédiation des sols à découvert

### 5.1 Introduction

Les vieilles maisons ont souvent des aires de sol à découvert dans la zone des fondations, particulièrement si elles ont été agrandies. Le sol procure une voie d'entrée au radon et aux gaz souterrains. La distance séparant le sol du plancher du bâtiment peut être supérieure à 2 m dans les sous-sols et les caves et inférieure à 30 cm dans les nouvelles ailes.

Il existe deux approches de réduction de la concentration de radon au-dessus d'un sol à découvert : la ventilation afin d'augmenter le renouvellement d'air dans l'espace et ainsi diluer le radon qui s'infiltre et le recouvrement du sol par une membrane et le rejet à l'extérieur des gaz souterrains et du radon présents sous la membrane avant leur infiltration dans la maison. La ventilation est examinée au chapitre 7, tandis que ce chapitre-ci traite du recouvrement du sol et de l'évacuation du volume d'air entre le sol et une membrane.

### 5.2 Dépressurisation sous la membrane

Une dalle de béton est un recouvrement durable et étanche à l'air. Une dalle coulée sur un sol à découvert reposant sur un remblai poreux combinée à un système standard de dépressurisation du sol sous la dalle est un collecteur efficace de gaz souterrains. Toutefois, le béton est cher et difficile à poser dans les zones où l'accès et la hauteur libre sont limités. La membrane flexible peut être utilisée comme alternative au béton. Elle peut être manipulée dans des aires de faible hauteur libre et posée sur le sol. Une tuyauterie perforée ou un matériau poreux est posé sur le sol afin de répartir la succion du ventilateur jusqu'aux bords de la membrane et ainsi agir comme collecteur de gaz. La membrane est fixée aux murs de fondation. Les jonctions entre les lés, le périmètre des murs, les points de pénétration et les déchirures doivent tous être étanches afin de réduire la quantité d'air aspiré dans la maison. La tuyauterie traverse la membrane et vient se raccorder à un ventilateur pour rejeter les gaz souterrains recueillis dont le radon à l'extérieur. Un soin particulier doit être porté à l'étanchement autour du point de pénétration du tuyau dans la membrane.

Le matériau de la membrane doit pouvoir résister à la circulation lors de l'installation et être disponible en larges lés pour limiter le nombre de joints et de recouvrements



Photo 5 – Étanchement autour du point de pénétration dans la membrane



(tout dommage durant l'installation doit être réparé immédiatement). Selon la circulation prévue, les membranes appropriées peuvent être constituées de :

- deux épaisseurs de 0,08 mm de polyéthylène haute densité stratifié;
- de polyéthylène haute densité stratifié renforcé de polyester ou de fibres de verre;
- de polyoléfine renforcée par un tissu géotextile non tissé;
- de polypropylène pouvant atteindre jusqu'à 1 mm d'épaisseur ou de feuilles d'EPDM comme celles utilisées pour les toitures.

Un ruban de jonction est disponible pour toutes ces membranes, tandis que des solins de tuyauterie et d'angles sont également disponibles pour le polypropylène et l'EPDM. Des feuilles plus épaisses et des tapis de protection devraient être posés dans les vides sanitaires utilisés comme espaces de rangement ou subissant des allées et venues pour l'entretien des services publics.

Bien que l'inégalité de la surface du sol permette souvent un écoulement d'air sous la membrane, le champ de dépression peut être rendu plus uniforme en posant un géotextile, un lit de gros agrégats ou de la tuyauterie perforée additionnelle sous la membrane. Cette tuyauterie ne doit pas avoir un diamètre ou une épaisseur de paroi en particulier. La résistance à l'écrasement n'est importante que s'il s'agit d'une zone de circulation ou d'un espace de rangement.

La membrane est fixée au mur sur une hauteur variant de 100 à 300 mm à l'aide de mastic et de couvre-joints traités contre la pourriture et les insectes, maintenus en place par des attaches à maçonnerie. Du mastic et des adhésifs de construction peuvent être utilisés pour maintenir en place la membrane durant son installation, mais il est important de vérifier la compatibilité des adhésifs avec le matériau de la membrane ainsi que leur tolérance aux particules de saleté présentes sur les murs. Plusieurs d'entre eux ne constituent pas une méthode fiable de fixation à long terme, ne procurant pas une adhérence adéquate entre le béton existant et les matériaux de membrane (particulièrement le polyéthylène). Il est important de laisser un jeu périphérique, car la membrane reposera fermement sur toute fixation contre le sol en raison de l'aspiration. La Figure 11 et la Photo 6 illustrent l'installation de la membrane et sa fixation au mur.

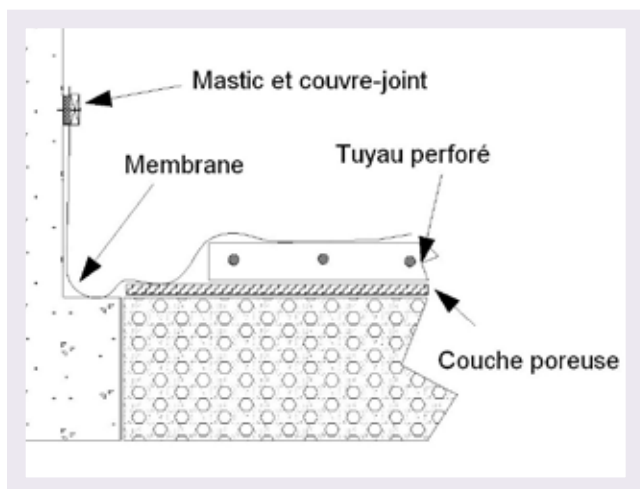


Figure 11 – Fixation de la membrane au mur



Photo 6 – Fixation de la membrane au mur

S'il n'y a pas de support ou de branchements de service dans l'espace, la membrane peut être installée en un seul morceau, la traversée du tuyau d'extraction se faisant par une ouverture pratiquée dans la membrane, scellée à l'aide d'un solin. S'il y a des supports ou des tuyaux dans l'espace, la membrane doit être incisée pour permettre leur passage; il serait alors peut-être plus pratique de l'installer en plusieurs morceaux. Le recouvrement entre les lés devrait être d'au moins 300 mm et l'étanchéité assurée par un calfeutrage adhésif. Un collet est coupé dans le matériel de telle façon à s'ajuster autour de chaque support ou tuyau. La membrane est ensuite colmatée aux différents collets. S'il risque d'y avoir accumulation d'eau sur la membrane, des drains à siphon devront être installés aux points les plus bas.

Typiquement, la membrane est composée de deux morceaux coupés sur mesure (en tenant compte des recouvrements) à l'extérieur de la maison, pliés et amenés dans le vide sanitaire. Là, ils seront dépliés et posés sur un tuyau perforé périmétrique, sur les murs de fondation et autour d'une colonne d'évacuation verticale. La membrane est d'abord fixée aux murs, puis tous les recouvrements, les sections et les collets sont colmatés. Le tuyau d'extraction du système traverse la membrane par un trou pratiqué dans la membrane. Le calfeutrage de ce point de pénétration est **critique** pour assurer l'efficacité de l'installation. Une technique consiste à utiliser deux solins de toiture en vinyle autour de la colonne, l'un placé sous la membrane et l'autre au-dessus, colmatés pour être étanches à l'air (Photo 5).

Si le sol est à découvert à différents endroits de la fondation, une membrane est requise pour chaque section. L'évacuation peut être combinée pour n'utiliser qu'un seul ventilateur pour toutes les sections.

### 5.3 Choix du ventilateur pour un système de dépressurisation sous la membrane

---

Pour assurer un meilleur rendement, la pression sous la membrane doit être inférieure à celle dans la région située au-dessus de la membrane. Ceci assure que le flux d'air à travers tous les joints et les ouvertures se fait de la maison vers la membrane. Les fuites sont fréquentes dans les irrégularités des murs, les plis au niveau des points de jonction et ceux de la membrane dans les coins, qui sont tous des voies de contournement du mastic.

L'aire de fuite de la membrane repose sur la qualité de l'étanchéité de sa connexion avec le mur et la détection des fuites devrait être effectuée avant de déterminer la puissance du ventilateur. Un aspirateur est raccordé au tuyau d'extraction et la membrane est mise en dépression. (Il n'est pas recommandé de mettre en surpression une membrane légère, car cela peut entraîner son gonflement et endommager les joints scellés). Certaines fuites peuvent être entendues, d'autres détectées grâce aux déplacements de la fumée chimique (Photo 7). Les fuites pourront être colmatées à l'aide de mastic supplémentaire ou de bandes d'étanchéité.

Seulement certaines installations nécessiteront une conception complète puisque l'expérience guidera sur le choix d'un ventilateur satisfaisant basé sur quelques mesures de pression sous la membrane.



Si une conception complète du système est nécessaire, l'aspirateur peut être raccordé au tuyau d'extraction. Le débit et les pressions sous la membrane peuvent être mesurés et ce, de préférence pour deux différents débits. Les débits et la puissance nécessaires peuvent être déterminés à partir de ces valeurs selon la méthode décrite au chapitre 4.



**Photo 7 – Utilisation de la fumée chimique**

# Chapitre 6 :

## Remédiation par dépressurisation à l'aide des systèmes de puisard et de drainage

### 6.1 Introduction

---

Le système de drainage des eaux souterraines (tuyau de drainage ou drain français) est installé autour du sous-sol afin de prévenir l'accumulation d'eau le long des murs et son infiltration au sous-sol. Il s'agit d'un tuyau perforé entourant la fondation au niveau de la semelle. Selon la région, les puits de fenêtre et les tuyaux de descente pluviale du toit peuvent y être raccordés. L'eau recueillie peut être évacuée vers un puisard situé à l'intérieur du bâtiment où une pompe de puisard l'expulse à la surface du sol loin de la maison ou directement dans l'égout pluvial.

Le tuyau de drainage n'est pas seulement un système de collecte des eaux, mais aussi un collecteur efficace des gaz souterrains dont le radon lorsque le sol n'est pas saturé en eau, soit presque tout l'hiver en climats froids. S'il est raccordé à un puisard situé à l'intérieur de la maison, cela constitue une voie d'entrée des gaz souterrains dont le radon. Il pourrait exister d'autres sources de radon dans la maison, mais tant que celle-ci ne sera pas éliminée, il sera quasiment impossible d'obtenir de faibles concentrations de radon.

### 6.2 Couvrir un système de puisard

---

Toute mesure prise pour éliminer cette voie d'entrée doit prévenir la pénétration des gaz souterrains, dont le radon, dans la maison tout en permettant à l'eau de pénétrer dans le puisard et d'être pompée à l'extérieur. Un couvercle placé sur le puisard, scellé à la dalle de plancher en béton et muni de scellements hermétiques autour du câblage de la pompe de puisard et du tuyau de refoulement permettra d'éliminer cette voie directe dans la maison. Toutefois, cette mesure ne permettra pas à elle seule d'empêcher les gaz souterrains, dont le radon, de s'infiltrer par d'autres points de contact avec le sol.

Un ventilateur d'extraction mettant le puisard couvert en dépression permettra d'extraire les gaz souterrains du système de drainage et d'aspirer l'air du lit d'agrégats sous la dalle par les ouvertures latérales du puisard. Selon les constructions, ce système pourrait être suffisant et pourrait agir de façon aussi efficace qu'un système de dépressurisation du sol sous la dalle. Un système de dépressurisation sous la dalle ayant un point d'extraction situé près d'un puisard couvert recueillera également les gaz souterrains du tuyau de drainage par ces raccordements.

La dépressurisation du puisard réduit la pression dans le tuyau de drainage extérieur et le sol avoisinant, réduisant ainsi le taux d'infiltration des gaz souterrains dans le bâtiment. Cela peut

être important dans le cas des murs en blocs de béton du sous-sol où il existe souvent des voies d'infiltration dans le mur par le sol au niveau de la semelle. La figure 12 illustre un exemple de système de dépressurisation du puisard.

Les couvercles de puisard doivent être en plastique durable ou tout autre matériau rigide imputrescible, et conçus pour accommoder un scellement étanche et pouvant supporter le poids d'une personne de 70 kg. Les orifices pratiqués dans le couvercle du puisard pour le câblage et le tuyau de refoulement de l'eau doivent être conçus de façon à pouvoir être scellés à l'aide de rondelles isolantes en caoutchouc ou de mastic en silicone. Le couvercle doit être scellé à la dalle de plancher en béton à l'aide de silicone ou de tout autre matériau de calfeutrage non permanent, ou fixé mécaniquement par un joint à compression étanche à l'air. Il devrait comporter une fenêtre d'observation ou donner accès pour observer les conditions régnant dans le puisard. Une pompe de puisard submersible sera installée avec des raccords unions sur le tuyau de refoulement de l'eau posés au-dessus et en-dessous du couvercle pour faciliter le démontage. De plus, la pompe de puisard ou le tuyau de refoulement devra être muni d'un clapet de non-retour pour empêcher l'air extérieur de circuler à travers la pompe lorsque le puisard est vide. Si la tuyauterie d'évacuation est raccordée au couvercle du puisard, elle devra comprendre des manchons en caoutchouc pour faciliter l'enlèvement du couvercle lors de l'entretien de la pompe.

Un couvercle de puisard peut être fabriqué, mais il existe déjà sur le marché des couvercles de puisard à radon en plastique avec ces raccords ainsi que des puisards à radon avec ces raccords intégrés au couvercle et au revêtement intérieur du puisard. L'installation de l'une de ces unités sera souvent rentable.

### ***Avaloirs de sol***

Si l'avaloir de sol du sous-sol est raccordé au puisard, un garde d'eau mécanique ou un siphon doit être installé pour empêcher l'air intérieur de pénétrer dans le puisard par l'avaloir. Si le sol du sous-sol est nivelé, que le puisard ouvert sert également d'avaloir de sol, le couvercle du puisard peut être installé à niveau avec la dalle de plancher ou plus bas, ce couvercle devrait être muni d'un siphon ou d'un avaloir mécanique compatible avec le débit d'air exercé. Si le couvercle est au-dessus du niveau la dalle de plancher, un avaloir muni d'un siphon ou d'un autre dispositif compatible avec le débit d'air exercé devrait être installé dans le plancher de béton et raccordé au puisard.

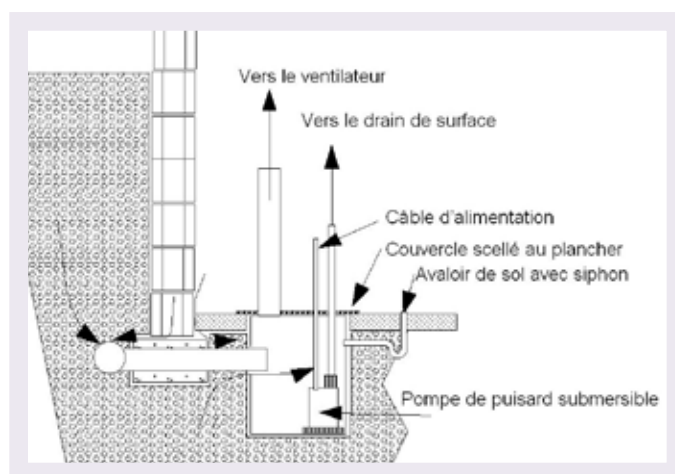


Figure 12 – Évacuation par le puisard

### ***Choix du ventilateur pour un système de puisard***

La puissance du ventilateur requise pour produire des résultats satisfaisants est estimée en posant un couvercle provisoire sur le puisard et en évacuant l'air à l'aide d'un aspirateur tout en mesurant la chute de pression dans le puisard et le débit d'extraction (de préférence pour deux débits différents). La chute de pression est mesurée au même moment dans la région sous la dalle à travers de petits orifices percés dans la dalle à proximité et loin du puisard. Le rapport des chutes de pression indique si les ouvertures du puisard ou à proximité du puisard communiquent avec la région sous la dalle et indique la résistance du remblai au mouvement de l'air sous la dalle. Si le débit d'air provenant du tuyau de drainage est faible et que la connexion avec le remblai sous la dalle est bonne, la ventilation du puisard peut produire une dépressurisation sous la dalle et réduire les infiltrations de radon. La capacité du ventilateur requise pour produire une chute de pression adéquate peut être calculée de la même façon que celle d'un système de dépressurisation du sol sous la dalle (voir Chapitre 4).

**REMARQUE :** Si des avaloirs mécaniques compatibles au débit d'air alimentent le puisard, une aspiration de plus de 250 Pa dans le puisard pourrait briser la garde d'eau. Ceci permet d'établir une limite supérieure de la capacité du ventilateur permanent.

Si le test indique un débit important en provenance du puisard malgré une faible chute de pression, de l'air pourrait provenir des tuyaux de descente pluviale ou des puits de fenêtre en connexion avec le tuyau de drainage. Ceci pourrait être confirmé par une inspection visuelle ou simplement en versant de l'eau dans les raccordements à vérifier pour voir si elle se retrouve dans le puisard. S'il existe des raccordements en surface, la dépressurisation du puisard entraînera l'aspiration d'air froid en hiver et un risque de faire geler le sol. Pour éviter cette situation, les tuyaux de descente pluviale devraient être déplacés de façon à rejeter l'eau au niveau du sol loin de la maison et les raccords devraient être obturés. *Des drains de puits de fenêtre obturés peuvent provoquer l'inondation d'un sous-sol.* Il est possible de poser un siphon mécanique sur le drain d'un puits de fenêtre – certains demeureront fermés malgré une force d'aspiration d'environ 250 Pa, mais permettront l'écoulement de l'eau. Recouvrir le drain d'un tissu filtrant et de sable réduira l'écoulement d'air sans affecter celui de l'eau.

### ***Dépressurisation du sol sous la dalle et puisards***

Si le puisard est couvert et scellé, un système dépressurisation du sol sous la dalle peut quand même réduire l'infiltration de radon dans la maison. L'étude de faisabilité (voir Chapitre 4) devrait être réalisée avec un couvercle temporaire posé sur le puisard scellé au sol. Dans la plupart des cas, le point d'aspiration devrait être situé près du puisard.

## **6.3 Utilisation du tuyau de drainage périphérique**

Même si le tuyau de drainage n'est pas relié au puisard et s'écoule par gravité sur une surface en pente, il peut quand même être utilisé et faire partie d'un système d'évacuation des gaz souterrains et du radon. Un ventilateur branché directement sur le tuyau de drainage réduit la pression dans le sol avoisinant les principales voies d'entrée et détourne les gaz souterrains du bâtiment. Ceci est

important dans le cas des murs en blocs de béton où il existe souvent des voies d'entrée du radon dans le mur au niveau de la semelle. Un système de dépressurisation du sol sous la dalle pourrait quand même s'avérer nécessaire pour les maisons présentant des concentrations élevées de radon.

Cette installation ne peut être envisagée que si l'on sait *de façon sûre* que le tuyau de drainage entoure complètement les fondations. Les maisons situées sur des terrains en pente ont souvent un tuyau de drainage en U (pas de tuyau de drainage le long du mur latéral court). Si la maison a un garage attenant ou un agrandissement d'un étage, le tuyau de drainage pourrait être en L (pas de tuyau de drainage le long du mur du garage). Plus la portion de périmètre du sous-sol couverte par le système de drainage est petite, plus les chances de réussite sont faibles.

Un exemple de système d'évacuation par tuyau de drainage périphérique est illustré à la figure 13.

Une autre option consiste à installer un ventilateur de surface dans un coffret de protection avec un long conduit d'évacuation en toiture. Les tuyaux de refoulement de l'eau doivent être munis de siphons pour prévenir l'infiltration d'air de surface dans le système et réduire l'aspiration. En climats froids, le système demeurera sans eau durant la plus grande partie de l'hiver, entraînant ainsi l'assèchement du siphon en U. Le siphon doit être assez large et situé sous le seuil du gel pour empêcher que l'eau qui s'y trouve ne gèle et n'obture le tuyau lors du ruissellement printanier au moment où on en a plus besoin. Il existe sur le marché des obturateurs ou des siphons de type « bec de canard » qui permettent le rejet de l'eau par le tuyau de drainage mais empêchent l'air d'y pénétrer. Le siphon doit être situé le plus près possible du tuyau de drainage, soit sous le seuil du gel.

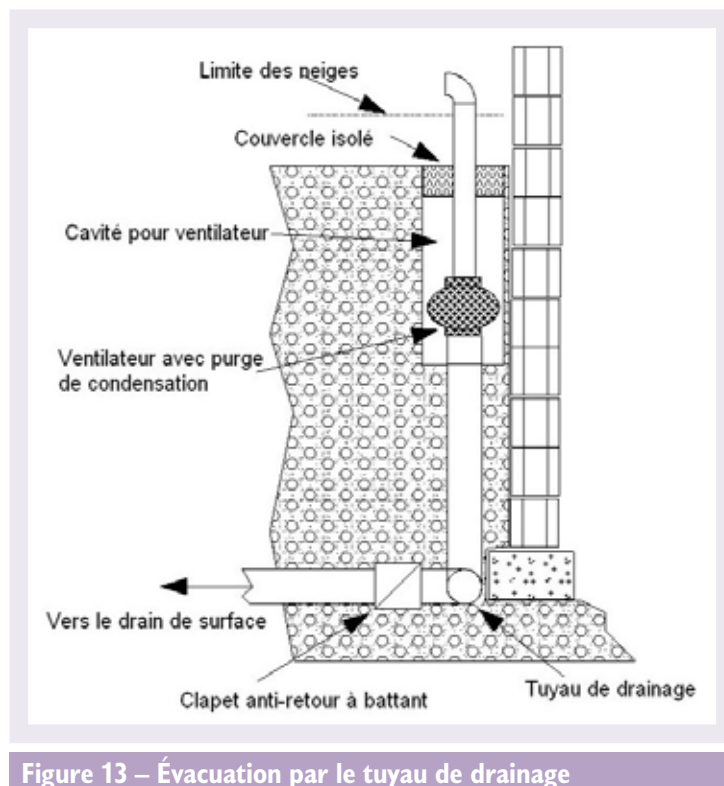


Figure 13 – Évacuation par le tuyau de drainage

### ***Choix du ventilateur du système***

La puissance du ventilateur requise pour produire des résultats satisfaisants peut être estimée en branchant un aspirateur sur le tuyau d'évacuation du système de drainage, en mesurant la chute de pression et le débit d'extraction (de préférence pour deux débits différents), et la chute de pression au même moment dans la région sous la dalle à travers de petits orifices percés dans la dalle du sous-sol près des murs. Le rapport de ces chutes de pression indique l'étendue de l'aspiration effectuée par le tuyau de drainage dans la région sous la dalle. La puissance du ventilateur extérieur requise pour obtenir une chute de pression adéquate sous la dalle peut être calculée de la même façon que celle d'un système de dépressurisation du sol sous la dalle (voir Chapitre 4). Si la chute de pression dans la maison est trop faible pour être mesurée, une mesure du radon à court terme pourra donner une indication directe de l'efficacité du système.

### ***Installation d'un ventilateur extérieur***

L'air aspiré du sol est humide et cette humidité se condensera sur toute surface froide. Comme il faudra excaver pour atteindre le tuyau de drainage, le ventilateur pourra être installé dans un puits souterrain en régions froides pour assurer une protection contre le gel. L'évacuation se fera à angle droit avec le mur par un court tuyau vertical ou par un tuyau isolé en toiture. Si un ventilateur de surface est sélectionné, il devrait être placé dans un coffret isolé pour le protéger des intempéries.

Un voyant de mise sous tension du ventilateur intérieur ou encore un pressostat électronique relié à un voyant lumineux ou à une alarme devrait être fourni pour signaler l'arrêt du ventilateur. L'utilisation d'un tube relié à un manomètre placé à l'intérieur du bâtiment n'est pas recommandée comme la vapeur d'eau risque de geler dans le tube et fournir des données erronées.

# Chapitre 7 :

## Remédiation par les méthodes de ventilation

### 7.1 Introduction

---

Dans les maisons ayant des vides sanitaires inaccessibles ou des caves inoccupées en pierre des champs avec du sol à découvert, recouvrir le sol ou d'autres voies d'entrée du radon d'une membrane afin de prévenir l'infiltration du radon pourrait s'avérer impraticable. En climats froids, la région sous le plancher est rarement ventilée à l'extérieur et l'air lourdement chargé en radon qui s'y trouve est aspiré par effet de cheminée par les ouvertures du plancher séparant cette région de l'espace habitable. S'il existe plusieurs ouvertures dans le plancher, le plancher ne constitue pas une barrière au mouvement de l'air et la région sous le plancher fait essentiellement partie de l'espace habitable. Si les ouvertures dans le plancher peuvent être colmatées (avec de la mousse pulvérisée, p. ex.), les mouvements de l'air et du radon vers l'espace habitable peuvent être réduits. En règle générale, toutes ces ouvertures ne pourront être colmatées; la ventilation mécanique de la région sous le plancher pourra diminuer la concentration de radon dans cette région ou y faire décroître la pression par rapport à l'espace habitable et réduire le mouvement de radon dans l'espace habitable. La baisse de concentration pouvant être réalisée dans l'espace habitable à l'aide de la ventilation dépend beaucoup de l'étanchéité du plancher à l'air. Plus l'écoulement naturel de l'air de la région sous le plancher vers l'espace habitable est faible, meilleur sera le résultat.

Les méthodes de ventilation sont généralement faciles à installer, mais seront plus efficaces dans les maisons ayant de faibles débits de ventilation naturelle. Durant la saison froide, de nombreuses vieilles maisons ont des débits de ventilation naturelle comparables au débit d'un petit ventilateur (25 à 100 L/s); une ventilation supplémentaire raisonnable ne peut donc abaisser les concentrations dans l'espace habitable que d'environ 50 % par rapport à leur valeur initiale. Les maisons construites durant les 30 dernières années ou intempérisées afin de réduire les fuites sont plus étanches à l'air et ont de plus faibles débits de ventilation naturelle. Les méthodes de ventilation sont plus efficaces dans les maisons qui sont relativement plus étanches à l'air et sous-ventilées provoquant des problèmes de qualité de l'air intérieur comme l'humidité excessive.

Lorsqu'un ventilateur extrait l'air d'un vide sanitaire ou d'une cave sous le plancher, la pression décroît et le taux d'infiltration du radon en provenance du sol augmente. L'augmentation du taux de ventilation dû à l'apport d'air extérieur ou intérieur aspiré dans la région sous le plancher pourrait y réduire la concentration de radon. Si le ventilateur est choisi de façon à réduire la pression régnant dans le vide sanitaire par rapport à celle de l'espace habitable, l'air s'écoulera à travers les points d'entrée décrits précédemment de l'espace habitable vers la région sous le plancher. Ceci fera diminuer le flux d'air riche en radon de la région sous le plancher et augmenter le taux de ventilation de l'espace habitable. La combinaison de l'apport réduit de radon et de la ventilation supplémentaire abaisse les concentrations de radon dans l'espace habitable.

Si un ventilateur de soufflage fait croître la pression régnant dans la région sous le plancher, le taux de pénétration du radon du sol vers cet espace diminuera et le taux de ventilation accru réduira davantage la concentration de radon. Toutefois, la pression accrue entraînera d'importants flux d'air de la région sous le plancher vers l'espace habitable, ce qui rend incertaine la réduction des concentrations de radon dans l'espace habitable.



## 7.2 Solutions d'évacuation

S'il existe d'importants échanges naturels d'air entre la région sous le plancher ou la cave et l'espace habitable, la maison est alors considérée comme une seule pièce et l'évacuation d'air de la région sous le plancher permettra de réduire les concentrations par dilution provoquée en grande partie par un afflux accru d'air extérieur faible en radon. Dans les vieilles maisons, le plancher est constitué de planches recouvertes par d'autres planches. Les nombreuses ouvertures dans ce type de construction permettent à l'air de circuler entre la région sous le plancher et l'espace habitable. Si le système de ventilation détermine la direction du flux de l'air, le plancher doit agir comme une barrière d'air efficace. Les ouvertures entre la région sous le plancher et l'espace habitable doivent alors être colmatées. Si la surface inférieure du plancher est accessible, elles peuvent être colmatées à l'aide de mousse à expansion ou de toute autre technique d'étanchéité à l'air. La mise sous pression de l'espace habitable à l'aide d'un grand ventilateur ou d'une porte soufflante permettra de localiser les ouvertures à l'aide de fumée chimique.

La ventilation d'extraction élimine l'air de la région sous le plancher, qui sera remplacé par celui aspiré du sol, de l'espace habitable et de l'extérieur. En climats froids, un flux d'air extérieur dans la maison est plutôt indésirable, car soit l'air froid devra être chauffé, soit les branchements devront être isolés pour prévenir le gel et la surface inférieure du plancher devra être isolée pour conférer un certain confort. Durant les mois plus chauds, l'air extérieur chargé d'humidité fait augmenter l'humidité présente dans le vide sanitaire et pourrait contribuer à la pourriture du bois. L'espace sous le plancher n'est généralement pas muni d'ouvertures d'aération vers l'extérieur; toute ouverture devrait cependant être scellée afin de minimiser l'entrée d'air extérieur. Une grande partie de l'air aspiré par le ventilateur proviendra de l'espace habitable, réduisant ainsi la quantité d'air riche en radon qui pénètre de la région sous le plancher dans l'espace habitable.

L'air aspiré de l'espace habitable est remplacé par l'air extérieur, ce qui permet de réduire davantage la concentration dans l'espace habitable par dilution. Cet air pénètre par différents endroits dans l'enveloppe du bâtiment et est tempéré par son mélange à l'air tiède de l'espace habitable; aucun dispositif particulier de chauffage n'est donc requis tant que le système de chauffage peut traiter cette charge additionnelle. Certains points de pénétration de l'air pourraient causer des courants d'air inconfortables. La figure 14 illustre la configuration des flux d'air dans une maison avec vide sanitaire typique munie d'un système de chauffage à l'eau chaude. Comme le plancher de ce type de maison a relativement peu d'ouvertures, la ventilation a de bonnes chances de réussite.

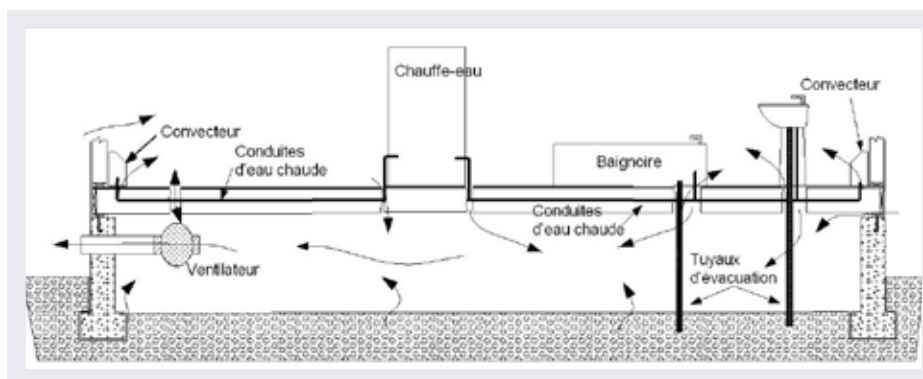


Figure 14 – Évacuation par le vide sanitaire

Une fois l'installation d'atténuation terminée et que le ventilateur du système de radon élimine l'air de la maison, un test vérifiant s'il y a refoulement d'air dans les appareils de combustion devrait être réalisé conformément à la norme CAN/CGSB-51.71-2005 intitulée *"Essai de dépressurisation"*. Si il y a possibilité de refoulement, cela devrait être signalée au propriétaire et le ventilateur devrait être arrêté jusqu'à ce que la condition de refoulement soit corrigée. Si la maison a des appareils à tirage naturel dans le vide sanitaire, la ventilation d'extraction n'est pas recommandée.

### 7.3 Chauffage à air pulsé

Les maisons munies d'un système de chauffage et de climatisation à air pulsé ont généralement des conduits d'alimentation et de reprise qui passent sous le plancher; les fuites d'air des conduits de reprise aspirent l'air du vide sanitaire, cela réduit la pression dans le vide sanitaire et distribue l'air du vide sanitaire à travers toutes les parties du bâtiment. Lorsque le ventilateur central du système fonctionne presque continuellement, le bâtiment est alors considéré comme une seule pièce. Dans ces conditions, le ventilateur d'extraction du vide sanitaire a pour principal effet de réduire la concentration dans l'espace habitable par dilution. En plus de réduire les fuites à travers le plancher, le scellement des joints et des ouvertures du réseau des conduits améliorera l'efficacité du système de ventilation du radon en augmentant l'isolation du vide sanitaire. Il n'est pas recommandé d'accroître la capacité du ventilateur d'extraction du vide sanitaire pour contrôler le manque d'étanchéité des conduits, car il y aura un impact accru sur les factures d'énergie, le bruit et la possibilité de gel dans le vide sanitaire causé par l'air extérieur froid.

### 7.4 Solutions d'alimentation

Dans les climats froids, une alimentation forcée en air extérieur dans la région sous le plancher n'est pas intéressante, car soit l'air froid devra être chauffé, ou bien les canalisations d'eau et la surface inférieure du plancher devront être isolées pour respectivement prévenir le gel et conférer un certain confort. Une alimentation forcée d'air intérieur ou extérieur dans la région du sous-plancher réduira les concentrations dans cet espace par mise en pression et dilution; toutefois, à moins que le plancher ne soit beaucoup plus étanche à l'air que les murs, ceci fera également augmenter le flux d'air de la région sous le plancher vers l'espace habitable. La réduction nette de la concentration de radon dans l'espace habitable pourrait être faible et les concentrations pourraient même augmenter.

L'alimentation forcée en air dans l'espace habitable est une autre solution; elle permettra d'augmenter la pression dans l'espace habitable et réduira l'infiltration d'air de sous le plancher ainsi que la concentration de radon dans l'espace habitable par dilution. Si le ventilateur est branché sur un conduit de reprise d'air du système de chauffage, aucun dispositif particulier de chauffage ne sera requis tant que le système de chauffage sera de capacité suffisante. L'étanchéité globale de l'enveloppe de la maison, la configuration de l'isolation et la présence d'un pare-air seront des facteurs à prendre en compte pour déterminer si la mise en pression est une méthode à envisager.

En plus d'une augmentation des coûts de chauffage liée à des débits d'air plus importants, il existe des limites pratiques à la capacité du ventilateur à utiliser. Une pression accrue dans la maison réduira la dépressurisation due à l'effet de cheminée au niveau du plancher du sous-sol et l'entrée du radon en provenance du sol. Toutefois, des pressions différentielles accrues au niveau de l'enveloppe de la partie supérieure du bâtiment pourraient provoquer l'infiltration d'air humide de l'espace habitable dans l'isolation, causant des dommages de gel et d'humidité lorsque la glace

fond. Plusieurs vieilles maisons ne sont pas suffisamment étanches à l'air pour qu'un ventilateur de capacité moyenne puisse produire une pression adéquate permettant d'éliminer l'effet de cheminée par temps froid; l'effet principal sera donc la dilution qui suffit rarement à ramener les concentrations de radon à des niveaux inférieurs à 200 Bq/m<sup>3</sup>.

Le risque de dommages à la structure du bâtiment dû à la mise en pression de tout le bâtiment est généralement élevé et en pratique, les chances de réduction de la concentration de radon sont faibles. Cette technique ne devrait pas être considérée comme la méthode d'atténuation principale dans les climats froids.

## 7.5 Ventilateurs-récupérateurs de chaleur

Pour chaque litre d'air évacué du bâtiment à l'aide d'un ventilateur d'extraction, un volume équivalent d'air *extérieur* y est aspiré à travers les ouvertures présentes dans l'enveloppe du bâtiment pour le remplacer. Par temps froid, cela peut provoquer d'importants courants d'air. Un ventilateur-récupérateur de chaleur (VRC) possède à la fois un ventilateur d'alimentation et un ventilateur d'extraction, et utilise l'air vicié évacué pour préchauffer l'air arrivant de l'extérieur, récupérant ainsi 70 à 80 % de l'énergie thermique de l'air évacué. (Cette efficacité n'est atteinte que si les conduits de distribution et d'évacuation de l'air à l'extérieur sont bien isolés afin de prévenir l'absorption de chaleur produite par la maison. Lorsque la température extérieure tombe en dessous de zéro, les unités doivent fonctionner en cycle de dégivrage, ce qui réduit également leur efficacité.) Les débits d'alimentation et d'extraction sont censés être identiques.

Des débits équivalents s'ajoutent au débit de renouvellement d'air sans changer les pressions différentielles du bâtiment. Il n'y a pas de variation nette de pression dans la maison, mais la présence de débits distincts d'alimentation et d'extraction permet à l'unité de modifier la configuration interne de circulation d'air de la maison.

La plupart des modèles de VRC avec échangeurs thermiques à plaques possèdent une bonne isolation entre les flux d'entrée et de sortie. Ces VRC peuvent alors être utilisés pour évacuer l'air des vides sanitaires modérément chargé en radon et distribuer un air de remplacement chauffé essentiellement sans radon dans l'espace habitable. Même si la circulation naturelle de l'air interne dans la maison est assez forte pour que le seul effet produit par le VRC soit un effet de dilution par ventilation. L'air frais sera à une température supérieure à la température extérieure. Il faut donc choisir un endroit de distribution de cet air de façon à avantager le confort des occupants. La constante efficacité du VRC repose sur son entretien régulier par le propriétaire de la maison.

## 7.6 Choix du ventilateur

Les tests d'infiltrométrie disponibles sur le marché comprennent un ventilateur réversible à vitesse variable monté sur un cadre réglable selon le bâti de la porte et de la fenêtre ainsi qu'un débitmètre et un manomètre. Le débit du ventilateur est mesuré avec les portes et les fenêtres donnant sur l'extérieur fermées et le test est répété pour des différences de pression entre l'intérieur et l'extérieur allant jusqu'à 50 Pa. Un calculateur permet de déterminer l'aire de fuite équivalente de l'enveloppe de la maison et estime le taux de ventilation naturelle de la maison en hiver.

Si le différentiel de pression intérieure-extérieure et que les configurations internes de circulation restent inchangés, le fait de doubler le taux de ventilation d'hiver à l'aide d'un VRC coupera de moitié la concentration de radon dans la maison. Dans les vieilles maisons, le taux de ventilation naturelle en hiver se situe autour de 100 L/s, ce qui est comparable au débit d'un petit ventilateur de radon ou à la capacité maximale de plusieurs VRC résidentiels. Dans ces maisons, la dilution devrait permettre de réduire d'environ de moitié les concentrations moyennes par rapport à la valeur initiale. Comme les constructions plus récentes ont des taux de ventilation naturelle plus faibles, la ventilation générale pourrait permettre des réductions plus importantes.

## 7.7 Installation

L'emplacement de toute entrée d'air devrait se conformer aux règlements locaux, mais être situé au moins 30 cm au-dessus du niveau du sol ou de la limite des neiges, et loin des systèmes d'échappement des véhicules et des arbustes pour éviter que les odeurs ne soient aspirées dans la maison.

L'emplacement des points d'entrée et de sortie des VRC devrait se conformer aux règlements locaux, mais une distance suggérée de 1,8 m devrait les séparer pour éviter que l'air évacué ne soit aspiré de nouveau dans la maison. Il n'est **pas** recommandé d'utiliser un conduit coaxial disponible sur le marché regroupant les conduits d'alimentation et d'évacuation.

Les VRC ou les conduites d'entrée et de sortie du ventilateur doivent être dotés d'une grille de protection contre la vermine.

L'installateur du VRC doit s'assurer que les flux d'entrée et de sortie sont égaux, conformément aux spécifications du fabricant. La conduite d'évacuation du condensat doit se déverser dans un drain à siphon et non par une simple ouverture dans le plancher.

Pour que l'efficacité du système de ventilation soit toujours assurée, la maintenance du ventilateur et du VRC doit être effectuée au moins une fois par année ou selon le calendrier du fabricant. Une entrée d'air bloquée par des débris, des feuilles ou de la neige peut causer : Une baisse de la pression interne du bâtiment, une baisse de tirage d'une cheminée à tirage naturel et une augmentation du taux d'infiltration de radon.

# Chapitre 8 :

## Remédiation par élimination des voies d'entrée

### 8.1 Contexte

La principale limite à la concentration de radon dans un bâtiment est la résistance du sol au mouvement de l'air. Par exemple, si une maison ayant un sol à découvert au sous-sol a une concentration moyenne de radon de  $400 \text{ Bq/m}^3$ , le taux d'infiltration de radon est alors d'environ 80 000 becquerels par heure.<sup>1</sup> Cette quantité de radon est présente dans un mètre cube de gaz souterrains. Une pression différentielle de 10 Pa (comparable à la différence entre la pression régnant à l'intérieur et celle régnant à l'extérieur en hiver) produit un débit de  $1 \text{ m}^3/\text{h}$  à travers une ouverture de  $1 \text{ cm}^2$ . Évidemment, si les gaz souterrains sont exclus par l'utilisation de barrières passives et l'élimination des voies d'entrée, la superficie totale des ouvertures dans la fondation en contact avec le sol doit être inférieure à  $1 \text{ cm}^2$  dans le cas du sol dénudé.

La construction conventionnelle de bâtiments provoque des ouvertures beaucoup plus larges dans les fondations. Prenons l'exemple d'une maison possédant des murs de fondation en béton coulé. L'espace de retrait situé à la jonction du plancher et du mur a une superficie d'environ  $100 \text{ cm}^2$ , tandis que les ouvertures autour des conduites sanitaires et d'eau ainsi qu'autour des colonnes de la maison peuvent totaliser environ  $100 \text{ cm}^2$ ; les fissures pénétrantes dans le plancher de béton même représentent environ  $100 \text{ cm}^2$ , nous amenant ainsi à un total d'environ  $300 \text{ cm}^2$ . L'ouverture autour de la canalisation souterraine de drainage est également d'environ  $100 \text{ cm}^2$ . Si seulement 1 % de ces points d'entrée n'est pas scellé, tout l'effort déployé sera inutile.

**REMARQUE :** Pour les nouvelles constructions, la taille résultante de toutes ces ouvertures peut être grandement réduite en incluant une membrane imperméable à l'air scellée dès la construction.

Dans les maisons dont les murs du sous-sol sont en blocs de béton, en plus des voies d'entrée par le plancher, les gaz souterrains peuvent s'infiltrer par des ouvertures et des fissures existantes dans la membrane d'étanchéité posée sur la face extérieure du mur. Même si les cavités au sommet du mur sont bouchées, la porosité des blocs et la présence de nombreux joints de mortier permettent aux gaz souterrains de pénétrer dans la maison par la face intérieure du mur. Il est peu probable que les ouvertures présentes dans le mur puissent être adéquatement scellées de l'intérieur pour obtenir une importante réduction de la concentration de radon.

Le scellement des points d'entrée n'est pas considéré comme une technique autonome d'atténuation du radon.

<sup>1</sup> Le taux de ventilation naturel moyen pour une maison typique à deux étages est environ  $200 \text{ m}^3/\text{h}$ , donc en moyenne, l'infiltration de radon = le radon perdu par ventilation =  $200 \text{ m}^3/\text{h} \times 400 \text{ Bq/m}^3 = 80000 \text{ Bq/h}$

## 8.2 Difficultés

---

Comme les matériaux d'étanchéité et les agents de scellement récents sont étanches à l'air, transformer les fondations ordinaires en fondations résistantes au radon en calfeutrant les ouvertures devrait pouvoir se faire de manière systématique mais la première difficulté d'ordre pratique réside dans l'accès aux ouvertures, qui requiert que *toutes* les surfaces du sous-sol soient soumises à une inspection visuelle et recouvertes ensuite d'un agent de scellement. La présence de points d'entrée peut être confirmée à l'aide d'un grand ventilateur ou d'une porte soufflante qui réduira la pression au sous-sol et de fumée chimique pour voir si de l'air s'écoule par les ouvertures. Un thermomètre à infrarouge ou une caméra thermique peut également être utilisé pour repérer les voies d'entrée en mesurant le refroidissement produit localement par l'entrée des gaz souterrains froids.

La seconde difficulté d'ordre pratique réside dans l'efficacité de l'adhérence de l'agent de scellement au béton. La surface de la pâte de béton a été en contact avec le coffrage au moment de la mise en place du béton des murs. Elle est composée de pâte de ciment et de granulats fins. Son épaisseur varie de 3 à 5 mm selon le mélange et les pratiques de mise en place du béton. La pâte de ciment de la plupart des pâtes de béton contient un volume d'air variant de 1 à 2 % (microbulles d'air dont le diamètre varie de 0,5 à 1 mm de diamètre) pour augmenter la fluidité. Ces microbulles peuvent se lier les unes aux autres et former des sillons dans le béton de surface. Le ressuage se produisant lors de la prise du béton conduit à un excès d'eau en surface qui s'écoule entre le coffrage et le béton ordinaire formant d'autres sillons verticaux en surface. Ces sillons font obstacle à l'application du scellant sur les surfaces verticales de béton. Soit cette couche de 3 à 5 mm doit alors être éliminée, soit l'agent de scellement doit avoir une largeur de contact (quelques centimètres) suffisante pour combler ces sillons.

Les murs du sous-sol et les planchers sont souvent peints ou recouverts d'une épaisse couche de poussière. Pour assurer une bonne adhérence de l'agent de scellement, cette couche doit être éliminée afin d'exposer le béton propre. Les résidus de ciment sur les murs et le plancher le long des joints peuvent être éliminés à l'aide d'un pistolet à aiguilles, ou encore par sablage ou brossage mécanique. La largeur de contact de l'agent de scellement devrait être d'au moins 2 cm. Les fissures des murs et des planchers peuvent être élargies et remplies avec un agent de scellement fluide.

En raison de la grande quantité de travail requise, particulièrement la qualité de dépoussiérage lors du ponçage, des gaz toxiques émis par certains matériaux d'étanchéité, de l'enlèvement de boiserie intérieure pour accéder à toutes les surfaces et de leur restauration, l'atténuation par scellement des voies d'entrée sera rarement une mesure rentable contrairement aux méthodes de dépressurisation active du sol. L'accent mis au départ sur l'approche du scellage pour réduire l'entrée du radon a été remplacé par l'élimination des voies d'entrée pour améliorer et garantir l'efficacité des systèmes d'atténuation utilisant des ventilateurs.

### 8.3 Élimination des voies d'entrée dans le cadre d'une dépressurisation sous la dalle

Lorsqu'un système de dépressurisation sous la dalle fonctionne, les ouvertures présentes dans le plancher qui permettaient aux gaz souterrains de s'infiltrer dans la maison permettent maintenant à l'air de la maison de pénétrer dans la région sous la dalle. S'il y a 200 cm<sup>2</sup> d'ouvertures dans la dalle de plancher et que le ventilateur produit une dépression de 2 Pa, le système aspirera jusqu'à 40 m<sup>3</sup>/h (11 L/s) d'air en provenance de la maison. Si ces ouvertures peuvent être réduites à 20 cm<sup>2</sup> en remplissant les fissures du plancher avec un coulis de ciment et en appliquant un cordon de calfeutrage à *la plupart* des jonctions entre le mur et le plancher, le débit d'air en provenance de la maison peut être réduit à 4 m<sup>3</sup>/h (environ 1 L/s). Un débit moins élevé en provenance du bâtiment réduira la consommation d'énergie associée à la ventilation; le ventilateur consommera moins d'électricité et sera moins bruyant. Toutes les ouvertures accessibles présentes devraient être remplies ou colmatées dans le cadre d'une installation de dépressurisation sous la dalle.

C'est près du point de succion que la différence de pression entre la région sous la dalle et l'air de la maison sera la plus forte. Toutes les fuites d'air devraient être considérées comme importantes, mais c'est le colmatage de celles qui se trouvent près du point de succion qui réduiront de façon notable le débit d'air en provenance de la maison.



Photo 8 – Fissure colmatée dans la dalle de béton



# Chapitre 9 :

## Installation du ventilateur et de la tuyauterie

### 9.1 Introduction

---

La *U.S. Environmental Protection Agency* (EPA) et la plupart des entreprises américaines d'atténuation du radon recommandent d'installer le ventilateur du système de dépressurisation à l'extérieur de l'espace conditionné et de l'évacuer au niveau du toit. L'installation d'un ventilateur à l'extérieur permet de s'assurer que toute fuite de la tuyauterie intérieure se produirait seulement vers l'intérieur du tuyau, assurant ainsi que l'air évacué riche en radon ne soit pas poussé dans la maison. Une évacuation par le toit signifie que le radon évacué à l'extérieur ne rentrera généralement pas dans le bâtiment par infiltration. Il est clair que le ventilateur et la tuyauterie installés à l'extérieur de l'enveloppe du bâtiment refroidiront, produisant de la condensation et peut-être même du givre, et que cette glace peut tomber dans le conduit vertical et venir endommager le ventilateur.

Pour qu'une telle situation ne se produise, plusieurs entreprises d'atténuation se trouvant en régions froides gardent le système autant que possible à l'abri du froid en installant la tuyauterie et le ventilateur dans des espaces quasi conditionnés (un garage attenant, p. ex.), en isolant le ventilateur et le conduit ou encore en faisant passer le tuyau d'aspiration à l'intérieur de la maison jusqu'au ventilateur installé au grenier avec un tuyau isolé qui évacue par le toit. Les coûts relatifs de ces mesures ou leur efficacité à réduire des problèmes d'humidité et de givre sont peu documentés au Canada.

L'EPA ne recommande pas d'installer les ventilateurs du système de dépressurisation dans les espaces conditionnés et leur évacuation à l'extérieur au niveau du sol, mais cette solution (qui est d'ailleurs employée par des millions d'appareils d'utilisation du gaz) permettrait d'éviter la plupart des problèmes de condensation et de givre. Comme cette combinaison n'a pas été couramment utilisée en atténuation du radon, l'importance de la réinfiltration du radon dans la maison ainsi que les problèmes de givre sur les parois ne sont pas encore bien déterminés.

Tant que des entreprises canadiennes d'atténuation n'auront pas gagné assez d'expérience en installations de systèmes évacués au niveau du toit ou par les murs extérieurs, il est difficile de se prononcer sur la solution convenant à notre climat froid.

### 9.2 Emplacement du point d'évacuation

---

Les normes américaines d'atténuation requièrent une évacuation du radon au niveau du toit. Comme l'installation d'un tuyau dans un bâtiment occupé est une opération coûteuse et encombrante, plusieurs systèmes installés au Sud des États-Unis ont un ventilateur extérieur muni d'un tuyau d'évacuation vertical installé le long du mur extérieur jusqu'à l'avant-toit. Des ventilateurs et des tuyaux extérieurs non isolés ne constituent pas une mesure appropriée en régions froides. Le point de rosée de l'air évacué à l'aide du système sous la dalle est d'environ 8 °C; donc lorsque la température de surface du tuyau est inférieure à 8 °C, l'humidité présente

dans l'air évacué se condense dans le tuyau et s'écoule vers le ventilateur. L'air provenant d'un système typique sous la dalle peut produire plus de 4 L/jour de condensation à un débit de 25 L/s. Bien qu'un ventilateur à montage vertical puisse tolérer la présence de faibles quantités d'eau, le ventilateur au bas du tuyau d'évacuation requiert un dispositif de purge de l'eau de condensation pour prolonger la durée de vie du ventilateur. Le givre ou la glace qui se forme à l'intérieur ou au-dessus du tuyau par temps froid pourrait le boucher temporairement ou encore tomber lors du dégel et endommager le ventilateur. La photo 9a montre un exemple d'accumulation de givre à la sortie du tuyau d'évacuation d'un système de dépressurisation active sous la dalle installé en région froide. La purge de l'eau de condensation pourrait geler. La condensation et l'accumulation de glace pourrait également se produire dans le ventilateur, réduisant ainsi son efficacité et sa durée de vie. C'est pour toutes ces raisons qu'**il n'est pas recommandé** d'utiliser des ventilateurs et une tuyauterie d'évacuation non isolés à l'extérieur en régions froides.



Photo 9 - Exemples d'évacuation au toit d'un système de dépressurisation active sous la dalle  
a) Formation de glace sur un système non isolé b) Système isolé avec ventilateur dans le grenier

Si le bâtiment s'y prête, un tuyau d'aspiration intérieur avec un ventilateur installé au grenier évacuant par un court tuyau d'évacuation vertical qui passe à travers le toit peut être utilisé. Le point d'évacuation doit tenir compte de l'accumulation de neige et de glace. La tuyauterie du grenier doit être isolée pour éviter le gel (Photo 9b).



Photo 10 - Exemple d'évacuation à l'extérieur au niveau du sol

Le problèmes de condensation peuvent être réduits si l'évacuation se fait au niveau du sol par un court tuyau perpendiculaire au mur – comme pour les conduits d'évacuation avec ventilateurs des appareils de combustion. Des travaux de recherche effectuée aux États-Unis (Henschel, 1995) à l'aide du gaz traceur SF<sub>6</sub> ont permis de constater que la concentration moyenne de radon dans le bâtiment lors d'une évacuation au niveau du sol représentait moins de 0,3 % de la concentration retrouvée dans l'échappement du système. L'évacuation au niveau du sol ne fait donc **pas** obstacle à la réduction à de faibles concentrations de radon. Un court tuyau

d'évacuation exposé à l'horizontal peut ainsi réduire les problèmes de condensation et de givre et constitue un grand avantage en régions froides. Il est recommandé de poser une grille anti-rongeur à l'extrémité du tuyau. L'utilisation de capuchons d'évent comme ceux posés sur l'échappement des générateurs d'air chaud n'est **pas recommandée**, car la glace peut s'y accumuler en hiver, nuisant ainsi au débit.

Les codes de construction locaux imposent des restrictions quant à l'emplacement de l'échappement des appareils de combustion (au moins 30 cm au-dessus du sol ou de la ligne des neiges, ou à 1,83 m de l'entrée d'air extérieur, par exemple – voir le Tableau 7). Des critères d'emplacement similaire sont proposés pour l'évacuation du radon.

**Tableau 7 – Exemple d'exigences relatives aux tuyaux d'évacuation des gaz de combustion**

<b>DÉGAGEMENTS À LA SORTIE DES CONDUITS D'ÉVACUATION CSA-B149.1 Code d'installation du gaz naturel et du propane</b>	
Dégagement par rapport au sol, à une véranda, un porche, une terrasse ou un balcon	30 cm
Dégagement en-dessous d'une véranda, d'un porche, d'une terrasse ou d'un balcon	30 cm Seulement si deux côtés au moins de la véranda, du porche, de la terrasse ou du balcon sont entièrement ouverts.
Dégagement par rapport à une fenêtre ou à une porte pouvant s'ouvrir	30 cm
Dégagement par rapport à une fenêtre condamnée	30 cm
Dégagement par rapport au coin extérieur	30 cm
Dégagement par rapport au coin intérieur	30 cm
Dégagement par rapport à un trottoir ou à une allée pavé situé sur un terrain public	2,13 m Un conduit d'évacuation ne doit pas se terminer directement au-dessus d'un trottoir ou d'une entrée situé entre deux habitations unifamiliales et les desservant.
Dégagement par rapport à l'entrée d'approvisionnement d'air autre que mécanique d'un bâtiment ou à l'entrée d'air de combustion de tout autre appareil	30 cm
Dégagement par rapport à l'entrée d'une source d'approvisionnement d'air mécanique	1,83 m

### 9.3 Emplacement du ventilateur

Au début des opérations d'atténuation du radon, avant l'élaboration des normes d'atténuation américaines, les ventilateurs utilisés n'étaient pas étanches à l'air et l'air d'évacuation fuyait en partie par le boîtier du ventilateur. Différents matériaux de conduits étaient également utilisés et tous les joints n'étaient pas étanches à l'air. Les meilleures pratiques dictaient alors que le ventilateur et le conduit d'évacuation devaient être installés à l'extérieur de l'enveloppe du bâtiment. Comme la tuyauterie intérieure était en pression négative, les fuites du ventilateur ou du conduit ne pouvaient entrer dans le bâtiment. Les normes d'atténuation américaines exigent que les ventilateurs soient installés à l'extérieur de l'enveloppe du bâtiment.

Des ventilateurs centrifuges en ligne sont maintenant conçus spécialement pour l'atténuation du radon. Certains modèles de ventilateurs étanches à l'air sont munis de joints scellés, d'autres ont leurs manchons de raccords et leurs connexions électriques montés du côté aspiration du ventilateur pour que les fuites ne soient pas une source d'inquiétude. Les tuyaux en plastique sont couramment utilisés aujourd'hui pour les conduits d'aspiration et d'évacuation, munis de joints étanches soudés au solvant pour la tuyauterie et des raccords étanches en caoutchouc pour le ventilateur.

Comme les ventilateurs et les conduits correctement posés ne laisseront pas s'échapper de gaz souterrains et de radon dans le bâtiment, il n'est plus nécessaire d'installer le ventilateur à l'extérieur de l'enveloppe du bâtiment. De plus, si l'évacuation se fait au niveau du sol, la quasi-totalité du système peut être à l'intérieur de l'enveloppe thermique. Ceci élimine donc les problèmes de condensation et de givre dans le ventilateur ou la tuyauterie en climats froids, puisque seule une courte longueur de tuyau d'évacuation se trouvant à l'extérieur de la maison sera exposée aux basses températures.

Le ventilateur devrait être installé de façon à ce que le flux d'air soit vertical, permettant ainsi à l'eau de condensation de se drainer du ventilateur plutôt que de s'accumuler dans le boîtier. Pour limiter la propagation des vibrations et du bruit vers le bâtiment, le ventilateur devrait être branché sur la tuyauterie à l'aide de raccords en caoutchouc étanches à l'air le maintenant à 1 cm du tuyau. Si les tuyaux d'amenée et d'évacuation sont solidement posés, le ventilateur pourrait simplement être branché sur les tuyaux à l'aide de raccords seulement. Pour une fixation au mur, un mur en maçonnerie ou en béton produira moins de bruit qu'un mur à ossature interne.

Si le ventilateur sélectionné n'est pas étanche à l'air, il doit être installé à l'extérieur de l'enveloppe du bâtiment. Dans les régions froides, un ventilateur extérieur risque de tomber en panne prématurément en raison de la condensation et du gel dans le ventilateur de l'humidité présente dans l'air d'évacuation. Pour éviter que ceci ne se produise, un ventilateur installé à l'extérieur d'un bâtiment devrait être placé dans une enceinte (certaines sont disponibles sur le marché) qui le protégera du froid. Un dispositif de dérivation de l'eau de condensation doit être installé afin de collecter l'eau de condensation et de la détourner hors du ventilateur dans le tuyau d'évacuation. Pour éviter le gel de l'eau de condensation, l'évacuation pourrait se faire au sol à l'aide d'un tuyau isolé ou dans le tuyau d'aspiration du ventilateur dans le cas des régions très froides. Le tuyau d'aspiration se trouvant à l'intérieur de la maison doit être posé en pente pour permettre à l'eau de condensation passant à travers le ventilateur de s'écouler vers le remblai sous la dalle sans points bas où il pourrait y avoir accumulation de condensation.

## 9.4 Installation électrique

Tout le câblage doit se conformer au code électrique pertinent et tout composant électrique doit être approuvé CSA ou listé UL ou l'équivalent. Une bonne pratique consiste à positionner l'interrupteur ou la prise du ventilateur à portée de vue du ventilateur. Un ventilateur extérieur devrait être relié à une boîte de jonction située à l'intérieur et le câblage extérieur placé dans un conduit. Le câblage du ventilateur ne doit jamais passer dans le tuyau d'aspiration ou d'évacuation, ou encore dans les conduits du système de CVC.

## 9.5 Surveillance du ventilateur

Une méthode de suivi de la performance du ventilateur doit être mise en place pour tout système fonctionnant avec ventilateur (p. ex., des indicateurs de succion du ventilateur comme les manomètres, les jauges, les sondes de pression électroniques avec voyant lumineux ou les ampèremètres).

Une autre option, spécialement avec les ventilateurs intérieurs, consiste à poser un moniteur numérique de radon dans l'espace habitable, qui surveillera l'efficacité du système.



**Photo 11 – Deux appareils utilisés pour assurer le bon fonctionnement du système de dépressurisation active du sol : Un tube de Pitot et une alarme audible**

## 9.6 Tuyauterie

Il est recommandé d'utiliser la tuyauterie en PVC ou ABS série 40 de 100 mm de diamètre soudée au solvant. Elle est généralement utilisée pour les drains domestiques, la tuyauterie d'évacuation et les accessoires de tuyauterie. Les compétences nécessaires à l'installation sont facilement disponibles. L'utilisation d'un tuyau plus léger de série 20 est également adéquate si le risque d'endommager le tuyau est faible. Le Code de plomberie peut servir de guide lors de l'installation. Les systèmes peuvent adopter des tuyaux de 75 mm de diamètre dans les espaces étroits, mais les pertes de pression et le sifflement seront plus élevés. La procédure de sélection de puissance du ventilateur illustrée au Chapitre 4 peut être adaptée à différents diamètres de tuyau en calculant la vitesse de l'air et la pression dynamique ( $V_p$ ) pour chaque section de tuyau.

La tuyauterie ne doit pas gêner l'accès aux portes, aux fenêtres, aux interrupteurs, aux commandes, aux coffrets de branchement ou aux équipements qu'il faut entretenir. Elle ne doit pas gêner l'accès à toute zone nécessitant un entretien ou une inspection, à moins d'être pourvue de raccords amovibles étanches à l'air facilitant l'enlèvement et le remplacement de tuyau.

## 9.7 Étiquetage

Une étiquette d'information doit être placée bien en vue sur la tuyauterie du système indiquant qu'elle fait partie d'un système d'atténuation du radon. Des étiquettes similaires devraient être placées sur le disjoncteur du panneau de distribution, l'interrupteur du ventilateur et le couvercle du puisard. Une étiquette signalant que la membrane fait partie du système d'atténuation du radon devrait être posée à l'entrée de tout espace où un système de dépressurisation sous la membrane fonctionne.

## 9.8 Contrôle de la condensation

Le sol avoisinant une maison contient de l'eau, tandis que les gaz souterrains aspirés par le système contiennent de la vapeur d'eau. L'air de la maison aspiré par le système contient lui aussi de la vapeur d'eau. Le point de rosée de l'air du sol collecté par un système sous la dalle est d'environ 8 °C. Selon le débit et l'humidité du sol, un système de dépressurisation du sol sous la dalle rejette entre 4 et 10 litres d'eau par jour sous forme de vapeur qui se condensera sur toute surface dont la température est inférieure à 8 °C. Si une partie du système est exposé à des températures inférieures à 8 °C, la condensation devrait être prise en compte lors de la conception de cette partie du système. Si une partie est exposée à des températures inférieures à 0 °C, le gel de cette partie devrait être pris en compte lors de la conception de cette partie du système. Lorsque qu'un système utilise un tuyau d'évacuation horizontal extérieur de 10 et 15 cm de longueur, une légère pente orientée vers l'extérieur permettra l'écoulement de toute eau de condensation vers l'orifice de sortie.

Un contrôle de la condensation doit être mis en œuvre lorsqu'il y a un ventilateur et de la tuyauterie à l'extérieur. Un dispositif de purge de l'eau de condensation fait dévier l'eau condensée dans la tuyauterie près du ventilateur et la fait s'écouler vers le sol ou du côté aspiration du ventilateur. Toute la tuyauterie devrait être inclinée vers le point de pénétration dans la dalle pour permettre à l'eau de condensation de s'écouler dans la fosse de suction. Il ne doit exister aucun point bas dans la tuyauterie, sinon l'eau s'y accumulera et gênera ou empêchera l'écoulement. Comme l'écoulement de l'eau de condensation s'oppose à celui de l'air, la pente de la tuyauterie devrait être augmentée en proportion de la vitesse de l'air dans le tuyau pour éviter la formation de masses d'eau générant un bruit excessif dans les canalisations horizontales. Le Tableau 8 présente des pentes de tuyauterie recommandées.

**Table 8 – Pentes de tuyauterie recommandées**

Diamètre du tuyau	Pente recommandée		
	À 10 L/s	À 25 L/s	À 50 L/s
75 mm	1/50	1/30	1/8
100 mm	1/100	1/50	1/30

Données provenant de RadonAway, 2005



# Chapitre 10 :

## Couplage de systèmes d'atténuation

### 10.1 Généralités

---

Les sous-sols de maisons agrandies pourraient comporter à la fois une dalle coulée en béton et une section de sol à découvert sous la nouvelle aile. Bien qu'un système de dépressurisation du sol sous la dalle puisse réduire l'entrée du radon au sous-sol, un système de dépressurisation du sol sous la membrane pourrait également être installé pour la section de sol à découvert pour réduire les concentrations de radon. De même, dans le cas d'une maison ayant un bassin de puisard relié au sol, il pourrait s'avérer nécessaire d'employer la dépressurisation du puisard en plus d'un système de dépressurisation du sol sous la dalle. Si les systèmes de tuyauterie d'aspiration peuvent être couplés de façon rentable, un seul ventilateur pourra alors être utilisé. Toutefois, selon la disposition du bâtiment, il pourrait être plus efficace et plus facile de poser un ventilateur pour chaque système.

À l'aide des procédures de sélection de la puissance du ventilateur proposées au Chapitre 4, les valeurs du débit et de la succion de conception nécessaires à l'efficacité de chaque système peuvent être estimées. Lorsque les valeurs calculées sont similaires, les deux systèmes peuvent être facilement raccordés à un seul ventilateur – le ventilateur sélectionné aura la puissance requise pour produire une succion suffisamment élevée en fonction du débit total de conception.

Si un système requiert de grands débits à une faible succion et l'autre une succion élevée (un système sous la membrane et un système sous la dalle avec une mauvaise communication sous la dalle, p. ex.), il n'est alors pas facile d'atteindre simultanément les deux valeurs de calcul avec un seul ventilateur. Les débits peuvent être contrôlés en réduisant la succion ou par étranglement du tronçon de tuyauterie présentant la plus faible résistance. La règle veut que la succion de conception la plus élevée soit produite pour le tronçon du système connecté sous la dalle et qu'un étranglement soit produit sur le tronçon du système connecté sous la membrane (faible résistance) en utilisant des tuyaux de plus petits diamètres pour que la succion soit limitée à sa valeur de conception au débit calculé. Le ventilateur est sélectionné de façon à produire la succion de conception calculée nécessaire pour les débits combinés des systèmes.

### 10.2 Ventilation des murs en blocs

---

Un cas extrême de couplage de systèmes d'atténuation se produit dans les maisons avec murs en blocs au sous-sol lorsqu'un système de dépressurisation sous la dalle ayant une étendue adéquate de la dépression sous la dalle n'arrive pas à abaisser la concentration de radon au niveau acceptable. Des défauts dans le revêtement d'étanchéité extérieur peuvent permettre aux gaz souterrains d'entrer dans la cavité du mur, puis dans la maison par les pores et les ouvertures présents dans la face intérieure du mur. De plus, les dalles avoisinantes (les allées, les garages attenants et les terrasses, p. ex.) peuvent bloquer le flux du radon provenant du sol et faire augmenter sa concentration dans les gaz souterrains pénétrant par le mur. Il est difficile de colmater toutes ces ouvertures (voir chapitre 3).



La ventilation par aspiration de la cavité du mur fera pénétrer de l'air et diluera la concentration de radon dans le mur. Même si les flux d'air du mur vers le bâtiment demeurent inchangés, la quantité de radon s'infiltrant dans la maison sera réduite. Le débit des gaz souterrains est d'environ 1 m<sup>3</sup>/h. Si les gaz souterrains pénètrent par les murs, sont mélangés à l'air des murs et évacués à un débit variant de 10 à 20 m<sup>3</sup>/h, l'infiltration de radon sera réduite pour atteindre entre 5 et 10 % de sa valeur initiale. Il s'agit de *ventilation du mur* car le débit d'air provenant de l'intérieur du mur en comparaison du débit d'air provenant de toutes les fuites de celui-ci est généralement trop bas pour produire une dépressurisation mesurable.

Pour être efficace, l'ensemble des fuites du mur devrait être réduit en remplissant les cavités au sommet du mur avec du coulis de ciment ou de la mousse à expansion et en appliquant une peinture hydrofuge afin de colmater les pores et les fissures. Si les ouvertures dans le mur sont nombreuses, l'air de ventilation pénétrera dans le mur près du point d'aspiration et ne se mélangera pas à l'air chargé en radon dans la cavité du mur. Le meilleur emplacement des points d'aspiration est au pied du mur, puisque la majorité des voies d'entrée des gaz souterrains sont situées à la jonction du mur et de la semelle. Comme l'emplacement du point de pénétration est inconnu, les murs les plus longs devraient avoir deux points d'aspiration.

Le système de ventilation des murs peut être couplé à un système de dépressurisation sous la dalle, le débit étant contrôlé par l'utilisation de tuyaux de plus petits diamètres contrôlant ainsi le débit provenant du mur. Le ventilateur d'un système de dépressurisation sous la dalle a généralement une aspiration de fonctionnement d'environ 100 Pa, qui produira un débit d'air d'environ 15 m<sup>3</sup>/h dans un tuyau de 25 mm de diamètre ce qui est proche du débit d'air de ventilation recommandé. S'il y a six différents tuyaux d'évacuation pour traiter les quatre murs du sous-sol, le débit additionnel sera d'environ 25 L/s. Pour un système de dépressurisation du sol sous la dalle dans un sous-sol en blocs de béton, le ventilateur devrait donc être sélectionné afin de pouvoir rencontrer cette capacité additionnelle.

# Chapitre 11 :

## Codes de construction et atténuation du radon

### 11.1 Généralités

---

En général, les travaux d'atténuation du radon ne nécessiteront ni permis de construire, ni visite de l'inspecteur en bâtiments en raison de leurs coûts peu élevés. Le câblage fixe d'un ventilateur permanent nécessitera une inspection électrique. La réglementation locale peut influencer sur la sélection du système d'atténuation et sa mise en œuvre. Il est important de passer en revue les détails du système proposé avec les instances locales avant de planifier les travaux et d'obtenir tous les permis pertinents.

### 11.2 Les exigences du code visées par les mesures d'atténuation du radon

---

#### ***Code de plomberie***

##### ***Les avaloirs de sol, les siphons et les clapets de non-retour***

Dans les vieilles maisons, les eaux souterraines du tuyau de drainage peuvent s'écouler dans les égouts par le raccord à l'avaloir de sol du sous-sol. Le radon peut s'infiltrer dans une maison par le tuyau de drainage. Si le code a changé depuis la construction de la maison et ne permet plus au tuyau de drainage de s'écouler dans les égouts, l'autorisation de reconstruire l'avaloir de sol en plaçant un siphon dans le tuyau de drainage pourrait ne pas être reconduite et un obturateur mécanique devra être posé. L'avaloir de sol peut être muni d'un siphon à bille étanche vis-à-vis du radon disponible sur le marché ou d'un siphon mécanique empêchant les mouvements d'air de l'avaloir vers la maison tout en permettant à l'eau de s'écouler. Certains codes locaux pourraient ne permettre que la pose de clapets de non-retour dans les avaloirs de sol.

Un avaloir de sol raccordé à un puits sec peut également être une voie d'entrée s'il n'y a pas de siphon-P ou que le siphon est asséché. Si les obturateurs mécaniques sont permis, un siphon commercial à bille étanche contre le radon ou un garde d'eau mécanique préviendra de façon efficace l'entrée du radon. S'ils ne sont pas permis, un siphon auto-amorcé pourrait être requis afin de s'assurer que le siphon est toujours rempli d'eau.

#### ***Code du bâtiment***

##### ***Mise en place des canalisations d'atténuation nécessaires pour l'installation ultérieure d'un système de dépressurisation sous le plancher***

Bien que les codes du bâtiment ne s'appliquent pas à l'installation de systèmes d'atténuation du radon, certains codes du bâtiment exigent désormais que des tuyaux d'atténuation du radon soient mis en place à travers la dalle de sous-sol afin qu'ils se raccordent à une assise de gravier de 100 mm sous la dalle. Si un tel tuyau est déjà installé dans une maison existante, il est désigné à l'aide d'une étiquette qui indique sa fonction et il peut être utilisé afin d'éviter les coûts liés à l'ouverture de la dalle de plancher.

### ***Systèmes de ventilation et de dépressurisation***

Puisque la présence de radon peut être en partie causée par le régime de pression dans les bâtiments, il est prudent d'examiner le système de ventilation de la maison relativement aux exigences actuelles du code en ce qui concerne la capacité de ventilation, la protection contre la dépressurisation et la ventilation équilibrée.

### ***Protection contre les incendies***

Les revêtements appliqués au pistolet et la mousse plastique sont des méthodes de production de membranes étanches à l'air attrayantes, particulièrement dans les secteurs dont l'accès est limité. La plupart des codes du bâtiment exigent que de tels produits soient couverts d'un matériau résistant au feu comme les plaques de plâtre. Aux endroits où la tuyauterie du système d'atténuation du radon doit passer à travers un mur possédant une cote de résistance au feu (p. ex., le mur d'un garage ou d'une maison ou entre deux unités d'habitation séparées), le code du bâtiment peut exiger que le tuyau soit protégé du feu à l'aide d'un système coupe-feu conforme à la norme CAN/ULC S-115.

### ***Évacuation des gaz d'échappement***

Les codes du bâtiment renvoient à des normes qui précisent des limites quant au point où se terminent les tuyaux d'évacuation des appareils qui évacuent des produits de combustion. Le point d'évacuation des systèmes d'atténuation du radon devrait être positionné de la même façon.

# Chapitre 12 :

## Refoulement des appareils de combustion

### 12.1 Monoxyde de carbone

---

Le monoxyde de carbone (CO) est un gaz incolore et inodore. Lorsque le monoxyde de carbone est respiré, il s'accumule rapidement, se combine avec le sang et produit de la carboxyhémoglobine (COHb). Cette dernière réduit l'aptitude du sang à transporter l'oxygène. L'apport normal en oxygène étant interrompu, les fonctions du cœur, du cerveau et des autres organes vitaux du corps sont à risque. A **basses concentrations**, les symptômes incluent les maux de tête, la fatigue, le souffle-court et la détérioration des fonctions motrices. Ces symptômes sont parfois ressentis comme une grippe. A **hautes concentrations** ou si un individu est exposé à de **faibles concentrations sur une longue période de temps**, il peut éprouver des étourdissements, une douleur à la poitrine, de la fatigue, une vision affaiblie et de la difficulté à réfléchir. A de **très hautes concentrations**, le monoxyde de carbone peut causer des convulsions, le coma et même la mort.

Les appareils à combustible (gaz naturel, propane et mazout) produisent peu de CO s'ils sont bien installés et entretenus. Toutefois, si quelque chose nuit au processus d'évacuation ou réduit l'apport d'oxygène au brûleur, la concentration de CO dans les gaz de combustion pourra rapidement atteindre des niveaux dangereux. Les gaz de combustion du bois, du charbon et du charbon de bois contiennent toujours de fortes concentrations de CO.

### 12.2 Appareils de combustion

---

Certains générateurs d'air chaud et de chauffe-eau modernes utilisent un petit ventilateur pour rejeter les gaz de combustion à l'extérieur par un tuyau d'évacuation, mais les appareils plus anciens reposent sur les cheminées à tirage naturel ou les conduits de fumée pour évacuer les gaz hors de la maison. Lorsque les gaz circulant dans le conduit de fumée sont chauds, leur densité est moins élevée que l'air de la maison et la pression régnant à la base du conduit est inférieure à celle dans la maison (effet de cheminée). La pression plus basse (suction) attire les gaz dans le conduit de fumée pour les évacuer à l'extérieur en toute sécurité. Lorsque l'appareil est éteint, le conduit de fumée se refroidit et la différence de pression diminue. Lorsque l'appareil se remet en marche, le volume des gaz de combustion pourrait être supérieur à celui que peut traiter le conduit de fumée refroidi et ces gaz se répandront alors dans la maison jusqu'au réchauffement du conduit.

Tout appareil qui expulse de l'air hors d'une maison (les ventilateurs de salle de bain, les hottes, les sècheuses, les poêles à bois, les cheminées, les fours à combustion et les chauffe-eau, par exemple) réduira la pression d'air dans cette maison. Les ventilateurs des tables de cuisson à évacuation descendante expulsent souvent entre 100 et 200 L/s. Même les ventilateurs d'extraction de grenier

peuvent abaisser la pression dans la maison en raison des fuites au niveau du plafond. Une pression d'air plus faible dans la maison réduit l'aspiration du conduit de fumée, ce qui accroît les fuites de gaz ou peut même inverser l'écoulement et permettre aux gaz de combustion de se répandre dans la maison (refoulement). La majorité des systèmes d'atténuation utilisent un ventilateur d'extraction et la majorité de l'air expulsé pourrait provenir de la maison. Cet écoulement continu d'air évacué et l'évacuation des autres appareils pourraient provoquer un déversement des gaz de combustion ou même inverser l'écoulement dans la cheminée (refoulement et concentration accrue de CO dans la maison).

Les poêles à bois sont une importante source potentielle de CO. Lorsque le feu baisse, la température et le tirage diminuent dans la cheminée, mais la concentration de CO dans les gaz de combustion augmente. Les fuites de gaz ou le refoulement risquent de se produire et libérer des concentrations dangereuses de CO dans la maison. Pour éviter ce type de problème, le conduit de fumée de certains poêles à bois modernes est muni d'un ventilateur.

### 12.3 Test

---

Une fois l'installation d'atténuation du radon complétée, un test de refoulement des appareils de combustion devrait être réalisé conformément à la norme CAN/CGSB-51.71-2005 intitulée *“Essai de dépressurisation”*. C'est une méthode d'essai permettant de déterminer si la dépressurisation d'une habitation attribuable à des appareils de ventilation est suffisante pour influencer la capacité d'appareils à combustion et de leur système d'évacuation d'évacuer une partie ou la totalité de leurs produits de combustion vers l'extérieur. Elle comprend une liste des limites de dépressurisation pour différents appareils à combustion et leur système d'évacuation. Ces limites sont utilisées pour évaluer si, à un niveau de dépressurisation donné, il peut se produire des émanations de produits de combustion à l'intérieur de l'habitation. S'il y a refoulement, cette situation potentiellement dangereuse devrait être signalée au propriétaire, et le système d'atténuation ne devrait pas fonctionner tant que cette condition persiste.

### 12.4 Détecteur de CO

---

Même si un test indique que le refoulement n'est pas un problème, la situation pourrait évoluer. Un poêle à bois pourrait être installé, le ventilateur d'extraction d'un appareil tomber en panne, le conduit de fumée être obstrué ou le système d'atténuation être en réparation, produisant des taux d'évacuation élevés. Tout ceci pourrait mener à une augmentation à court terme de la concentration de CO et des concentrations élevées pendant environ une heure pourraient s'avérer mortelles. Un détecteur de CO devrait donc faire partie de tout système d'atténuation du radon dont l'évacuation est réalisée au moyen d'un ventilateur.

# Chapitre 13 :

## Tests réalisés après l'installation du système

### 13.1 Vérifications mécaniques du système

---

Lorsque le système est mis en marche pour la première fois, l'entrepreneur doit s'assurer de l'intégrité des joints, vérifier qu'il n'existe pas de connexion desserrée et de bruit de vibration ainsi que remédier à toute omission et corriger toute erreur. Une étiquette indiquant la date d'activation du système et la fréquence suggérée de reprise de mesure de radon doit être installée par l'entrepreneur. La succion et le débit dans la tuyauterie devraient être mesurés et notés sur une étiquette du système à des fins de comparaison lors de l'entretien du ventilateur du système.

### 13.2 Mesure du radon à court terme

---

Une fois en marche, un système efficace d'atténuation du radon par ventilateur réduira immédiatement le taux d'infiltration du radon dans le bâtiment, mais le radon déjà présent dans la maison prendra un peu de temps à être expulsé comme le démontre la figure 15. Dans cet exemple, la concentration au sous-sol était d'environ 2450 Bq/m<sup>3</sup> lorsque le ventilateur a été mis en marche à 13 h la journée du 17. La concentration de radon a immédiatement chuté, mais ce n'est que vers la mi-journée du 18 qu'elle s'est stabilisée à la concentration post-atténuation d'environ 40 Bq/m<sup>3</sup>.

Il est recommandé que l'entrepreneur effectue une mesure à court terme une fois le système mis en marche pour démontrer qu'il fonctionne de façon efficace. Le test devrait débiter au moins 24 heures après avoir allumé le ventilateur pour permettre à la ventilation de la maison d'éliminer le radon. La concentration moyenne de radon donnera alors une bonne indication de la performance du système. L'interprétation des résultats sera plus facile si l'emplacement des mesures est le même que celui précédant l'adoption de mesures d'atténuation. La durée du test peut varier de deux à sept jours. Si les concentrations sont faibles (inférieures à 100 Bq/m<sup>3</sup>), le système est considéré comme efficace et une mesure à long terme peut être effectuée pour le confirmer. Si les concentrations sont supérieures à 200 Bq/m<sup>3</sup>, le système ne fonctionne pas tel que prévu et des mesures correctives devront probablement être adoptées.

### 13.3 Mesure du radon à long terme

Santé Canada recommande de baser la décision d'adopter ou non des mesures d'atténuation du radon sur une mesure de radon à long terme effectuée au plus bas niveau normalement occupé de la maison. De la même façon, la véritable efficacité du système d'atténuation sera démontrée par une concentration de radon mesurée à long terme au même endroit.

L'entrepreneur doit demander au propriétaire ou à un testeur indépendant de prendre une mesure à long terme post-atténuation en hiver (pour éviter l'apparence de conflit d'intérêt de la part de l'entrepreneur). La mesure devrait être prise au même endroit que celle précédant l'atténuation. L'interprétation des résultats sera plus facile si les mesures post-atténuation sont effectuées au même endroit, ont la même durée d'exposition et le même type de détecteur. Les appareils adéquats de mesure à long terme sont discutés au chapitre 2.

#### ***Moniteurs numériques de radon***

Des moniteurs numériques à prix abordable sont disponibles et indiquent soit la concentration moyenne au cours des 7 derniers jours, soit la concentration moyenne depuis le déclenchement de l'appareil ou soit la concentration moyenne depuis la dernière réinitialisation. Le même appareil peut être utilisé pour la vérification à court terme du système (sept jours) et le test à long terme. La concentration de radon pouvant être lue directement par le propriétaire, cet appareil placé à un endroit occupé permet de s'assurer à tout moment que le système fonctionne en maintenant un bas niveau de radon.

**REMARQUE :** Ces moniteurs n'ont pas encore été évalués (approuvés) par le Programme national de compétence sur le radon au Canada (PNCR-C). Cela est dû principalement au fait qu'il n'y a pas de catégorie certifiée «moniteur numérique» dans PNCR-C. La catégorie ressemblant le plus à ces moniteurs numériques est celle des moniteurs de radon en continu. Cependant, les moniteurs numériques ne montrent que la concentration moyenne et n'ont pas la capacité de rapporter la concentration d'heure en heure. Pour cette raison, ils ne peuvent tomber dans la catégorie des moniteurs en continu. Puisqu'ils ne sont pas encore approuvés, ils ne sont pas recommandés par Santé Canada.



## 13.4 Mesure de radon subséquente

Un système d'atténuation efficace garantira de faibles concentrations de radon à condition que le sol, le bâtiment et le système restent inchangés. Pour s'assurer du maintien de la performance du système, une mesure subséquente à long terme de radon devrait être prise en deçà de deux ans de sa mise en marche, puis à intervalles réguliers de cinq ans.

Une nouvelle mesure à long terme devrait être effectuée au plus bas niveau occupé si l'utilisation du bâtiment a changé, s'il a été agrandi ou s'il y a eu dégradation.

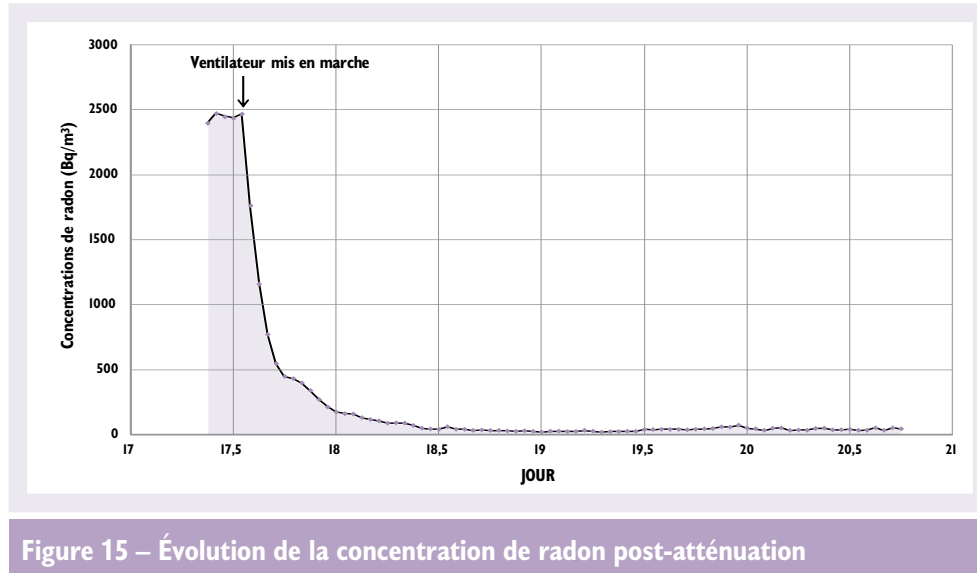


Figure 15 – Évolution de la concentration de radon post-atténuation

# Chapitre 14 :

## Mesures de sécurité d'ordre général

### 14.1 Programme de santé et de sécurité

---

L'employeur doit avoir un programme de santé et de sécurité pour les travailleurs en atténuation du radon. Ce programme devrait comprendre la sécurité générale des lieux, l'utilisation sécuritaire de l'équipement, l'utilisation d'équipement de protection individuelle et le travail sécuritaire en espaces à faible hauteur libre (vides sanitaires). Le programme doit être revu et signé par les employés chaque année.

#### ***Amiante***

Comme l'amiante se retrouve dans plusieurs produits, le contrôle de la poussière est important. De plus, les tuyaux d'eau chaude ou les conduits d'air chaud de certaines vieilles maisons pourraient être isolés à l'amiante. L'isolation à la vermiculite dans les plafonds et les greniers peut être une importante source potentielle d'exposition à l'amiante. Certains carreaux pour plancher et mastics adhésifs peuvent également contenir de l'amiante. Toute ouverture pratiquée dans ce type de plancher doit se conformer aux plans de gestion de l'amiante.

S'il y a présence d'amiante friable risquant d'être perturbé par les travaux proposés, ceux-ci ne devraient pas débuter tant qu'une personne accréditée n'a pas déterminé qu'ils se conforment au règlement sur l'amiante.

#### ***Dangers liés aux vides sanitaires et aux greniers***

Il fait plus chaud dans les vides sanitaires et les greniers qu'à l'extérieur. Ce sont des endroits sombres et généralement tranquilles, ce qui favorise la colonisation par les insectes, les rongeurs, les oiseaux et les chauves-souris. Si le propriétaire a remarqué leur présence, des appâts empoisonnés y ont peut-être été posés. Les excréments de ces animaux sont souvent des vecteurs de maladies et des précautions devraient être prises avant de pénétrer dans un vide sanitaire ou un grenier. L'enlèvement d'importantes quantités d'excréments, de souris mortes, de nids, etc. devrait être effectué par une équipe de spécialistes avant de débuter les travaux d'atténuation du radon.

Si la présence de rongeurs est soupçonnée, les voies d'entrées devraient être identifiées et éliminées avant la pose de la membrane. Les rongeurs pourraient endommager la membrane.

Des débris de construction, qui cachent des clous et des fragments de métal et de verre, sont souvent entassés dans les vides sanitaires difficilement accessibles.

La ventilation des sous-sols, des caves et des vides sanitaires est peut-être insuffisante. Une ventilation additionnelle devrait être assurée lorsque des agents de scellement et des mastics sont utilisés en raison de leurs émanations toxiques.

### ***Moisissure***

Des feuilles de polyéthylène qui jouent le rôle de pare-vapeur sont posées sur le sol intérieur de la plupart des vides sanitaires et sont parfois recouvertes d'une couche de sable. L'humidité régnant sous ces couches favorise le développement des moisissures de sol. Les mouvements d'air de la maison vers le vide sanitaire peuvent causer de la condensation sur la charpente en bois et le développement de moisissure. Si de l'eau pénètre dans le vide sanitaire par infiltration, condensation ou des fuites dans la plomberie, elle s'accumulera sur le polyéthylène et favorisera le développement de moisissure. Les débris organiques comme le bois et le matériel d'emballage représentent également des sources de moisissure.

Certaines moisissures sont toxiques et sont susceptibles d'être des allergènes. Il faudrait éviter de les toucher ainsi que porter des vêtements de protection, des gants et des appareils de protection respiratoire de type N95 jetables. Il faudrait se laver soigneusement les mains à l'eau et au savon après avoir enlevé les gants.

Les quantités importantes de moisissure devraient être ôtées par une équipe de spécialistes avant d'entreprendre les travaux d'atténuation du radon.

### ***Histoplasmose***

L'histoplasmose est un champignon évoluant dans les régions où se trouvent d'importantes accumulations d'excréments d'oiseaux, de poules et de chauves-souris. Selon l'Association pulmonaire du Canada, elle est répandue dans la vallée du Saint-Laurent et au centre du Canada. L'histoplasmose peut infecter les chats, les rats, les moufettes, les opossums, les renards et d'autres animaux et rendre leurs excréments infectieux. S'il y a des excréments d'animaux dans un vide sanitaire, des précautions devraient être prises afin d'éviter l'inhalation ou le contact. Il faudrait porter des vêtements de protection, des gants et des appareils respiratoires de type N95 jetables ainsi que soigneusement laver ses mains avec de l'eau et du savon après avoir enlevé ses gants.

### ***Blastomycose***

La blastomycose est un champignon évoluant dans les sols acides du nord de l'Ontario, du Manitoba, de la Saskatchewan, du Québec et dans les régions riveraines des Grands Lacs et du fleuve Mississippi. Le champignon peut être une source d'infection chez les humains, les chiens, les chats et d'autres animaux. Toute personne en contact étroit avec un sol contenant de la matière organique en décomposition peut être infectée. S'il y a de la matière organique en décomposition dans le vide sanitaire, des précautions devraient être prises afin d'éviter l'inhalation ou le contact. Il faudrait porter des vêtements de protection, des gants et des appareils respiratoires de type N95 jetables ainsi que soigneusement laver ses mains avec de l'eau et du savon après avoir enlevé ses gants.

### ***Hantavirus***

L'infection à l'hantavirus est une maladie rare mais grave. Tous les cas signalés jusqu'à présent sont survenus en milieu rural de l'Ouest canadien. Il y a eu quelques décès. La souris sylvestre qui envahit souvent les vieux bâtiments est l'hôte de ce virus. Le virus se transmet à l'humain au contact de la salive, de l'urine ou des excréments de la souris sylvestre. Les autorités environnementales locales offrent des conseils quant à la mise en œuvre d'un programme de contrôle de l'hantavirus.

Les petites quantités d'excréments présentes dans les vides sanitaires et les caves devraient être complètement imbibées d'une solution d'hypochlorite de sodium à 10 % (eau de Javel) pour tuer le virus. Les matières contaminées devraient être déposées dans un sac en plastique scellé en

vue d'être éliminées. Les vêtements de protection, les gants et les appareils respiratoires jetables doivent également être déposés dans un sac en plastique scellé en vue d'être éliminés après leur port. Il faudrait soigneusement laver ses mains avec de l'eau et du savon après avoir enlevé ses gants. L'enlèvement d'importantes quantités d'excréments devrait être effectué par une équipe de spécialistes avant de débiter les travaux d'atténuation du radon.

## 14.2 Radioexposition

Les *Lignes directrices canadiennes pour la gestion des matières radioactives naturelles (MRN)* proposent la façon de traiter les employés exposés aux sources de rayonnement de MRN (dont le radon) résultant de leurs travaux courants. Comme les travailleurs en atténuation du radon sont professionnellement exposés au radon, les lignes directrices applicables sont les suivantes :

- Si la dose annuelle du travailleur ne dépasse pas 1 mSv, il n'est pas nécessaire d'imposer des restrictions pour limiter la dose.
- Si la dose annuelle du travailleur est supérieure à 1 mSv, il est recommandé de mettre en place un programme de gestion des doses.
- Si la dose annuelle est supérieure à 5 mSv, il est recommandé de mettre en place un programme de radioprotection.
- La dose efficace annuelle moyenne d'un travailleur ne devrait pas dépasser 20 mSv.

Le Tableau 9 présente les expositions au radon (concentration (Bq/m<sup>3</sup>) x durée (heures)) correspondant à ces limites.

Le seuil de gestion des doses de 300 kBq.h/m<sup>3</sup> pour une année est l'équivalent de deux jours par mois à installer des systèmes dans des maisons dont la concentration moyenne est de 1500 Bq/m<sup>3</sup>. Certains travailleurs dépasseront probablement cette limite. La limite du programme de radioprotection de 5 mSv (1500 kBq.h/m<sup>3</sup>) ne devrait pas être dépassée. Il est donc recommandé d'utiliser un programme de gestion des doses pour les travailleurs en atténuation du radon.

**Tableau 9 Limites de l'exposition au radon des Lignes directrices pour les MRN**

Dose efficace annuelle	Exposition au radon équivalente	Mesure
1 mSv	300 kBq.h.m <sup>-3</sup>	Limite du programme de gestion des doses
5 mSv	1500 kBq.h.m <sup>-3</sup>	Limite du programme de radioprotection
20 mSv	6000 kBq.h.m <sup>-3</sup>	Limite de dose

Un programme de gestion des doses devrait comprendre les éléments suivants :

- un avis des sources de rayonnement aux travailleurs (soit la présence de radon sur le lieu de travail);
- la prise en compte des méthodes de travail et de l'équipement pour limiter l'exposition des travailleurs;
- l'aération du lieu de travail chaque fois que cela est réalisable;
- la formation pour contrôler et réduire la dose des travailleurs;
- la mise en œuvre d'un programme d'estimation des doses de rayonnement des travailleurs.

L'exposition des travailleurs au radon peut être directement estimée à partir de la lecture du dosimètre radon porté par le travailleur;

**ou**

des heures passées sur le lieu de travail multipliées par :

- a) une mesure du radon ( $\text{Bq/m}^3$ ) prise sur le lieu de travail durant le travail; ou
- b) la mesure pré-atténuation ( $\text{Bq/m}^3$ ) la plus élevée dans le bâtiment

La dose annuelle doit être calculée à partir de l'exposition au radon en partant du principe que  $300 \text{ kBq.h/m}^3 = 1 \text{ mSv}$ . La gestion de dose devrait être réalisée en suivant les recommandations des Lignes directrices canadiennes pour la gestion des matières radioactives naturelles (MRN).

Quel que soit le niveau d'exposition, les pratiques de travail doivent être conçues de telle sorte que l'exposition des travailleurs au radon soit au niveau le plus bas qu'on puisse raisonnablement atteindre (ALARA).

# Autres ouvrages de référence

HENSCHTEL, D. B. « Re-Entrainment and Dispersion of Exhausts from Indoor Radon Reduction Systems: Analysis of Tracer Gas Data », *Indoor Air*, vol. 5, 1995, p. 270-284.

SANTÉ CANADA. *DU RADON DANS VOTRE MAISON?* [En ligne]. [[www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/radiation/radon\\_brochure/index-fra.php](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/radiation/radon_brochure/index-fra.php)].

SANTÉ CANADA. *Lignes directrices canadiennes pour la gestion des matières radioactives naturelles (MRN)*, [En ligne], octobre 2000. [[www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt\\_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/contaminants/norm-mrn/00dhm245.pdf](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/contaminants/norm-mrn/00dhm245.pdf)].

SANTÉ CANADA. *Guide sur les mesures du radon dans les maisons*, [En ligne], 2008. [[www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/radiation/radon\\_homes-maisons/index-fra.php](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/radiation/radon_homes-maisons/index-fra.php)].

SOCIÉTÉ CANADIENNE D'HYPOTHÈQUES ET DE LOGEMENT. *LE POINT EN RECHERCHE : Essai de dépressurisation en laboratoire visant les appareils à gaz résidentiels*, Série technique 05-111, [En ligne], octobre 2005. [[www.cmhc-schl.gc.ca/odpub/pdf/64807.pdf?fr](http://www.cmhc-schl.gc.ca/odpub/pdf/64807.pdf?fr)].

SOCIÉTÉ CANADIENNE D'HYPOTHÈQUES ET DE LOGEMENT. *LE POINT EN RECHERCHE : Essais d'appareils au mazout rejetant des émanations sous l'effet de la dépressurisation*, Série technique 07-109, [En ligne], mars 2007. [[www.cmhc-schl.gc.ca/odpub/pdf/65366.pdf?fr](http://www.cmhc-schl.gc.ca/odpub/pdf/65366.pdf?fr)].

SOCIÉTÉ CANADIENNE D'HYPOTHÈQUES ET DE LOGEMENT. *LE POINT EN RECHERCHE : Évaluation de la ventilation naturelle dans les bâtiments résidentiels au Canada*, Série technique 08-100, [En ligne], février 1998. [[www.cmhc-schl.gc.ca/odpub/pdf/65904.pdf?fr](http://www.cmhc-schl.gc.ca/odpub/pdf/65904.pdf?fr)].

SOCIÉTÉ CANADIENNE D'HYPOTHÈQUES ET DE LOGEMENT. *LE POINT EN RECHERCHE : Essais en laboratoire d'appareils à gaz résidentiels soumis à une dépressurisation - deuxième partie*, Série technique 08-103, [En ligne], juin 2008. [[www.cmhc-schl.gc.ca/odpub/pdf/65962.pdf?fr](http://www.cmhc-schl.gc.ca/odpub/pdf/65962.pdf?fr)].

SOCIÉTÉ CANADIENNE D'HYPOTHÈQUES ET DE LOGEMENT. *LE POINT EN RECHERCHE : Réfection de maisons affichant une teneur élevée en radon - une démonstration canadienne*, Série technique 08-105, [En ligne], juin 2008. [[www.cmhc-schl.gc.ca/odpub/pdf/66064.pdf?fr](http://www.cmhc-schl.gc.ca/odpub/pdf/66064.pdf?fr)].

# Glossaire

Tableau 10 – Glossaire des termes

<b>Débit d'air de conception</b>	Débit d'air issu de la fosse de succion produisant la succion de conception (aspiration).
<b>Effet de cheminée</b>	Différence de pression régnant entre le haut et le bas d'une enceinte et provoquée par une différence de température entre l'intérieur et l'extérieur.
<b>Fosse d'extraction (de succion)</b>	Espace creusé à même le remblai et le sol sous la dalle de plancher. Le tuyau d'extraction sous la dalle extrait de l'air de cette fosse.
<b>Générateur d'air</b>	Appareil du système de chauffage ou de refroidissement comprenant le ventilateur de circulation d'air.
<b>Mur coupe-feu</b>	Mur qui assure un degré de résistance au feu pendant une durée de temps déterminée.
<b>Point de conception</b>	Débit d'air et succion de conception (aspiration) que doit produire le ventilateur dans le système mis en place.
<b>Point de fonctionnement</b>	Débit d'air et succion (aspiration) réellement produits par le ventilateur dans le système mis en place.
<b>Point de succion</b>	Emplacement du tuyau d'extraction introduit à travers la dalle.
<b>Poteau tubulaire en acier</b>	Poteau métallique ajustable permettant de soutenir les poutrelles de l'étage supérieur.
<b>Pression dynamique (Vp)</b>	Différence de pression permettant un écoulement d'air donné dans un tuyau ou un raccord.
<b>Puits de fenêtre</b>	Excavation permettant à la lumière de pénétrer à travers les fenêtres situées au-dessous du niveau du sol.
<b>Puits sec</b>	Fosse creusée dans le sol, remplie de pierre grossière ou de gravier, raccordée à un avaloir. Emmagasine l'eau de façon temporaire jusqu'à son écoulement dans le sol.
<b>Refoulement</b>	Émanation de produits de combustion d'une cheminée à tirage naturel à l'intérieur de l'habitation en raison de la faible pression y régnant.
<b>Succion à la fosse d'extraction</b>	Dépression générée dans la fosse de succion afin de produire la succion de conception (aspiration) au pourtour de la dalle.
<b>Succion de conception</b>	Aspiration (succion) requise dans le remblai au pourtour de la dalle afin de réduire la différence de pression régnant de part et d'autre de la dalle à au moins zéro en hiver.
<b>Tube de Pitot</b>	Tube capteur permettant d'estimer la vitesse de l'air à partir de la différence de pression entre deux orifices.
<b>Tuyau d'aspiration</b>	Partie d'un système d'évacuation sous la dalle en pression négative (succion).
<b>Tuyau de drainage</b>	Tuyau perforé entourant la fondation de l'habitation au niveau des semelles. Fait partie du système de gestion des eaux souterraines.
<b>Ventilateur de radon</b>	Ventilateur centrifuge vertical conçu spécialement pour l'atténuation du radon.