

Manuel suisse du radon

Avant-propos

A propos de l'utilisation de ce manuel

I. Le radon – qu'est-ce que c'est ?

- 1.1 Les effets du radon sur la santé
- 1.2 La propagation du radon
- 1.3 La situation en Suisse
- 1.4 La mesure du radon
- 1.5 Le radon dans l'eau potable
- 1.6 Les collections de minéraux radioactifs

II Construction et radon

- 2.1 Bâtiments à construire et assainissements
- 2.2 Valeurs limites et valeur directrice
- 2.3 Régions à concentrations accrues de radon
- 2.4 Stratégie pour la protection contre le radon

III Détermination de la situation initiale

- 3.1 Bâtiments à construire
- 3.2 Bâtiments existants

IV Protection contre le radon au niveau de la conception du bâtiment

- 4.1 Distribution et affectation des locaux
- 4.2 Isolation thermique et étanchéité à l'air
- 4.3 Passages de conduites
- 4.4 Aération naturelle du sol

V Protection contre le radon par des mesures d'étanchement

- 5.1 Infiltration ponctuelle ou diffusion ?
- 5.2 Points de passage du radon
- 5.3 Dispositions constructives et mise en œuvre de mesures d'étanchement
 - 5.3.1 Etanchéité entre le bâtiment et le terrain (pour les bâtiments à construire)
 - 5.3.2 Etanchéité intérieure
 - 5.3.3 Etanchement de percements, passages et fissures
 - 5.3.4 Etanchement de portes, trappes, couvercles, etc.

VI Protection contre le radon par ventilation

- 6.1 Elimination de la dépression
- 6.2 Mise en dépression du sol
- 6.3 Mise en surpression du bâtiment
- 6.4 Extraction par ventilation de l'air riche en radon de la cave
- 6.5 Apport d'air frais pour les chaudières et cheminées
- 6.6 Ouverture des fenêtres ou ventilation des locaux d'habitation
- 6.7 Remarques techniques relatives aux différentes stratégies de ventilation

VII Conception et exécution des mesures

- 7.1 Procédure
- 7.2 Mesures de prévention pour des bâtiments à construire
- 7.3 Mesures d'assainissement pour des bâtiments existants
- 7.4 Synergies et conflits d'intérêts

VIII Exemples de solutions

- 8.1 Bâtiments avec vide sanitaire
- 8.2 Bâtiments équipés d'un système de drainage périphérique
- 8.3 Construction d'un plancher ventilé
- 8.4 Mise en dépression du sol
- 8.5 Puisard intérieur
- 8.5^{bis} Variante du puisard intérieur
- 8.6 Puisard extérieur
- 8.7 Ventilation mécanique
- 8.8 Aspiration dans les locaux inhabités

Annexes

- A** Contacts et documentation
 - A.1 Le Service technique et d'information de la Confédération sur le radon et les services cantonaux d'information sur le radon
 - A.2 Documentation et expositions
- B** Liste de contrôle pour la visite de bâtiments
- C** La situation juridique
- D** Le radon dans les matériaux de construction
- E** Achat, vente et allègements fiscaux
- F** Recommandations de l'OFSP pour les diverses «zones de radon»

Editeur:
OFSP Office fédéral de la santé publique
Division radioprotection
Section Risques radiologiques
3003 Berne
Tél. 031 324 68 80, fax 031 322 83 83
www.ch-radon.ch
e-mail: radon@bag.admin.ch

Groupe de travail:
Office fédéral de la santé publique
G.-A. Roserens, H.-U. Johnner, G. Piller, P. Imbaumgarten

HES, Haute école spécialisée des deux Bâles,
Institut für Energie, MuttENZ
A. Binz, F. Fregnan, G. Lehmann

Textbox, Berne
P. Stucki

Diffusion:
OFCL, Vente des publications fédérales, CH-3003 Berne
www.bbl.admin.ch/bundespublikationen
No d'art. 311.346.f

Numéro de publication OFSP :
BAG VS 9.07 2500 d 1500 f 500 i 0 e 40EXT07009 u 40EXT07010

Reproduction partielle autorisée avec indication de la source

Avant-propos

En Suisse, le radon s'infiltrant dans les bâtiments est responsable d'environ 40% du rayonnement subi par la population. D'après les connaissances actuelles, le radon est responsable de quelques pourcent des cancers du poumon déclarés en Suisse. Le radon et ses produits de désintégration sont la deuxième cause de cancer du poumon, après le tabac. La valeur moyenne du rayonnement lié au radon masque cependant une réalité plus complexe : alors que la plus grande partie de la population ne subit qu'un rayonnement minime, certaines personnes sont exposées à des doses quotidiennes élevées. Et comme le radon ainsi que le rayonnement qui lui est lié ne peuvent pas être perçus par les sens, la plupart de ces personnes ne sont pas conscientes de leur exposition.

C'est récemment seulement que l'on s'est aperçu de la répartition très irrégulière du radon. Alors qu'on le trouve de façon généralisée dans certaines régions géographiques, il peut également apparaître très localement et de manière imprévisible à peu près n'importe où. Dans certains cas, l'air s'infiltrant dans les bâtiments peut présenter des concentrations de radon suffisamment élevées pour entraîner une exposition extrêmement importante des habitants. Les risques liés au radon sont aujourd'hui bien connus. Les effets sur les individus restent toutefois pratiquement imperceptibles, du fait que nous ne sentons pas son rayonnement et que les lésions n'apparaissent qu'après des années, voire des décennies.

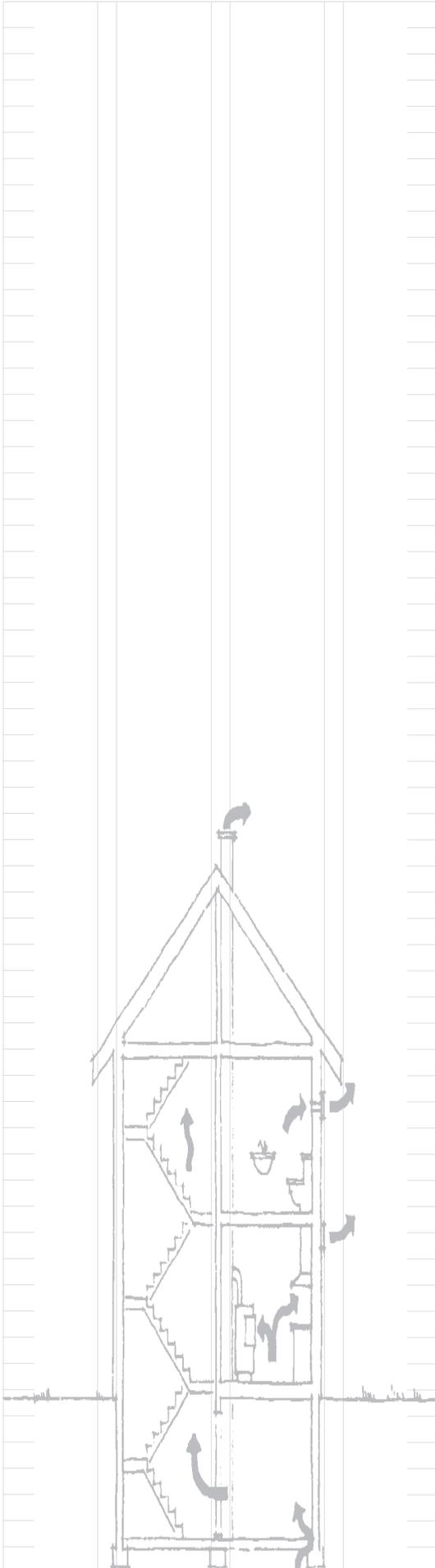
Le risque lié au radon peut être évalué. L'emplacement, la géologie, les dispositions constructives permettent une première appréciation. Seule une mesure de la concentration de radon peut fournir des données fiables. La concentration de radon peut être diminuée par des mesures préventives dans les bâtiments à construire, ainsi que par des mesures constructives dans les bâtiments existants.

Par ce manuel, nous voulons également montrer que l'on dispose des connaissances nécessaires sur le radon, et qu'il existe des mesures appropriées pour éviter une exposition au rayonnement qui lui est lié.

Ce guide technique du radon s'adresse en premier lieu aux professionnels du bâtiment: il leur offre des bases conceptuelles et pratiques pour éliminer efficacement un risque particulièrement sournois pour la santé.

Office fédéral de la santé publique
Le directeur
Professeur Thomas Zeltner


en janvier 2000



Protection contre le radon – une nouvelle responsabilité pour les architectes?

Ce manuel s'adresse en premier lieu aux architectes et autres professionnels du bâtiment. La protection contre le radon représente-t-elle, pour eux, une nouvelle responsabilité et des exigences encore plus élevées en matière de connaissances techniques ?

La réponse tient dans l'analyse de la problématique du radon:

■ Toute personne exposée au radon encourt un risque accru de développer un cancer du poumon, ce risque augmentant avec la concentration de radon dans l'air. Il n'y a pas de concentration en dessous de laquelle le radon est inoffensif.

■ On estime que la concentration de radon représente un danger excessif pour la santé (dépassement de la valeur limite) dans environ 0,5% des bâtiments, ce qui correspond à plusieurs milliers de maisons en Suisse. Les habitants de ces maisons ne s'en aperçoivent pas. Ces maisons doivent être mises en évidence au moyen de mesures de concentration de radon, puis assainies.

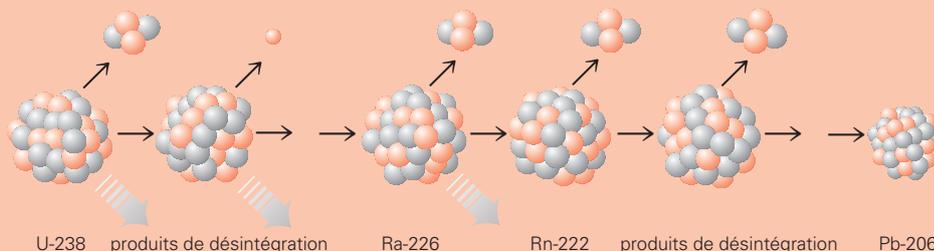
Pour les professionnels du bâtiment, les conséquences sont les suivantes :

1. La problématique du radon doit être portée à la connaissance du public et être prise au sérieux.
2. Lorsqu'on a affaire à des constructions existantes, il y a lieu d'examiner leur exposition au radon, en règle générale on mesure la concentration du gaz radon. Ces mesures sont peu onéreuses et simples à réaliser. La plupart du temps, l'exposition au radon sera faible et ne requerra aucune disposition supplémentaire.
3. Dans le cas des bâtiments à construire, il appartient au devoir de diligence de leur concepteur d'examiner si le terrain est classé comme région à concentration accrue de radon. Si tel est le cas, il y a lieu de tenir compte des mesures préventives préconisées dans le présent manuel.
4. Comme il n'y a pas de concentration en dessous de laquelle le radon est inoffensif, il est toujours judicieux de prévoir des mesures peu coûteuses ou neutres sur le plan des coûts destinées à améliorer la protection contre le radon.

1. Le radon – qu'est-ce que c'est?

Le radon est un gaz rare issu de la désintégration du radium, qui est à son tour un produit de désintégration de l'uranium. Comme l'uranium est présent en concentrations variables dans toute la croûte terrestre, on trouve du radon pratiquement partout dans le sol. Le radon est invisible, inodore et insipide, non toxique, et inerte. Il se désintègre en d'autres éléments radioactifs avec une demi-vie d'environ quatre jours.

Fig. 1.1 : Série de désintégration de l'uranium 238.



Le sol est toujours plus ou moins poreux et contient en moyenne environ 25 pour cent d'air. Cet air est enrichi en radon provenant de la désintégration du radium présent dans le sol ou la roche. Le radon augmente donc la radioactivité de l'air dans le sol. La radioactivité est mesurée en becquerels (Bq). Un becquerel correspond à une désintégration par seconde.

La concentration moyenne de radon dans l'air du sol entraîne une radioactivité de quelques 10'000 Bq/m³. La valeur limite dans les locaux d'habitation et de séjour est fixée à 1000 Bq/m³. De faibles infiltrations d'air provenant du sol peuvent donc suffire à provoquer une concentration de radon excessive dans les bâtiments.

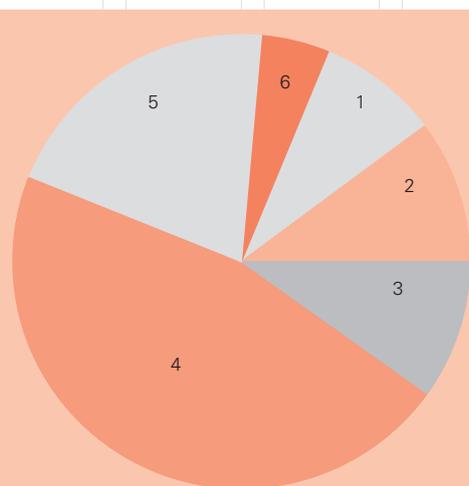
1.1 Les effets du radon sur la santé

En fait, ce n'est pas le radon lui-même qui est dangereux pour la santé, mais ses produits de désintégration radioactifs constitués par certains isotopes du plomb, du bismuth et du polonium. Les atomes de radon qui se désintègrent dans les poumons y laissent leurs produits de désintégration, qui irradient directement les tissus pulmonaires.

Le radon est responsable d'environ 40% du rayonnement subi chaque année par la population suisse. Les applications médicales (radiographies) représentent un quart de ce rayonnement, et les autres sources (rayons cosmiques, matériaux de construction, etc.) le quart restant.

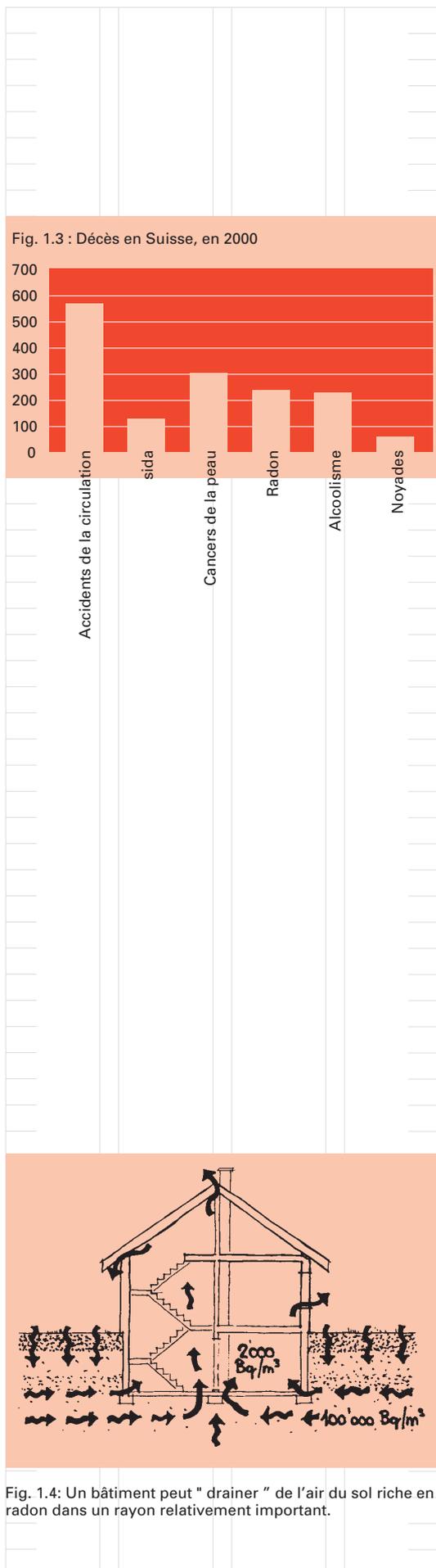
Ce n'est qu'au vingtième siècle, dans les années cinquante, que l'on a fait le lien entre le radon et le cancer du poumon. D'après les connaissances actuelles, le radon est responsable de quelques pour-cent des cancers du poumon déclarés en Suisse. Le radon et ses produits de désintégration sont la deuxième cause de cancer du poumon, après le tabac.

Les régions dont le soubassement est constitué de roches cristallines comme le granite sont considérées comme particulièrement exposées en matière de radon. Dans ces régions, les concentrations de radon dans l'air du sol sont jusqu'à 100 fois plus élevées que sur le Plateau. Dans ce cas, de faibles infiltrations d'air du sol peuvent suffire à provoquer une concentration de radon excessive dans les bâtiments. Mais on trouve également des concentrations de radon importantes et inattendues dans des zones d'extension très limitée, en raison de particularités géologiques locales. Cette variabilité est typique pour le radon. Aujourd'hui, la problématique du radon est reconnue et prise au sérieux dans le monde entier. L'Organisation mondiale de la santé (OMS)



1	rayonnement cosmiques	0,35 mSv
2	rayonnement terrestre	0,45 mSv
3	irradiation interne	0,4 mSv
4	radon dans les bâtiments	1,6 mSv
5	applications médicales	1,0 mSv
6	autres (retombées de bombes atomiques, Tschernobyl, installations nucléaires, industries et hôpitaux, petites sources)	0,2 mSv
Total		4,0 mSv

Fig. 1.2: Rayonnement moyen subi par la population suisse.



relève que le radon représente un problème important pour la santé, qu'il est indirectement cancérigène pour l'homme et que l'incertitude concernant l'évaluation du risque est moindre que pour d'autres facteurs cancérigènes.

Comme mesures d'hygiène, des valeurs limites pour la concentration de radon ont été fixées en 1994 dans l'Ordonnance fédérale sur la radioprotection (ORaP).

Lorsque la concentration dépasse 1000 Bq/m³ dans les locaux d'habitation et de séjour, respectivement 3000 Bq/m³ dans les secteurs de travail, un assainissement est obligatoire.

Pour les bâtiments à construire, les transformations et les assainissements, c'est la valeur directrice de 400 Bq/m³ qui s'applique.

L'ORaP désigne très clairement les tâches confiées aux cantons (et donc indirectement aux communes), de même que les délais d'exécution y relatifs. Les programmes d'assainissement (art. 116) requièrent notamment des procédures de mise en œuvre parfaitement structurées.

1.2 La propagation du radon

L'air présent dans les interstices du sol et des roches est enrichi en radon, et cela à toute profondeur. Le radon produit en profondeur parvient en surface à la faveur de failles et de fissures, mais surtout de terrains poreux.

Plus le terrain est perméable, plus le radon se propage facilement. A l'inverse, le radon ne traverse pratiquement pas les terrains argileux. Le potentiel de radon dans le sol superficiel dépend donc pour l'essentiel de la perméabilité des terrains sous-jacents et de leur teneur en radium. En outre, les variations de température et de pression atmosphérique provoquent des variations saisonnières et journalières des concentrations de radon dans l'air du sol.

Pour un bâtiment, le risque lié au radon dépend donc du potentiel de radon dans le sol en contact direct avec ce bâtiment, mais aussi – et même surtout – de "l'approvisionnement" en radon, autrement dit de la perméabilité (au gaz) de ce sol. En effet, une faible concentration de radon dans un sol très perméable peut provoquer une concentration plus élevée, dans les bâtiments, qu'une forte concentration de radon dans un sol peu perméable.

La propagation du radon dans le sol dépend d'un grand nombre de facteurs. L'air présent dans le sol fait l'objet d'échanges permanents avec l'atmosphère et est renouvelé très lentement. Souvent, les couches les plus superficielles du sol, d'une épaisseur d'un demi-mètre à un mètre, sont moins perméables que les terrains sous-jacents. Dans ce cas, les bâtiments jouent un rôle actif dans les échanges d'air entre le sol et l'atmosphère : en perçant les couches les plus superficielles du sol, ils agissent comme des événements et aspirent l'air du sol dans un rayon de 10 à 20 mètres. La vitesse de circulation de l'air dans le sol est très faible, de l'ordre de 2 à 3 mètres par jour. Mais c'est précisément cette faible vitesse qui permet à l'air du sol de s'enrichir en radon, et qui peut entraîner des concentrations excessives dans les locaux d'habitation, même lorsqu'il s'y infiltre en faibles quantités.

Le radon peut également se propager par diffusion à partir du sol ou de matériaux de construction. Il a cependant été établi que les concentrations dépassant les valeurs limites ou directrice ne pouvaient être expliquées par ce processus.

En plein air, le radon se mélange à l'air et est ainsi fortement dilué. A hauteur du sol, on a mesuré des concentrations de 2 à 10 Bq/m³. Dans les maisons, la concentration de radon peut être nettement plus élevée.

A partir de mesures et d'estimations, on obtient la situation suivante:

■ dans environ 0,5% des bâtiments (c.-à-d. plusieurs milliers de bâtiments), la concentration de radon dépasse la valeur limite de 1000-Bq/m³;

■ dans environ 1,5%, elle se situe entre 400 et 1000 Bq/m³;

1.3 La situation en Suisse

A partir des expériences réalisées lors de nombreux assainissements effectués en Suisse et à l'étranger, on a pu élaborer des recommandations pour des procédures et des stratégies d'assainissement applicables en Suisse.

Sur la base de plusieurs dizaines de milliers de mesures réalisées dans des bâtiments, on a également pu mettre en évidence de nombreuses régions dans lesquelles la concentration de radon dans le sol est naturellement élevée. A ce jour, des dépassements importants des valeurs limites n'ont été constatés que dans un petit nombre de bâtiments. Mais dans bien des régions, on ne dispose pas encore de suffisamment de mesures pour pouvoir écarter tout risque. On estime que les valeurs limites sont dépassées dans plusieurs milliers de bâtiments en Suisse.

La concentration moyenne de radon dans les bâtiments d'habitation est d'environ 75 Bq/m³. Dans certains bâtiments, on a mesuré des valeurs dépassant 10'000 Bq/m³. Sur la base des mesures réalisées dans plus de 30'000 bâtiments, on estime qu'une concentration de moins de 100 Bq/m³ peut être considérée comme normale dans des locaux d'habitation et de séjour.

1.4 La mesure du radon

Il n'y a pas deux maisons identiques, que ce soit au niveau de la construction, du sous-sol géologique ou de l'utilisation. Les études effectuées en Suisse ont montré que même des bâtiments très proches et de types de construction similaires pouvaient présenter des concentrations de radon extrêmement différentes. La propagation du radon dans le sol et son infiltration dans les bâtiments sont des processus très complexes. C'est pourquoi il est actuellement impossible de prédire la concentration de radon dans un bâtiment sur la base de son type de construction ou de la nature du sous-sol géologique. De même, il n'est pas possible d'identifier les bâtiments à concentration élevée de radon sur la base de données techniques ou géologiques. Seules des mesures du radon permettent une évaluation fiable.

Le radon peut être mesuré de différentes manières. A côté de techniques de mesure réservées à des spécialistes, on trouve également de simples dosimètres (petits cylindres en plastique d'environ 3 cm de diamètre). L'OFSP recommande de placer de tels dosimètres durant trois mois, de préférence pendant la période de chauffage. Ces dosimètres sont en principe placés dans un local d'habitation ou de séjour du niveau le plus bas, et dans une cave. Ils peuvent être obtenus auprès de services de mesure agréés. Un dosimètre coûte environ fr. 60.-. Pour une maison familiale, on recommande l'utilisation de deux dosimètres.

1.5 Le radon dans l'eau potable

En Suisse, l'eau potable n'est pas une source de radon déterminante. La concentration naturelle de radon dans l'eau est de quelque 1000 Bq/m³. Sur le Plateau, la concentration moyenne de radon dans les locaux d'habitation est de 50 Bq/m³.

Dans les régions à minéralisation élevée en uranium, les bâtiments alimentés par une seule source peuvent présenter des concentrations plus élevées. Dans ces bâtiments, le radon provenant de l'eau peut conduire à une augmentation de la concentration de radon jusqu'à 30 Bq/m³, dans les locaux d'habitation. En cas de doute, on s'adressera au service cantonal d'information sur le radon.

1.6 Les collections de minéraux radioactifs

Les minéraux radioactifs comme l'uraninite (pechblende) peuvent être à l'origine de concentrations accrues de radon dans les locaux d'habitation. En cas de doute, on s'informerera et on procédera à des mesures.

2. Construction et radon

2.1 Bâtiments à construire et assainissements

En matière de limitation de la concentration de radon dans les bâtiments, on distingue trois cas:

- les bâtiments à construire;
- les assainissements et les rénovations;
- les bâtiments ne faisant l'objet d'aucun projet de transformation. Ces bâtiments doivent être assainis lorsque la concentration de radon y dépasse la valeur limite de 1000 Bq/m³. Un propriétaire peut également décider de procéder à un assainissement pour réduire la concentration de radon de sa maison, même si celle-ci est inférieure à la valeur limite.

Domaine d'application	Valeur limite Bq/m ³	Val. directrice Bq/m ³
Locaux d'habitation et de séjour	1000	400
Secteurs de travail	3000	

Tableau 2.1. Valeurs limites et valeur directrice de l'Ordonnance fédérale sur la radioprotection (annexe C).

La prévention en matière de radon dans les bâtiments à construire, de même que l'assainissement de bâtiments existants sont basés sur les mêmes principes et font appel aux mêmes techniques. Toutefois, alors que les mesures préventives peuvent être prises de manière ciblée et avec une efficacité assurée pour les bâtiments à construire, elles exigeront l'évaluation de différentes alternatives et leur efficacité ne sera pas garantie pour les assainissements.

Dans le cas des bâtiments à construire, les mesures préventives sont donc calculables. Elles entraînent des coûts relativement modestes, même dans les régions à concentrations accrues de radon et pour des projets de construction complexes. Il en va tout autrement, dans le cas des assainissements: parfois, la réalisation d'ouvertures peut suffire à résoudre le problème, mais il peut aussi arriver que la réalisation d'un système d'extraction d'air sophistiqué ne suffise pas, parce qu'on n'a pas reconnu une particularité de la construction ou du terrain.

Dans les mesures constructives proposées aux chapitres suivants, on a toujours fait la distinction entre les bâtiments à construire et les assainissements. L'accent a cependant été mis sur les mesures liées aux assainissements, d'une part parce qu'elles sont plus délicates à mettre en œuvre que les mesures préventives standard pour les bâtiments à construire, et d'autre part parce que l'assainissement des bâtiments est plus urgent, dans la mesure où des personnes habitent ou travaillent souvent depuis de nombreuses années dans des locaux à concentration de radon excessive.

2.2 Valeurs limites et valeur directrice

La nocivité du radon augmente avec sa concentration dans l'air. Il n'y a pas de concentration en dessous de laquelle le radon serait utile ou souhaitable du point de vue de la santé. Le risque lié au radon peut toutefois être gradué, si on le compare au rayonnement naturel et si on tient compte des possibilités de protection réalistes. L'Ordonnance fédérale du 22 juin 1994 sur la radioprotection (annexe C) fixe des valeurs limites et directrice. Les architectes et autres professionnels du bâtiment sont donc tenus d'assurer une protection adéquate contre le radon, dans le cadre des mandats de conception et de construction qui leur sont confiés.

2.3 Régions à concentrations accrues de radon

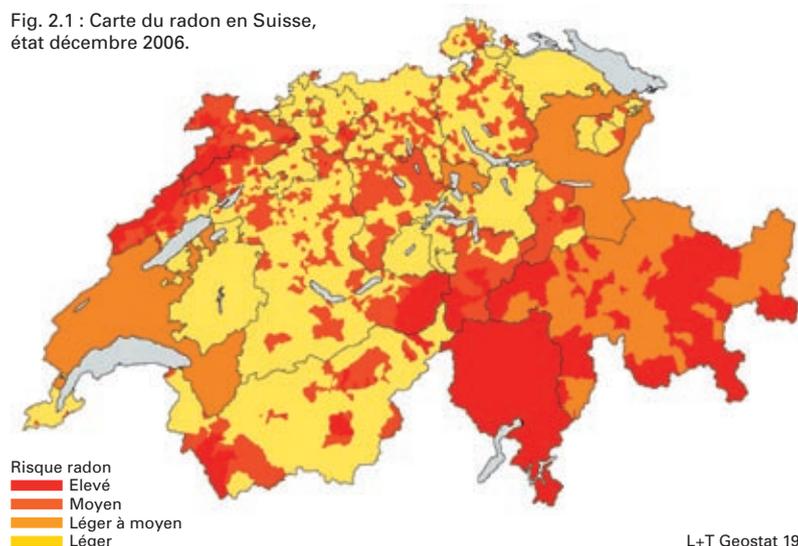
En raison des différences géologiques régionales, le problème du radon n'a pas la même acuité partout. Aujourd'hui, les relations entre la nature géologique des terrains et l'occurrence de radon sont relativement bien connues. Comme ces relations sont cependant extrêmement complexes et que la géologie des terrains superficiels n'est pas connue de manière détaillée, les régions à concentration accrue de radon ne peuvent pas être déterminées sur la seule base de la géologie.

Les régions à concentrations accrues de radon peuvent avoir une extension très limitée: un bâtiment isolé répondant à ces critères est également considéré comme une région à concentration accrue de radon. Ceci reflète la réalité du sous-sol géologique, dans lequel on rencontre également des concentrations de radon extrêmement variables.

Les cantons établissent un cadastre des régions à concentrations accrues de radon sur la base de campagnes de mesures. Ces travaux de cadastre sont terminés depuis 2004 ; les zones à concentrations accrues en radon font encore l'objet de campagnes de mesures de grande envergure. L'état actuel des travaux relatifs aux régions à concentrations accrues de radon est illustré en figure 2.1. Cette carte est mise à jour chaque année. Pour des données locales ou récentes, on s'adressera aux services cantonaux d'information sur le radon.

Dans les régions à concentrations normales de radon, il n'y a pas lieu de prendre de mesures constructives particulières en rapport avec le radon. Dans les régions à concentrations accrues de radon, des structures géologiques de faible extension peuvent conduire à des concentrations de radon très élevées, par exemple dans des couches de gravier, des remblais ou des bâtiments dont les fouilles ont été réalisées à l'aide d'explosifs. Il est également possible qu'une seule maison présente des concentrations de radon excessives, alors que toutes les maisons voisines présentent des concentrations normales. La problématique du radon requiert par conséquent une approche spécifique et attentive, même pour les bâtiments et les projets de construction situés dans des régions dans lesquelles on ne s'attend pas, a priori, à un risque accru en matière de radon. C'est le cas, notamment, sur le Plateau.

Fig. 2.1 : Carte du radon en Suisse, état décembre 2006.



L+T Geostat 1990

Bâtiments à construire	Bâtiments existants
Règles visant à diminuer la concentration de radon dans les bâtiments, nécessaires, cf. chapitre 6.	Mesures de radon nécessaire.
Règles visant à diminuer la concentration de radon dans les bâtiments, recommandées, cf. chapitre 6.	Mesures de radon recommandée.
Règles visant à diminuer la concentration de radon dans les bâtiments, recommandées, cf. chapitre 6.	Mesures de radon recommandée.
Règles visant à diminuer la concentration de radon dans les bâtiments, envisageables, cf. chapitre 6.	Mesure de radon envisageable.

Tableau 2.2: Mesures à prendre face à la problématique radon, en fonction du risque radon.

2.4 Stratégie pour la protection contre le radon

La stratégie définie ci-dessous est recommandée aussi bien pour les bâtiments à construire que pour les bâtiments existants. En fonction du contexte particulier, les cinq étapes de cette stratégie s'attacheront à des aspects et à des problèmes différents, et conduiront à des solutions spécifiques. La succession de ces étapes restera cependant la même dans tous les cas.

Détermination de la situation initiale

Chaque bâtiment et chaque projet de construction représentent un contexte particulier (régions à concentrations de radon normales ou accrues, nécessité d'assainir, présence d'eau souterraine, etc.). L'analyse détaillée du contexte est une condition de base indispensable pour un assainissement efficace.

Mesures conceptionnelles

Au début du processus de conception, on prend souvent de nombreuses décisions susceptibles de réduire, voire d'éviter le problème lié au radon (p.ex. pas de locaux d'habitation directement au-dessus du sol sans mesures préventives, étanchéité des passages de conduites, etc.)

Étanchéité

Un mode de construction étanche pour les bâtiments à construire, de même que des mesures d'étanchement entre le sol et le bâtiment ou autour des locaux à concentration accrue de radon, dans le cas des bâtiments à assainir, permettent de diminuer la concentration de radon dans les locaux d'habitation.

Évacuation du radon par ventilation

Des ouvertures appropriées ou des drainages placés sous le bâtiment permettent d'évacuer le radon hors du bâtiment (ou du moins des niveaux inférieurs) en créant une dépression par rapport à l'intérieur (ou aux niveaux habités) du bâtiment.

Contrôle de l'efficacité

Seules des mesures de concentration du radon permettent de connaître l'efficacité des mesures constructives réalisées.

Les chapitres suivants traitent ces cinq étapes pour la protection contre le radon dans les bâtiments à construire et les bâtiments existants.

3. Détermination de la situation initiale

3.1 Bâtiments à construire

Dans le cas des bâtiments à l'état de projets, il est possible de prendre toute une série de mesures permettant d'obtenir une basse concentration de radon dans ces bâtiments. Des mesures préventives sont toujours plus avantageuses qu'un assainissement ultérieur. Les points suivants devront être examinés avant même la conception du bâtiment, afin d'élaborer des mesures efficaces et optimales au niveau des coûts:

Le terrain se trouve-t-il dans une région à concentration accrue de radon ?

On s'adressera en premier lieu au service des constructions de la commune. Les données disponibles dépendent de l'état des investigations. Si nécessaire, on s'adressera au service cantonal d'information sur le radon. Le classement du terrain a une grande influence sur l'ampleur des mesures préventives.

Des concentrations élevées de radon ont-elles été mises en évidence dans le voisinage ?

Les concentrations de radon dans les bâtiments voisins sont à considérer avec réserve ; elles peuvent toutefois donner des indications utiles.

L'excavation du bâtiment a-t-elle été réalisée à l'explosif dans du rocher ou est-elle située dans du gravier, des remblais ou du sable ?

Les terrains de fondation fissurés et/ou très perméables sont généralement liés à des concentrations de radon élevées, également en dehors des régions à concentrations accrues de radon.

Le bâtiment repose-t-il sur des terrains saturés d'eau ou argileux ?

Des terrains argileux sont généralement liés à de faibles concentrations de radon.

3.2 Bâtiments existants

L'assainissement de bâtiments présentant une concentration excessive de radon est le plus souvent nettement plus complexe, plus incertain et plus onéreux que des mesures préventives réalisées correctement lors de la construction. Dans le cas des bâtiments existants, la situation initiale peut avoir des conséquences extrêmement diverses et souvent très contraignantes au niveau des mesures d'assainissement:

Le bâtiment se trouve-t-il dans une région à concentration accrue de radon ?

On s'adressera au service des constructions de la commune ou au service cantonal d'information sur le radon. Des mesures du radon dans les locaux particulièrement exposés sont toujours recommandées, hormis dans les régions dans lesquelles la concentration de radon a été déterminée comme étant normale.

Le bâtiment comporte-t-il des locaux particulièrement exposés au radon ?

Une concentration de radon accrue ne peut jamais être exclue dans les locaux d'habitation et de séjour situés au rez-de-chaussée ou au sous-sol. Dans les étages, il est rare de rencontrer des concentrations accrues de radon. Dans certaines conditions, comme des cages d'escalier ouvertes depuis la cave ou dans le cas de planchers très perméables (p.ex. planchers sur poutres, hourdis, panneaux préfabriqués en béton léger, etc.), de l'air riche en radon provenant de la cave peut être transporté facilement dans les étages sous l'effet de cheminée.

4. Protection contre le radon au niveau de la conception du bâtiment

Ci-dessous, nous présentons quelques éléments importants dont il faudrait tenir compte lors de la conception de bâtiments à construire et de l'assainissement de bâtiments existants. Ces éléments et les mesures y relatives permettent déjà d'obtenir une diminution sensible des risques relatifs au radon. Dans le cadre de l'évaluation des mesures constructives, on devrait également prendre en considération la problématique du radon, à côté de celles liées aux isolations thermique, phonique et contre l'humidité.

4.1 Distribution et affectation des locaux

Les concentrations excessives de radon sont généralement problématiques dans les locaux d'habitation en contact avec le terrain, c'est-à-dire au rez-de-chaussée et dans les niveaux inférieurs de maisons semi-enterrées dans la pente. Toute stratégie visant à éloigner les locaux d'habitation du sol va donc dans le sens d'une protection contre le radon. Exemples:

Aménager des caves en locaux d'habitation

Dans les nouveaux bâtiments, des mesures préventives permettent de garantir que les concentrations de radon ne sont nulles part excessives, y compris dans les caves non habitées. Une éventuelle réaffectation de ces locaux ne pose donc pas de problème. Il n'en va pas de même dans le cas de rénovations ou de transformations de caves situées dans des bâtiments existants n'ayant pas fait l'objet de mesures préventives.

Eviter des cages d'escalier ouvertes jusqu'au niveau de la cave

Des cages d'escalier ouvertes jusqu'au niveau de la cave permettent à l'air riche en radon infiltré dans la cave de se répandre dans tout le bâtiment. Les cages d'escalier devraient être fermées par une porte étanche à au moins un endroit. Idéalement, on disposera l'escalier de la cave à l'extérieur du bâtiment.

Adapter le taux d'occupation à l'exposition au radon

Bien souvent, l'affectation des locaux implique des temps de séjour très différents d'une pièce à l'autre, ces temps étant, dans certaines pièces, nettement inférieurs à ceux dans les locaux d'habitation. Les locaux exposés au radon ou présentant une concentration de radon moyenne à élevée seront donc affectés de préférence comme chambre d'hôte, bureau, atelier, etc.

4.2 Isolation thermique et étanchéité à l'air

La protection des locaux d'habitation contre le froid et les courants d'air fait partie des fonctions essentielles des bâtiments. Un bâtiment conçu et construit ou rénové dans les règles de l'art devrait comprendre une couche d'isolation thermique et une couche d'étanchéité à l'air formant une enveloppe continue autour des locaux à protéger. Le plus souvent, l'isolation thermique et l'étanchéité à l'air sont combinées et sont réalisées par un seul et même élément de la construction, par exemple les murs extérieurs ou les fenêtres. Au niveau de la cave, la situation n'est toutefois bien souvent pas aussi simple. La couche d'isolation peut se trouver sous le radier, bien que la cave ne soit pas chauffée, ou elle est fixée au plafond de la cave alors que le fond de la cage d'escalier et les murs extérieurs ne sont pas isolés. Une couche d'étanchéité à l'air est rarement présente au niveau de la cave.

Un assainissement lié au radon constitue une bonne occasion de réaliser une couche d'isolation thermique et d'étanchéité à l'air continue entre les locaux chauffés et non chauffés. Sachant que le radon se propage avec l'air, l'étanchéité à l'air et la protection contre le radon peuvent souvent être obtenues au moyen des mêmes mesures constructives, et cela quelles que soient les autres mesures destinées à abaisser la concentration de radon. Les deux types de mesures ne devraient toutefois en aucun cas réduire l'efficacité de l'isolation thermique.

4.3 Passages de conduites

Tout passage de conduite à travers des parties du bâtiment en contact avec le terrain représente un point d'entrée potentiel de radon, et cela même si la conduite a été coulée dans le béton ou le passage étanché au moyen de mastic à élasticité permanente.

Les conduites d'introduction d'eau ou de gaz, les conduites de mazout provenant de citernes enterrées, etc. devraient si possible être introduites à travers les murs et non à travers le radier. Au niveau des passages à travers les murs, il est souvent possible d'assurer une bonne ventilation depuis la surface (remplissage de la fouille au moyen de gravier, plaques de drainage). Il en va de même pour les conduites de petit diamètre telles que l'électricité, le téléphone ou le télé-réseau. Souvent, ces câbles passent à travers des tubes ouverts (non colmatés). Le fait de réaliser les passages à travers les murs et non à travers le radier ne dispense pas de les colmater.

L'évacuation des eaux usées ne devrait entraîner qu'un minimum de passages à travers le radier. Cette exigence s'applique aussi au niveau de la disposition des salles d'eau dans les étages supérieurs ainsi qu'à la possibilité de rassembler les conduites de chute au-dessus du niveau du radier sans provoquer de problèmes d'écoulement. Les fouilles réalisées pour les conduites d'eaux usées représentent un volume de terrain important et fonctionnent souvent comme de véritables "collecteurs" de radon. Au niveau de la conception des conduites d'eaux usées sous le radier, on prévoira donc un minimum de conduites, si possible non ramifiées.

Les sondes pour pompes à chaleur représentent des collecteurs de radon particulièrement efficaces. De telles sondes ne devraient jamais être réalisées sous le radier, mais à bonne distance du bâtiment. Les passages des conduites pourront ensuite être étanchés relativement aisément, tandis que le radon collecté pourra être évacué en surface.

4.4 Aération naturelle du sol

L'air se trouvant dans le sol, et qui y est enrichi en radon, provient lui aussi de l'atmosphère. Cet air est constamment renouvelé, de façon naturelle. Il est donc judicieux de favoriser ce renouvellement à l'extérieur des murs et radiers en contact avec le sol. Si le remblai de fondation (relativement perméable) sous le bâtiment est mis en communication de manière ciblée avec les remblais latéraux, eux aussi perméables, on augmente le renouvellement naturel de l'air dans le sol situé sous le bâtiment, ce qui réduit la concentration de radon dans cet air.

5. Protection contre le radon par des mesures d'étanchéité

Le radon s'infiltré dans le bâtiment depuis le sol. Avant de définir quelles parties du bâtiment il y a lieu de protéger contre les infiltrations de radon, au moyen de quelles mesures et de quels matériaux, il faut commencer par concevoir la couche d'étanchéité. Comme pour l'isolation thermique, la couche d'étanchéité entre le bâtiment et le terrain doit être parfaitement continue. Il peut également être judicieux de prévoir une seconde couche d'étanchéité, par exemple entre la cave et les locaux d'habitation, en plus de l'étanchéité primaire (entre le bâtiment et le terrain). Souvent, le travail conceptuel met en évidence des points faibles (escalier ouvert menant à la cave, sol de cave en terrain naturel, etc.) qu'il s'agira de prendre en compte au niveau de la conception pour les bâtiments à construire, ou de traiter en priorité dans le cas des rénovations.

5.1 Infiltration ponctuelle ou diffusion?

Le radon peut s'infiltrer dans le bâtiment de deux manières:

- en pénétrant dans le bâtiment avec l'air du sol, à la faveur de points faibles localisés ou de passages non étanches dans les parties du bâtiment en contact avec le terrain ;
- en diffusant à travers le radier et les murs.



Fig. 5.1: Infiltration d'air du sol riche en radon à la faveur de passages non étanches (à gauche) et diffusion de radon à travers le radier et les murs.

Dans le cadre de la protection pratique contre le radon dans les bâtiments existants et de la prévention dans les bâtiments à construire, les infiltrations par des points faibles localisés représentent un aspect particulièrement important. La diffusion de radon est décrite brièvement, afin de montrer dans quels cas elle peut avoir une certaine importance.

La diffusion de radon est comparable à la diffusion de vapeur d'eau, bien connue dans la construction. Dans le cas de la diffusion du radon, le problème n'est toutefois pas lié aux dégâts matériels causés au bâtiment, comme c'est le cas pour la vapeur d'eau, mais à l'apport indésirable de radon.

Seuls quelques rares matériaux sont parfaitement étanches aux gaz, p.ex. certains métaux et le verre. L'étanchéité aux gaz dépend de la densité des matériaux, mais aussi des propriétés du gaz en question, et notamment de la dimension de ses atomes. L'étanchéité à la vapeur d'eau de matériaux de construction, de feuilles et de bandes d'étanchéité n'est donc pas valable pour le radon, même si elle donne une indication utile.

Dans le cas du radon, il faut également tenir compte d'un aspect particulier : lorsque la durée de diffusion moyenne du radon à travers un élément de construction excède quelques jours, la désintégration radioactive a lieu essentiellement à l'intérieur de l'élément en question. Les produits de désintégration n'étant pas gazeux, ils restent piégés dans cet élément de construction et ne constituent donc plus un danger pour la santé.

La notion d'"étanchéité au radon" n'est pas normalisée. G. Keller propose de considérer un matériau comme étanche au radon lorsque la longueur de diffusion est inférieure à un tiers de l'épaisseur du matériau. On trouve sur le marché différentes bandes et feuilles d'étanchéité répondant à cette définition de l'étanchéité au radon (voir tableau 5.1). Une telle étanchéité n'est bien entendu plus assurée si la membrane ou le revêtement présente des fissures ou n'est pas raccordé de façon étanche. Sur ce point, il y a lieu de faire des réserves quant aux matériaux relativement cassants.

Matériau	Epaisseur mm	Etanchéité au radon
Feuilles d'étanchéité		
PEHD	1,5	oui
PVC armé	1	oui
Polymères bitumineux	3,8	oui
Peintures, revêtements		
Peintures synthétiques	0,2	non
Résines époxy	3	oui
Matériaux de construction		
Béton armé	100	partiellement
Briques silico-calcaire	150	non
Plâtre	100	non
Terre cuite	150	non

Tableau 5.1: Etanchéité au radon de divers matériaux de construction (en l'absence de fissures et autres défauts).

En résumé:

La diffusion de radon n'est pas une source importante de radon dans le bâtiment. Même lorsque la concentration de radon est importante dans l'air du sol (>20'000 Bq/m³), que le sol présente une porosité élevée (gravier) et que le bâtiment est réalisé en matériaux relativement perméables au radon (murs en pierres et radier en béton), la diffusion de radon n'entraîne qu'une faible augmentation de ce dernier dans les locaux (de l'ordre de quelques dizaines de Bq/m³ au maximum).

Conclusion: on concentrera son attention sur l'étanchéité à l'air

Les éléments d'étanchéité (parties de la construction, bandes d'étanchéité) ne seront choisis étanches à la diffusion de radon que si la concentration de radon dans le sol et la perméabilité du sol sont très élevées. Le tableau 5.1 donne quelques indications sur la résistance à la diffusion de radon de divers matériaux de construction.

5.2 Points de passage du radon

L'infiltration, dans le bâtiment, d'air du sol riche en radon se fait principalement à la faveur de fissures ou autres points faibles dans les parties de la construction en contact avec le terrain. S'il n'est pas possible d'étancher suffisamment ces parties, il pourra être nécessaire de séparer les locaux d'habitation de la cave chargée en radon. Les points faibles peuvent être de nature très différente:

- fissures et joints dans le radier et les murs ;
- passages de câbles (notamment à travers des tubes) et de conduites;
- passages des conduites d'eaux usées ;
- ouvertures de contrôle ;
- soupiraux et autres ouvertures (sautes-de-loup) dans les murs du sous-sol;
- cheminées ;
- grandes surfaces telles que des sols de cave en terrain naturel, en gravier
- parties de construction perméables (p.ex. planchers sur poutres, hourdis, murs en pierres).

L'étanchement de bâtiments existants ainsi que la conception de bâtiments à construire étanches au radon se fera toujours sur la base de stratégies multiples, afin de traiter spécifiquement les différents problèmes d'étanchement. Les mesures suivantes sont envisageables:

- établissement d'une étanchéité entre le bâtiment et le terrain, au moyen de feuilles d'étanchéité;
- pose de bandes d'étanchéité et application de revêtements imperméables dans et sur des parties du bâtiment;
- étanchement de joints, fissures, trous et percements;
- étanchement d'ouvertures (portes, fenêtres, trappes, couvercles, etc.).

Les expériences réalisées jusqu'ici ont montré que l'efficacité des mesures d'étanchement est relativement variable, notamment dans le cas des assainissements. Il faut toujours s'attendre à ce que l'efficacité escomptée ne puisse être atteinte dans la pratique. Les mesures d'étanchement doivent par conséquent toujours être conçues de manière très prudente et mises en œuvre avec le plus grand soin. Souvent, elles n'amènent les résultats souhaités qu'en combinaison avec des mesures de ventilation.

Les mesures d'étanchement seules ne s'avèrent suffisantes que pour des concentrations inférieures à 1000 Bq/m³, mais dans tous les cas elles améliorent l'efficacité des autres mesures pour lutter contre le radon.

5.3 Dispositions constructives et mise en œuvre de mesures d'étanchéement

Les dispositions constructives présentées dans les paragraphes suivants donnent un aperçu des mesures constructives possibles. Dans ce domaine, on trouvera de nombreux produits sur le marché. Les différentes solutions seront examinées de manière détaillée de cas en cas, en fonction du problème spécifique à traiter. Etant donné que le radon est incolore et inodore, et que les défauts d'étanchéité ou la diminution de l'étanchéité n'apparaissent pas immédiatement, comme c'est le cas pour l'étanchéité à l'eau, on accordera une attention particulière à la qualité et à la durabilité des mesures d'étanchéement. La fonctionnalité des revêtements d'étanchéité extérieurs devrait notamment être assurée pendant de nombreuses décennies. Ces matériaux ne doivent pas se dégrader.

5.3.1 Etanchéité entre le bâtiment et le terrain (bâtiments à construire)

La pose d'une membrane d'étanchéité sous le radier (dans la fouille, avant le bétonnage du radier) est une technique de prévention connue et efficace non seulement contre l'humidité, mais aussi contre l'infiltration de gaz, p.ex. dans les bâtiments construits au-dessus de décharges. Cette technique peut également être utilisée comme mesure de protection contre l'infiltration du radon.

Les parties du bâtiment réalisées de manière étanche à l'eau sont également étanches au radon. Dans les régions où le niveau de la nappe phréatique est à faible profondeur, les bâtiments sont par conséquent généralement aussi protégés contre le radon. Dans les régions à concentration accrue de radon et dont le sol est perméable, on pourra donc utiliser les techniques de construction destinées à assurer l'étanchéité à l'eau. Ces techniques ne comprennent pas seulement des étanchements de surfaces, mais aussi des éléments de construction spéciaux et des dispositions constructives particulières pour les passages de conduites, les joints de dilatation, etc.

L'application généralisée de revêtements étanches aux gaz sur les surfaces externes du bâtiment en contact avec le terrain est justifiée lorsque

- le projet de construction se trouve dans une région à concentrations accrues de radon ;
- les murs en contact avec le terrain ne sont pas réalisés en béton armé de manière continue.

En dehors des régions à concentrations accrues de radon, les murs en béton armé de manière continue dans les parties en contact avec le terrain offrent une sécurité suffisante contre le radon provenant du sol. L'étanchéement du radier peut être réalisé au moyen de revêtements en polymères bitumineux ou en plastique. Afin d'assurer une conception et une exécution conformes des membranes d'étanchéité sous le radier, il est indispensable de faire appel à des spécialistes ou à des conseillers des différentes marques.

Ci-après, nous ne présentons pas l'ensemble des possibilités constructives des techniques d'étanchéement, mais uniquement les aspects particuliers déterminants pour la protection contre le radon.

Etanchéité extérieure par membranes d'étanchéité

Des feuilles d'étanchéité sont posés dans le fond de la fouille avant le coulage du radier. Elles sont ensuite remontées le long des murs extérieurs. Les plaques et conduits de drainage sont disposés à l'extérieur de cette étanchéité. Le type de support des feuilles (mise en forme,

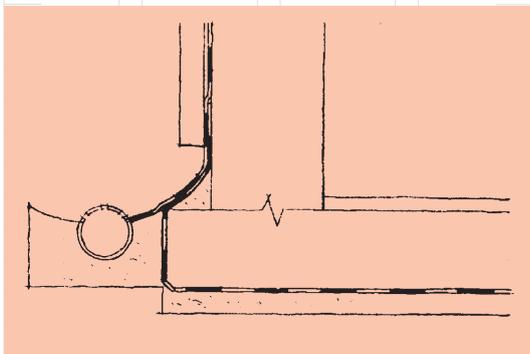
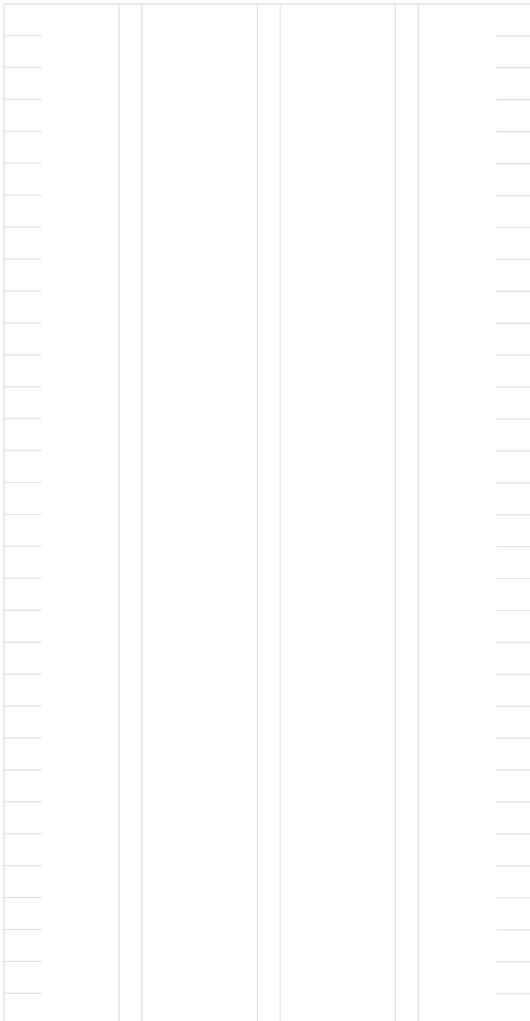


Fig. 5.2: Etanchéité extérieure par membranes d'étanchéité sous radier (bâtiments à construire).

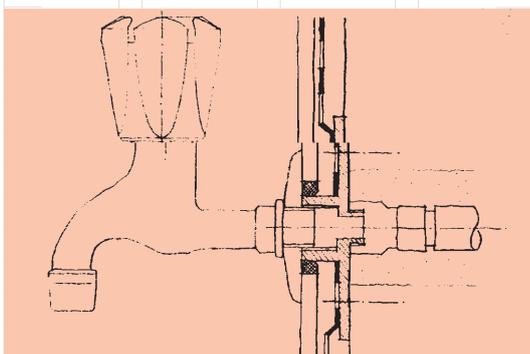


Fig. 5.3: Raccordement correct des membranes d'étanchéité aux percements, ici dans le cas d'un point d'eau, p.ex. dans une buanderie.

sable, béton maigre avec couche de séparation, etc.), de même que les charges différentielles admissibles doivent être déterminés d'entente avec le fournisseur du matériel et l'entreprise exécutant les travaux. Les fondations par radier sont à préférer aux fondations à semelles isolées ou continues. Dans les régions à concentration accrue de radon, on ne devrait utiliser que des fondations par radier. Dans le cas des fondations à semelles isolées ou continues, on veillera à ne pas endommager les feuilles d'étanchéité en évitant les rayons de courbure trop faibles.

Isolation périphérique

L'isolation thermique extérieure est une solution constructive qui a fait ses preuves. La cave peut être alors chauffée ou non ; dans ce dernier cas, elle fait office de tampon entre le terrain et les locaux chauffés. La technique habituelle consistant à bétonner le radier sur un matériau isolant résistant à la compression (verre cellulaire ou polystyrène extrudé) ne pose aucun problème en ce qui concerne le radon. Dans les régions à concentration accrue de radon, on devrait prévoir, là aussi, des membranes d'étanchéité à coller contre l'isolation périphérique des murs extérieurs (sous les plaques drainantes).

5.3.2 Etanchéité intérieure

Dans les bâtiments à assainir, des couches d'étanchéité ne peuvent généralement être posées qu'à l'intérieur. Le plus souvent, la pose d'une étanchéité intérieure implique toutefois un nombre nettement plus élevé de passages et de raccordements (p.ex. aux cloisons intérieures, escaliers, etc.), qui sont autant de points faibles potentiels. Dans les bâtiments à construire, on évitera par conséquent autant que possible la pose d'étanchéités intérieures. A côté des feuilles d'étanchéité, il existe également, pour ce domaine, des revêtements à appliquer à l'état liquide ou pâteux.

Les mesures d'étanchement seules ne s'avèrent suffisantes que pour des concentrations inférieures à 1000 Bq/m^3 , mais dans tous les cas elles améliorent l'efficacité des autres mesures pour lutter contre le radon.

Le principe selon lequel ce qui est efficace contre l'humidité l'est aussi contre le radon est également valable pour les systèmes d'étanchéité intérieurs. Les mastics d'étanchéité cassants ne conviennent pas pour étancher des joints de dilatation, et les feuilles d'étanchéité ne sont efficaces que s'ils sont posés soigneusement et collés ou soudés de manière parfaitement continue. Mais il existe aussi des mesures d'assainissement contre le radon utilisables à l'intérieur qui sont indépendantes des mesures de lutte contre l'humidité. Dans les parties du bâtiment isolées thermiquement sous le niveau du sol, le pare-vapeur peut également assurer une certaine protection contre le radon.

Utilisation de feuilles d'étanchéité contre l'humidité comme mesure de protection contre le radon

Il existe différents systèmes et dispositions constructives à base de feuilles d'étanchéité utilisés contre la pénétration de l'humidité. Ils sont également efficaces contre la pénétration du radon. Les points importants pour la prévention de l'humidité sont également déterminants pour une protection efficace contre le radon : collage soigné des raccords et raccordement soigné à tous les percements (éléments de construction, conduites, etc.).

Les feuilles d'étanchéité doivent être posés sur la face intérieure du bâtiment. Dans ce cadre, on veillera à ne pas endommager les membranes par des éléments de fixation inappropriés. De plus, on accordera

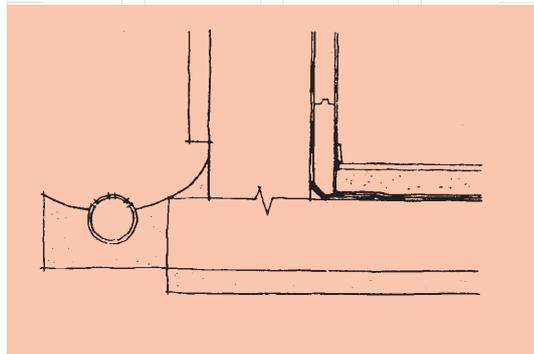
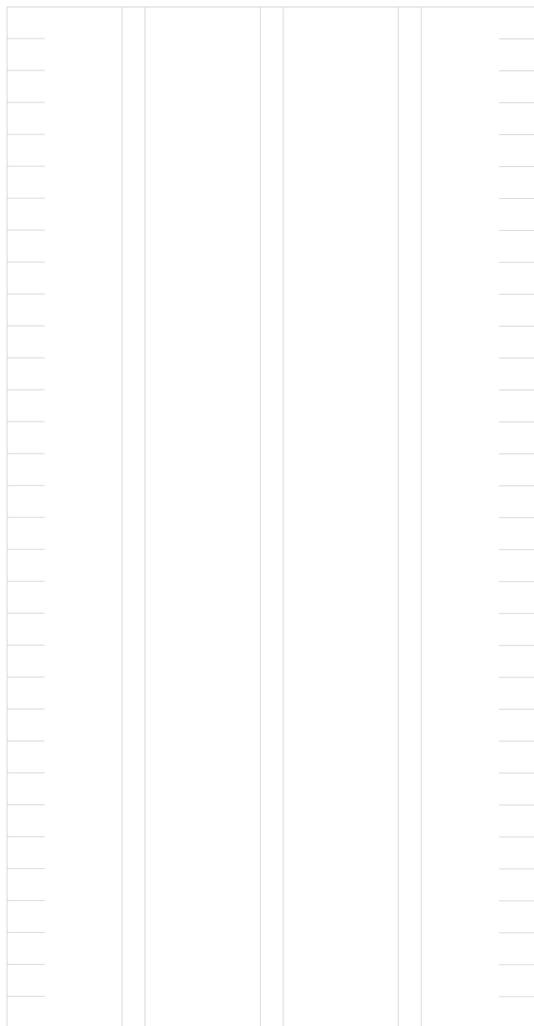


Fig. 5.4 : Etanchéité intérieure par feuilles d'étanchéité.

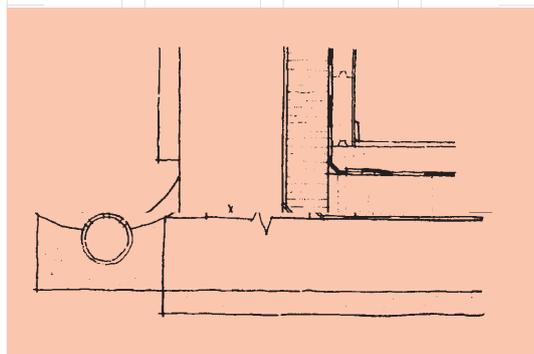


Fig. 5.5: Isolation thermique ultérieure de sols et de murs de cave, avec pare-vapeur fonctionnant également comme étanchéisation contre le radon.

une attention particulière au raccordement (collé) des bandes au plafond de la cave, ce qui est souvent compliqué et peu sûr dans le cas de constructions légères (planchers sur poutres).

Pare-vapeur

Lorsque les parties du bâtiment en contact avec le terrain sont isolées thermiquement, on prévoira, du côté chaud de l'isolation, un pare-vapeur ou un élément de construction suffisamment étanche à la vapeur d'eau, afin d'éviter toute condensation dans la construction. Les éléments de construction étanches ou offrant une forte résistance à la vapeur d'eau (couche d'air équivalente de plus de 10 cm) constituent également une barrière efficace contre le radon, même si la perméabilité au radon et à la vapeur d'eau ne sont pas identiques. Le montage parfaitement continu de l'élément pare-vapeur est toutefois nettement plus important pour la protection contre le radon que pour la protection contre l'humidité.

Revêtements d'étanchéité

On utilise également, contre la pénétration d'humidité, des revêtements à appliquer à l'état liquide ou pâteux. Ils sont également efficaces contre la pénétration de radon tant qu'ils ne sont pas fissurés ni endommagés. Ce contrôle est toutefois difficile. Les défauts d'étanchéité n'apparaissant pas en l'absence d'humidité, ils ne peuvent pas être réparés et ne protègent pas les locaux contre une concentration accrue de radon. De plus, ils ne peuvent être posés que dans des conditions favorables, notamment sur un support résistant et sans joints de dilatation. Il en va de même pour l'application de revêtements intérieurs relativement denses comme du carrelage, des tapisseries imperméables (papier sur feuille d'aluminium) ou des revêtements liquides imperméables (p.ex. vernis de caoutchouc chloré). Ces revêtements peuvent cependant être utiles comme mesure d'appoint.

Les injections, telles qu'elles sont utilisées contre les problèmes d'humidité dans les murs anciens, n'ont pas permis, à ce jour, d'obtenir de résultats satisfaisants en matière de protection contre le radon.

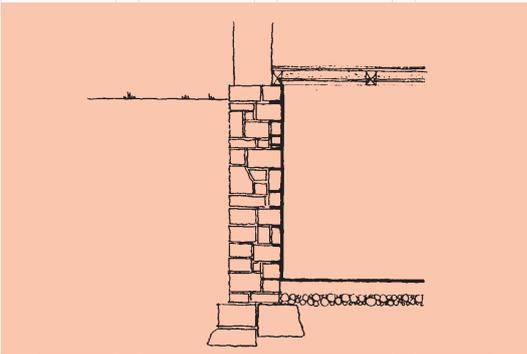


Fig. 5.6 : Revêtements à appliquer à l'état liquide ou pâteux.

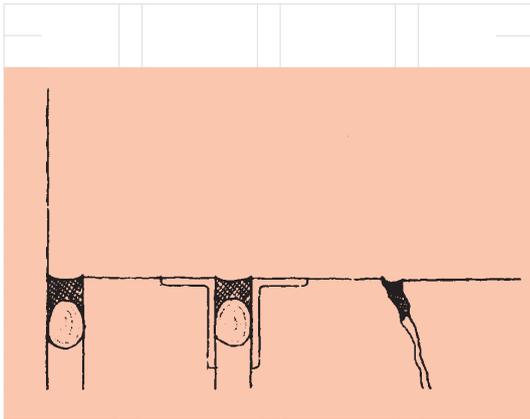


Fig. 5.7: Etanchéisation correcte de fissures au moyen de mastic à élasticité permanente.

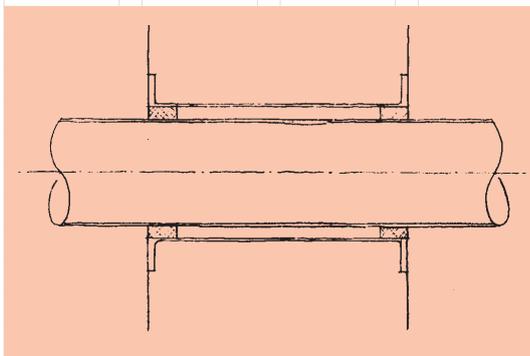


Fig. 5.8: Tube pour le passage d'une conduite à travers un mur.

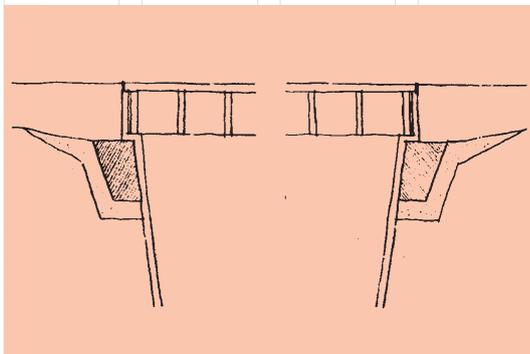


Fig. 5.9: Etanchéisation d'une grille de sol.

Etanchement de plafonds de cave

Lorsque la concentration de radon dans la cave ne peut pas être suffisamment abaissée, les plafonds séparant cette cave des locaux d'habitation doivent être étanchés. Les dalles en béton armé peuvent être considérées comme suffisamment étanches au radon. Dans le cas des anciens plafonds en dur, il est possible que des joints localement non étanches entre le plafond et le mur doivent être colmatés. Dans le cas des planchers sur poutres, on examinera quelle couche ou quel élément de construction assure l'étanchéité à l'air et au radon ; on examinera également l'étanchéité de tous les raccords.

5.3.3 Etanchement de percements, passages et fissures

L'étanchement de sols, de plafonds et de murs n'est efficace que si le grand nombre de percements intentionnels ou non sont étanchés dans les règles de l'art. Ci-après, on présente quelques recommandations quant aux différentes possibilités d'étanchement applicables de manière générale ou particulièrement indiquées dans le cadre de la protection contre le radon. On trouve actuellement sur le marché une grande quantité de matériaux d'étanchement, à la qualité et à la durée de vie desquelles on accordera autant d'attention qu'à leur mise en œuvre correcte.

Mastics à élasticité permanente

Les mastics à élasticité permanente conviennent pour l'étanchéisation de fissures et de petites perforations ainsi que des raccords (p.ex. autour de passages de conduites), y compris pour les matériaux soumis à des mouvements de faible amplitude (p.ex. dilatation thermique). En fonction des conditions locales, on utilisera différents matériaux à élasticité permanente (mastics à base de silicone, acryliques, polysulfurés, etc.). Les lèvres des fissures doivent être nettoyées et éventuellement agrandies, pour assurer une adhérence optimale du mastic. Il peut aussi arriver que le fond des fissures doive être colmaté pour assurer une application optimale du mastic. En fonction de l'état initial des fissures et du matériau, d'autres travaux préparatoires peuvent également s'avérer nécessaires (rectification des lèvres, application d'une couche d'accrochage, etc.).

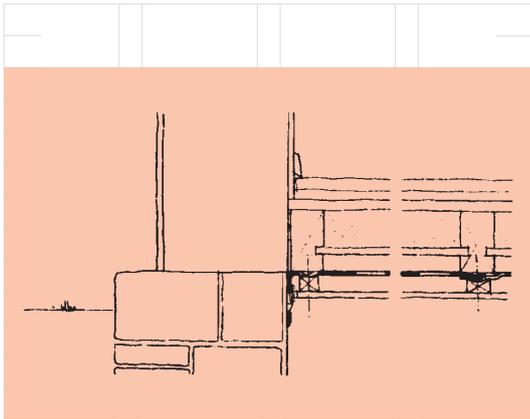


Fig. 5.10: Raccordements d'une étanchéité sous plafond.

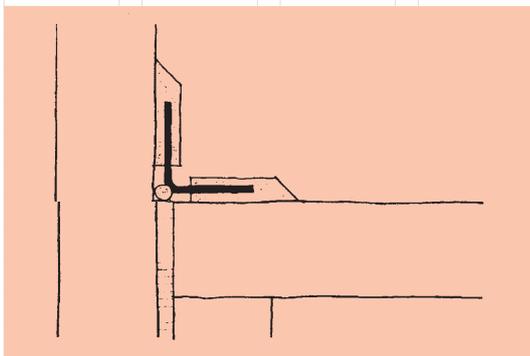


Fig. 5.11: Recouvrement de joints de dilatation.

Bandes élastiques autocollantes

Les bandes élastiques autocollantes sont particulièrement indiquées pour le raccordement étanche d'éléments de construction, par exemple de feuilles d'étanchéité à des plafonds ou de revêtements de sol à des panneaux muraux, de même que pour le recouvrement de joints de dilatation.

Les bandes autocollantes simple face ne conviennent généralement pas pour réaliser un raccord durablement étanche. Des bandes autocollantes double face, p.ex. en butyle, devraient si possible être maintenues mécaniquement sous pression à l'endroit du collage. Les bandes en butyle permettent ainsi de raccorder deux feuilles d'étanchéité en polyéthylène sous un lattage maintenant le collage sous pression. Ces bandes autocollantes ne devraient en aucun cas être soumises à des tractions, même pas du poids propre des feuilles qu'elles assemblent.

Les bandes de recouvrement à appliquer au moyen de colles liquides ou pâteuses sont particulièrement efficaces.

Passage de conduites à travers des tubes

Les passages de câbles et de conduites à travers les murs peuvent être réalisés à l'aide de tubes. Ces tubes doivent être soudés ou collés aux lés d'étanchéité de manière parfaitement étanche. L'espace annulaire entre les câbles ou la conduite et le tube doit bien entendu également être colmaté au moyen de mastic à élasticité permanente.

5.3.4 Etanchement de portes, trappes, couvercles, etc.

Lorsque la concentration de radon dans la cave ne peut pas être suffisamment abaissée, p.ex. si on ne veut pas renoncer dans la cave à un sol en terre battue ou si les mesures d'étanchement n'ont pas eu l'efficacité escomptée, les passages menant aux autres parties du bâtiment doivent être étanchés. Ces passages sont généralement constitués par des portes. Il peut s'agir de portes de cave, mais aussi de portes palières donnant sur une cage d'escalier en communication directe avec la cave. D'autres passages possibles sont constitués par les couvercles des regards des conduites d'eaux usées.

La perméabilité des joints est un paramètre défini principalement pour les fenêtres, et qui s'avère également utile dans le cadre de la protection contre le radon. Ainsi, on pourra exiger une perméabilité de $a \leq 0,2 \text{ m}^3/\text{hmPa}^{2/3}$.

Le pouvoir d'isolation phonique d'une porte dépend de l'étanchéité de ses battes et présente donc une bonne étanchéité à l'air et au radon. Comme pour l'isolation phonique, leur pose doit cependant être réalisée dans les règles de l'art et avec un soin particulier. Contrairement aux portes phoniques, les portes coupe-feu ne sont pas particulièrement étanches.

En raison de leur faible résistance au feu, les joints d'étanchéité élastiques ne font pas partie des concepts de lutte contre l'incendie. L'étanchéité aux gaz n'est pas non plus un critère déterminant pour la lutte contre l'incendie.

Si les portes, trappes, couvercles ou éléments similaires doivent être étanches au radon, on tiendra compte des points suivants:

Joints d'étanchéité élastiques

Les joints d'étanchéité élastiques (à lèvres ou creux) sont la seule manière d'étancher correctement des éléments de construction mobiles. Ces joints doivent toutefois être parfaitement adaptés aux battes et être posés correctement et de manière continue sur tout le tour de l'ouverture. En principe, un seul joint continu suffit. Le second joint utilisé pour l'isolation phonique n'est pas nécessaire pour l'étanchéité. Si des concentrations de radon élevées (plus de 1000 Bq/m^3) subsistent dans la cave, et si la porte en question est utilisée fréquemment (porte principale d'accès à la cave), un second joint peut toutefois s'avérer utile.

Lorsque des portes (ou trappes) existantes sont étanchées ultérieurement au moyen de joints élastiques, on veillera à ce que les joints soient placés dans des rainures sur tout le tour de l'ouverture et que la porte soit suffisamment stable, c'est-à-dire qu'elle ne se déforme pas excessivement avec les variations saisonnières d'humidité et de température. Des déformations trop importantes pourraient nuire à l'étanchéité de l'ensemble.

Pour les éléments de construction mobiles, on accordera une attention particulière aux points suivants:

Les joints élastiques perdent leurs propriétés avec le temps et devraient être remplacés, ou au moins contrôlés périodiquement (tous les 5 à 8 ans).

Les portes munies de joints d'étanchéité ne sont étanches que lorsqu'elles sont fermées. Les portes importantes (portes menant à la cave) devraient par conséquent être équipées de ferme-portes automatiques.

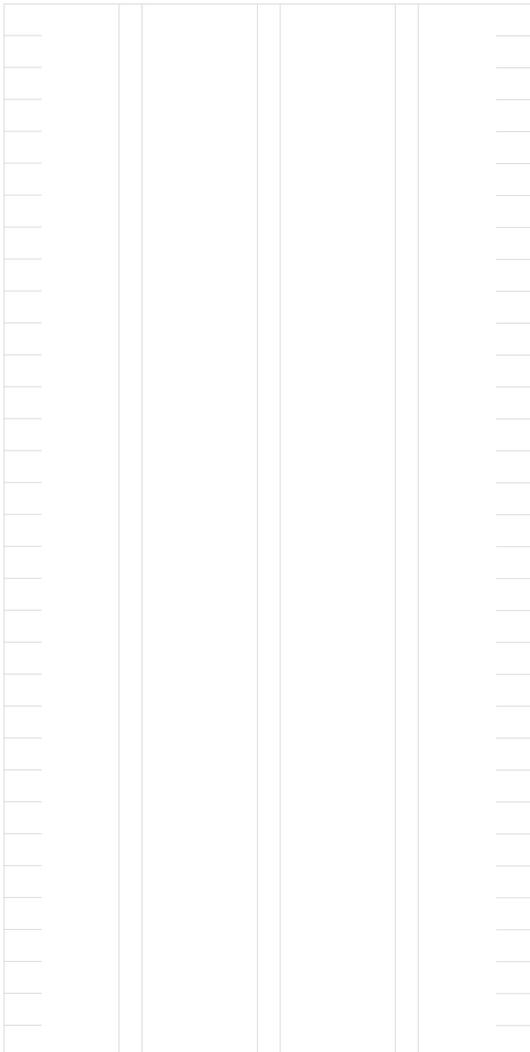


Fig. 5.12: Joints d'étanchéité élastiques posés dans des rainures ou des profilés métalliques.

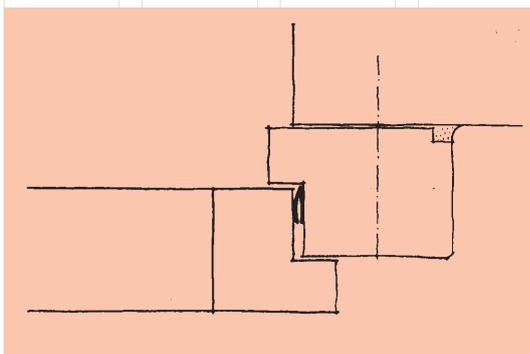


Fig. 5.13: Joints en V à coller ultérieurement dans les battes de portes et de fenêtres.

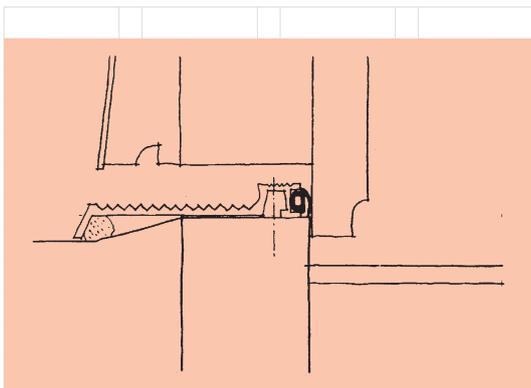


Fig. 5.14: Seuil de porte avec battue et joint d'étanchéité ; convient également pour un montage ultérieur.

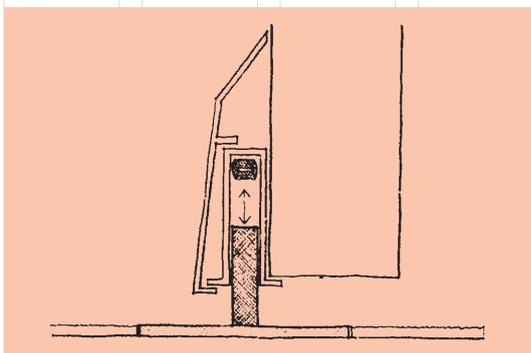


Fig. 5.15: Joint mobile.

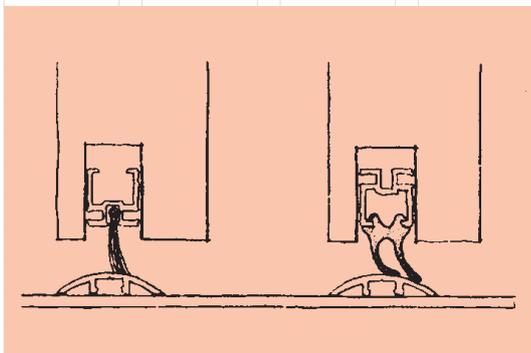


Fig. 5.16 : Les systèmes à base de brosses ou de joints fixes n'offrent pas une étanchéité suffisante.

De simples joints en V à coller ultérieurement dans les battues de portes et de fenêtres permettent déjà d'abaisser considérablement les débits d'air passant par ces ouvertures. En revanche, ils n'apportent pas une étanchéité suffisante dans le cadre de la protection contre le radon.

Seuils

Afin d'assurer une étanchéité suffisante, les seuils de portes devraient si possible être conçus avec une battue munie d'un joint d'étanchéité élastique relié de manière continue aux joints latéraux. Les systèmes à base de brosses ou de joints fixes n'offrent pas une étanchéité suffisante. Les joints mobiles offrent une étanchéité satisfaisante. Les surfaces de contact de ces joints doivent toutefois être parfaitement lisses et planes. On veillera également à assurer une bonne continuité latérale des joints. Dans ce domaine, les exigences liées à l'isolation phonique apportent une certaine protection contre le radon.

Trous de serrure

Les portes de cave équipées de serrures anciennes présentent souvent de grands trous de serrure, qu'il sera également judicieux de modifier dans le cadre d'un assainissement lié au radon.

6. Protection contre le radon par ventilation

L'air du terrain riche en radon ne pénètre dans le bâtiment que si ce dernier est en dépression par rapport au terrain. Cette dépression relative peut avoir plusieurs causes.

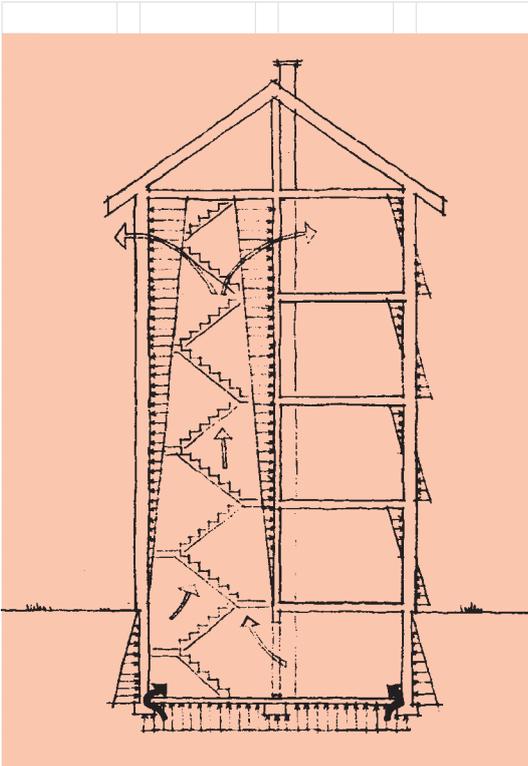


Fig. 6.1: Dépression produite dans le bas d'un bâtiment par la différence de pression (effet de cheminée).

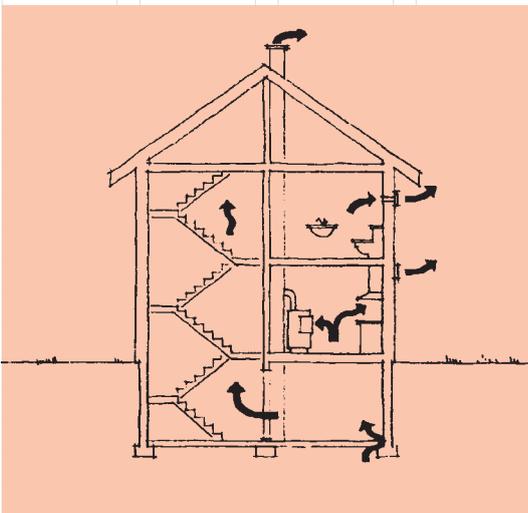


Fig. 6.2 : Les éléments tels que ventilateurs d'extraction, cheminées, etc. provoquent une dépression dans le bâtiment.

Chaque bâtiment est l'objet d'un gradient de pression positif de bas en haut dû aux différences de température. Ce gradient est plus marqué en hiver, et se manifeste à chaque niveau ou sur plusieurs niveaux. Il est renforcé par des gaines techniques, des puits d'ascenseur ou d'aération.

Des installations techniques comme les ventilateurs d'extraction de salles de bains, les hottes de cuisine, les ventilateurs de séchoirs, etc. augmentent la dépression dans le bâtiment en l'absence d'ouvertures assurant un apport suffisant d'air frais.

Le tirage dû aux fourneaux, chaudières et cheminées provoque également une dépression dans le bâtiment, en l'absence d'apport spécifique d'air frais. Ce tirage se manifeste également en l'absence de feu, du fait que les clapets des fourneaux et cheminées sont rarement étanches.

L'influence du vent dépend fortement de la situation du bâtiment et de l'étanchéité de son enveloppe. Le vent peut conduire à une forte aggravation du problème lié au radon.

En fonction de la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment, du vent et de la perméabilité entre les différents niveaux du bâtiment, on peut observer des différences de pression importantes entre le bâtiment et le terrain. Dans un bâtiment de cinq mètres de hauteur et avec une différence de température de 20 °C entre l'intérieur et l'extérieur, une fissure d'un mètre de longueur et d'un millimètre de largeur peut donner lieu à une infiltration d'air de plusieurs mètres cubes par heure. En hiver et dans un bâtiment situé sur le Plateau, le gradient de pression lié aux différences de température est très nettement supérieur au gradient de pression dû au vent. Selon les cas, cela peut entraîner l'aspiration d'air riche en radon de la cave, jusque dans les étages supérieurs. Les vents peuvent jouer un rôle dans les régions où ils apparaissent souvent et régulièrement, par exemple dans certaines pentes ou vallées exposées aux vents thermiques.

Dans ce chapitre, on examine les possibilités de modifier la répartition des pressions dans le bâtiment de manière à éviter l'aspiration d'air riche en radon dans le bâtiment ou dans les locaux d'habitation, réduire cette aspiration ou diluer l'air riche en radon. Dans le cas des bâtiments à construire, on accordera la priorité aux mesures destinées à éviter l'infiltration d'air riche en radon. Dans le cas des bâtiments à assainir, de telles mesures entraîneraient, dans certains cas, des coûts élevés.

Les stratégies de protection contre le radon basées sur la ventilation peuvent être classées en cinq catégories:

- élimination des facteurs créant une dépression;
- mise en dépression du terrain situé sous ou autour du bâtiment;
- mise en surpression du bâtiment;
- évacuation par ventilation de l'air riche en radon de la cave ;
- évacuation par ventilation de l'air riche en radon des locaux d'habitation.

Des concentrations excessives de radon ont été mesurées aussi bien dans des bâtiments étanches que dans des bâtiments non étanches.

Les défauts d'étanchéité dans l'enveloppe du bâtiment entraînent une augmentation des échanges d'air, et par conséquent une certaine diminution de la concentration de radon, par dilution. Ces défauts d'étanchéité peuvent toutefois également conduire à une dépression plus prononcée dans les locaux en contact avec le terrain, provoquant un afflux accru d'air riche en radon. Dans ce cas, la situation en matière de radon n'est globalement pas améliorée. Ce qui est déterminant, c'est bien plus la répartition des pressions à l'intérieur du bâtiment, telle qu'elle est déterminée par la disposition des locaux d'habitation par rapport aux locaux en contact avec le sol, par les communications entre ces locaux, ainsi que par la perméabilité entre les différents niveaux, à travers les planchers, les cages d'escalier ouvertes, les gaines techniques, les puits d'aération ou les installations de ventilation. Des étanchements au bon endroit, c'est-à-dire dans la partie supérieure du bâtiment, réduisent la dépression dans la cave. Un apport d'air frais au niveau du rez-de-chaussée a le même effet. Dans bien des cas, il suffit de créer des ouvertures permanentes ou de s'assurer que les vides sanitaires ou la cave soient bien ventilés.

Lorsqu'on utilise des ventilateurs, on parle d'un système de ventilation mécanique. Si l'air riche en radon est évacué au niveau du toit, on pourra éventuellement renoncer à un ventilateur et utiliser le tirage naturel. Les systèmes actifs ont deux désavantages:

- Ils ont besoin d'énergie électrique. Un ventilateur de 30 watts de puissance continue consomme environ 260 kilowattheures par an.

- Ils requièrent un entretien, et leur durée de vie est nettement inférieure à celle du bâtiment. Dans le cas des systèmes actifs, il faut toujours s'attendre à ce qu'ils puissent être en panne pour une raison ou une autre, notamment lorsqu'une panne n'entraîne aucune conséquence visible.

Des systèmes de ventilation mécanique ne devraient être mis en œuvre que dans le cadre d'une deuxième étape, lorsque les systèmes passifs n'apportent pas l'efficacité voulue. En fonction de la situation initiale, il peut être judicieux de tenir compte, dès la première phase, de l'installation éventuelle d'un système actif dans une deuxième phase.

6.1 Elimination de la dépression

La différence de pression entre les locaux en contact avec le terrain et celui-ci est le moteur de l'infiltration d'air riche en radon. Il est donc parfaitement logique de commencer par rechercher les facteurs responsables de cette dépression relative, puis de chercher à les éliminer autant que possible. Dans le cas des nouveaux bâtiments, cette démarche se fera au niveau de la conception déjà, mais devra également se poursuivre durant l'exécution des travaux. Dans le cas des bâtiments existants, ces mesures peuvent aller de simples dispositions relatives à l'exploitation à des mesures constructives d'une certaine importance.

Création d'ouvertures pour l'apport d'air frais

Dans les locaux munis de ventilateurs d'extraction et qui ne sont pas équipés d'ouvertures pour l'apport d'air frais, on peut observer des dépressions de 20 Pa et plus. Dans certains cas, cette dépression peut se répercuter jusqu'aux parties de la construction en contact avec le terrain et entraîner une aspiration de l'air du sol riche en radon. Les ouvertures pour l'apport d'air frais disposées au-dessus de la surface du sol et équipées de clapets représentent certes une amélioration par rapport à des installations d'extraction sans apport d'air frais, mais ne sont pas appropriées aux régions à radon, dans la mesure où une

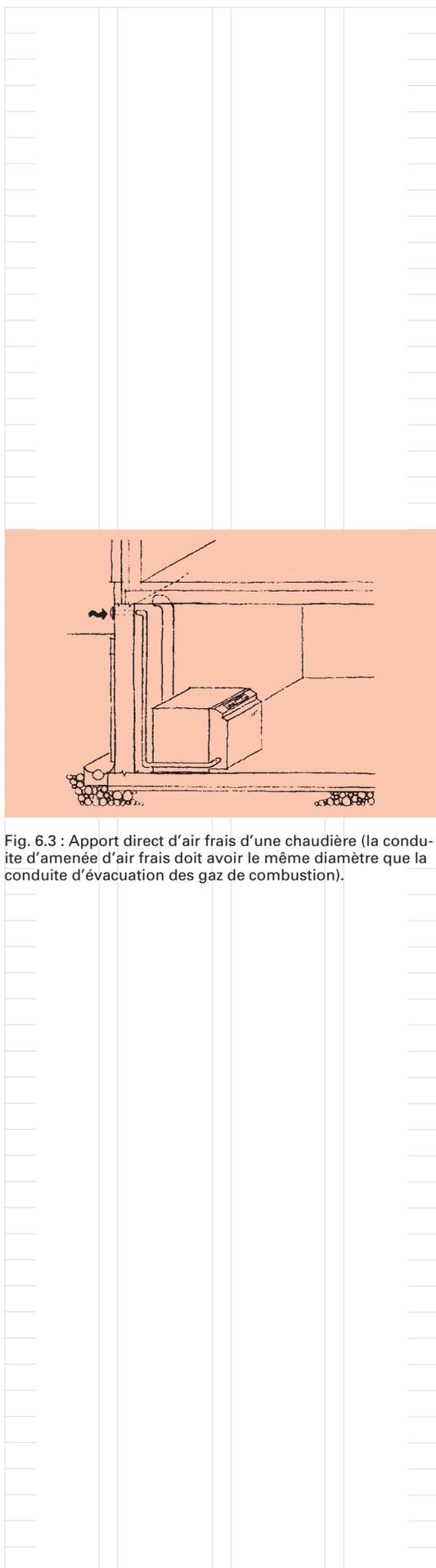


Fig. 6.3 : Apport direct d'air frais d'une chaudière (la conduite d'amenée d'air frais doit avoir le même diamètre que la conduite d'évacuation des gaz de combustion).

dépression est nécessaire pour les ouvrir. Lors d'assainissements, on veillera au moins à dimensionner largement ces ouvertures. Ces mesures devraient, de plus, être combinées à d'autres mesures destinées à augmenter l'étanchéité entre les locaux ventilés et les locaux en contact avec le terrain.

Etanchement des gaines techniques et des conduits de cheminée au niveau de la cave

Afin de réduire le tirage des gaines techniques et des conduits de cheminée partant de la cave et s'étendant sur plusieurs étages, on peut appliquer deux mesures, séparément ou en combinaison:

- Exécution étanche des gaines techniques et des conduits de cheminée au niveau de la cave. Cela n'est toutefois possible que s'il n'est pas nécessaire de monter des clapets de régulation de la pression, des purges ouvertes pour l'eau de condensation, etc. dans le bas du conduit de cheminée.

- Exécution des gaines techniques et des conduits de cheminée avec un apport d'air frais (avec siphon). Lorsque cela n'est pas possible, des ouvertures largement dimensionnées entre la cave et l'extérieur permettent de réduire la dépression dans la cave, par rapport à l'air dans le sol. Ces ouvertures arrivant au niveau du sol de la cave seront également munies de siphons, afin d'éviter un refroidissement excessif de la cave.

Apport direct d'air frais pour poêles, chaudières et cheminées

Les fourneaux (en fonte, en pierre oïlaire, suédois, etc.), chaudières et cheminées se trouvant dans des locaux d'habitation utilisent l'air chaud ambiant comme air de combustion, ce qui provoque une dépression dans ces locaux. Ces fourneaux devraient être équipés d'un apport direct d'air frais. Dans les autres locaux également, l'apport direct d'air pour les chaudières correspond à l'état actuel de la technique et devrait aller de soi.

Clapets étanches dans les conduits de cheminée

Pour des raisons de sécurité, les clapets des conduits de cheminée ne sont normalement pas étanches. Ils ne permettent donc pas d'empêcher le tirage dans ces conduits, ni la dépression qui lui est liée. Les établissements cantonaux d'assurance incendie compétents peuvent autoriser des clapets de cheminée étanches pour des feux utilisés seulement pendant de courtes durées et surveillés en permanence. Cette disposition peut s'appliquer aux cheminées et fourneaux isolés existants ou nouveaux, mais pas aux fourneaux de cuisine, ni aux chaudières de chauffages centraux.

Dans les régions à concentrations accrues de radon, on ne devrait utiliser que des clapets étanches. Dans ces régions, les cheminées et poêles d'appartement doivent absolument être équipés de clapets étanches, après consultation des services compétents.

6.2 Mise en dépression du sol situé sous le bâtiment

Avec cette technique, on extrait passivement ou activement (au moyen de ventilateurs) l'air riche en radon se trouvant dans le terrain sous le bâtiment. Pour cela, on dispose de deux méthodes bien distinctes:

- Aération des vides sanitaires ou des remblais très perméables. L'air frais remplaçant l'air extrait abaisse la concentration de radon dans l'air par dilution. Pour cela, il faut toutefois que des ouvertures suffisamment grandes permettent à l'air frais de pénétrer dans les vides sanitaires ou les remblais.

- Création d'une dépression (par rapport à la pression atmosphérique dans la cave) dans les vides sanitaires ou les remblais sous le

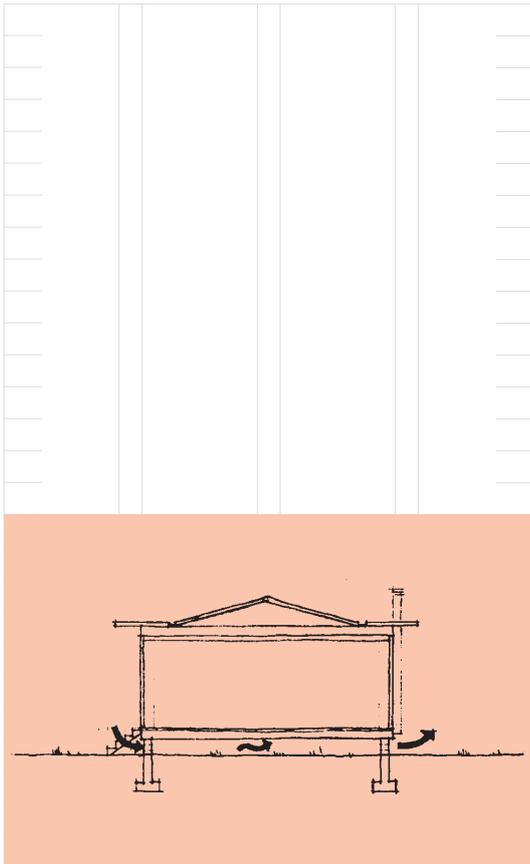


Fig. 6.4 : Ventilation de vides sanitaires sous le bâtiment.

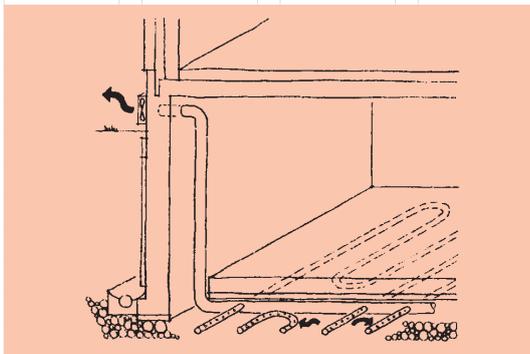


Fig. 6.5 : Mise en dépression du sol sous le bâtiment au moyen d'un système de tubes perforés.

bâtiment. Cette dépression empêche l'air du sol de pénétrer dans la cave. Dans ce cas, il faut que le terrain soit relativement compact et peu perméable pour pouvoir créer une dépression au moyen de débits d'air et de puissances d'extraction réduits.

En fonction des conditions locales, on choisira l'une ou l'autre de ces méthodes. Il peut aussi arriver que l'on ait prévu l'une de ces stratégies, mais que les conditions locales conduisent à préférer l'autre. Si, par exemple, le terrain ou les remblais s'avèrent tellement perméables que la dépression prévue ne peut pas être réalisée avec des moyens raisonnables, on optera pour la méthode basée sur la ventilation. Dans bien des cas, on pourra également combiner ces deux méthodes.

Dans le cadre de ventilations mécaniques, on tiendra également compte d'aspects particuliers comme la condensation, l'isolation phonique et l'étanchéité à l'air. Ces aspects sont traités dans le chapitre 6.7. Comme pour les mesures d'étanchement, on veillera également à ce que la ventilation exerce ses effets sur tout un étage du bâtiment, et pas uniquement sur certaines pièces. Du point de vue technique, on distingue les situations suivantes:

Ventilation des vides sanitaires sous le bâtiment

Les bâtiments sans caves sont souvent construits sur des vides sanitaires, dans la mesure où c'est un moyen qui a fait ses preuves pour éviter les problèmes d'humidité. Normalement, ces vides sont également munis d'ouvertures d'aération. L'agrandissement et la disposition optimale de ces ouvertures peut déjà suffire à assurer une évacuation suffisante de l'air riche en radon. Si ce n'est pas le cas, on peut prévoir un petit ventilateur. On peut alors renoncer volontairement aux ouvertures d'arrivée d'air frais et miser uniquement sur la dépression que l'aspiration va créer dans le vide sanitaire. Ce ventilateur doit présenter un bon rendement énergétique et fonctionner silencieusement en dépression (jusqu'à -40 Pa).

Les maisons en terrasses sont souvent construites sur des vides sanitaires, qui sont même parfois accessibles. En plus des ouvertures dans les vides sanitaires de la maison la plus basse et de la maison la plus élevée, il peut aussi être nécessaire de créer des ouvertures latérales, afin que les trajets relativement importants de l'air n'entraînent pas un enrichissement en radon.

Mise en dépression du sol sous le bâtiment

L'air du sol riche en radon est collecté au moyen d'un système de drainage (conduites de drainage ou canaux plats à côté inférieur perforé) placé sous le bâtiment, puis est évacué dans l'atmosphère. Contrairement à la ventilation de vides sanitaires, l'air évacué n'est pas remplacé par de l'air atmosphérique, mais par de l'air du sol riche en radon. Pour que ce système soit efficace, il doit par conséquent créer une dépression sous toute la surface de l'étage en contact avec le terrain. Pour que ce système de drainage soit efficace, le terrain en contact avec celui-ci doit présenter une perméabilité suffisante à l'air. L'enrobage du drainage dans une couche de gravier permet d'en augmenter l'efficacité. Plus le terrain est compact, plus le réseau de drainage doit être dense. Si nécessaire, les conduites de drainage peuvent également être mises en place par forage. Si le terrain est très perméable, il peut être utile de placer une membrane d'étanchéité sous le système de drainage. Cela réduit l'apport d'air provenant du sol et permet le développement d'une dépression.

On peut aussi conjuguer un système de drainage horizontal sous le bâtiment avec un système de drainage vertical à l'extérieur des murs

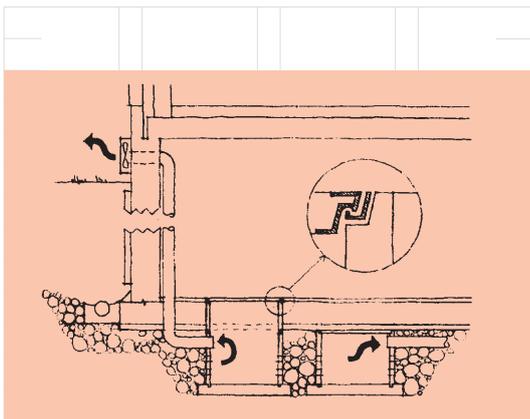


Fig. 6.6 : Mise en dépression du sol sous le bâtiment au moyen d'un puisard.

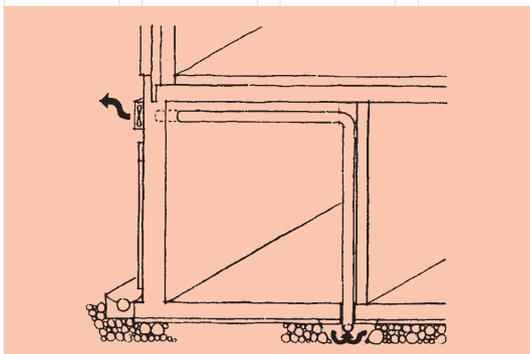


Fig. 6.7. Mise en dépression du sol au moyen de plusieurs conduites.

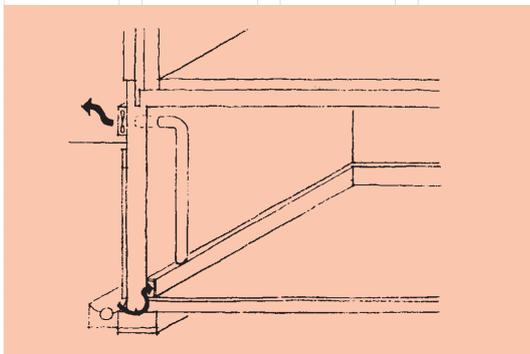


Fig. 6.8 : Création d'une dépression le long des joints entre la dalle et les murs.

du bâtiment en contact avec le terrain. Cette solution peut être avantageuse, notamment pour les bâtiments construits dans des talus fortement inclinés.

La mise en place des conduites de drainage par battage provoque une compaction du terrain environnant et une diminution de sa perméabilité, ce qui peut empêcher le développement d'une dépression continue sous le bâtiment. Le terrain doit par conséquent présenter une structure favorable, pour que ce système soit efficace.

Mise en dépression du sol à l'aide d'un puisard

L'air du sol est collecté dans un puisard sous le radier, puis évacué. Ce procédé est efficace s'il existe un vide unique entre le sol et le radier (p.ex. plancher sur poutres) ou si le sol présente une perméabilité élevée (p.ex. lit de gravier). Pour qu'un tel puits soit efficace, il doit être réalisé jusqu'à la profondeur nécessaire, autrement dit jusqu'à la couche perméable. En fonction de la nature du terrain, il peut être nécessaire de réaliser plusieurs puits.

Mise en dépression du sol à l'aide de conduites multiples

Dans les bâtiments existants, et pour autant que l'on dispose de la place nécessaire, il peut être avantageux d'aspirer l'air sous le bâtiment au moyen de plusieurs conduites perçant le radier à intervalles rapprochés.

Mise en dépression du sol pour les bâtiments à construire dans les régions à concentrations accrues de radon

Des conduites de drainage sont posées dans une couche de gravier disposé sous le bâtiment. Ces conduites horizontales sont raccordées à une conduite d'évacuation verticale centrale, qui évacue par le toit l'air du sol riche en radon. Dans ce cas également, on disposera une couche d'étanchéité entre la couche de gravier et le terrain.

Canal collecteur

L'air s'infiltrant dans la pièce habitée par des orifices linéaires, p.ex. des joints, est collecté par un canal. Un petit ventilateur produit une légère dépression dans ce canal et évacue l'air aspiré dans l'atmosphère. Cette méthode n'est applicable que pour des infiltrations bien localisés, notamment des joints entre des murs extérieurs et un radier rigide. L'absence de prise en compte des murs constitue souvent un point faible de cette méthode.

Mise en dépression d'un plancher ventilé

Dans certains bâtiments, il peut être plus simple de réaliser un deuxième plancher et de ventiler l'espace sous ce plancher, en y créant une dépression, que de collecter l'air du sol sous le bâtiment au moyen de conduites de drainage ou de puits à radon. Cette méthode s'applique aussi bien aux locaux d'habitation en sous-sol qu'aux caves. Les planchers doubles peuvent être réalisés de différentes manières. Il existe également des produits prêts à monter, dont le principal domaine d'application est constitué par les bureaux. Des planchers doubles particulièrement peu épais peuvent être réalisés en utilisant des plaques de bois aggloméré et des lattes (voir chap. 8.3).

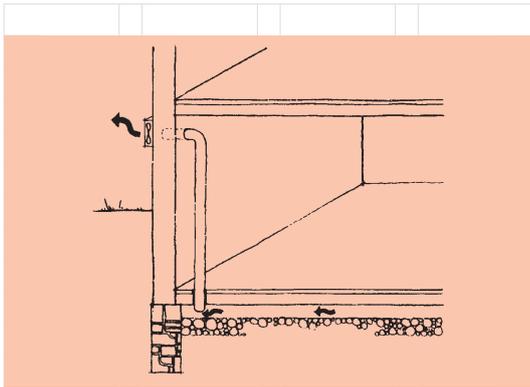


Fig. 6.9 : Ventilation de vide sanitaire existant.

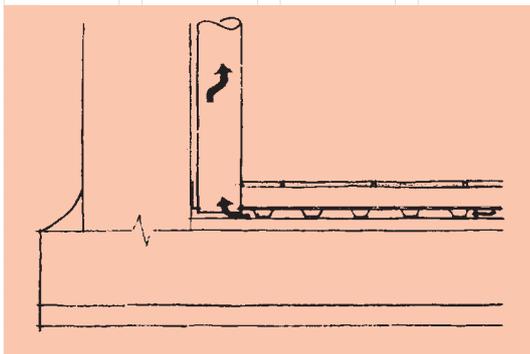


Fig. 6.10 : Ventilation de plancher double.

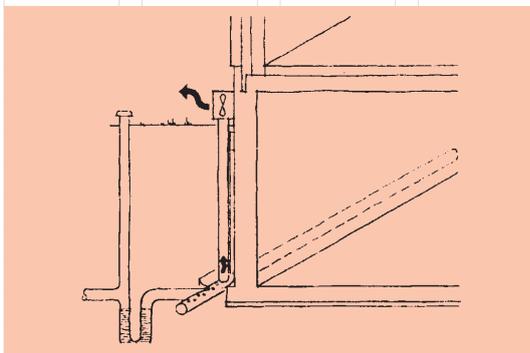


Fig. 6.11 : Création d'une dépression dans les conduites de drainage existantes.

Ventilation du sol par les conduites de drainage existantes

Dans certains cas il a été possible d'abaisser la concentration de radon en dessous de la valeur directrice en aspirant l'air du sol depuis les conduites de drainage périphériques existantes, au moyen d'un ventilateur. Ces drainages constituent cependant un système dont le comportement vis-à-vis de la ventilation n'est pas prévisible, et qui peut varier fortement selon les cas. Un siphon devra toujours être placé entre les conduites de drainage, d'une part, et le réseau communal ainsi que les descentes d'eau pluviale, d'autre part. Dans le cas d'un assainissement, il est judicieux de réaliser au moins un essai de ventilation (avec obturation provisoire de la conduite de raccordement au réseau communal), car c'est là une mesure d'assainissement relativement économique (voir chap. 8.2).

Puisard à radon hors du bâtiment

En fonction de la nature du terrain, un puisard à radon situé hors du bâtiment peut également s'avérer efficace. Grâce à la couche d'humus relativement peu perméable, la zone de terrain en dépression s'étend horizontalement jusqu'à une certaine distance du puisard, y compris sous le bâtiment. Des puisards à radon hors du bâtiment représentent donc une mesure d'assainissement relativement avantageuse, dans la mesure où il n'est pas nécessaire d'intervenir sur le bâtiment lui-même (voir chap. 8.6).

6.3 Mise en surpression du bâtiment

Afin d'empêcher dans le bâtiment d'infiltration d'air riche en radon, on peut aussi provoquer une légère surpression, au lieu d'une dépression sous celui-ci.

Il peut être judicieux d'utiliser une installation de ventilation dans les locaux d'habitation. Les ventilations mécaniques avec récupération de la chaleur ou pompe à chaleur air/air ont donné d'excellents résultats. Elles permettent d'économiser l'énergie et offrent un confort élevé en matière d'aération.

Des installations de ventilation avec conduites d'insufflation et d'extraction séparées sont de plus en plus fréquentes dans les locaux d'habitation. Elles sont normalement utilisées avec des débits de pulsion et d'extraction identiques. Mais dans le cas du radon il est préférable d'avoir un débit d'insufflation légèrement plus important que le débit d'extraction, de manière à créer une légère surpression. Si l'on désire utiliser une telle installation pour abaisser la concentration de radon, on veillera à régler un débit d'insufflation légèrement supérieur au débit d'extraction. La différence de pression entre les locaux dans lesquels l'air est pulsé et ceux desquels il est extrait ne devrait pas dépasser 2 Pa. Pour les installations équipées de pompes à chaleur sur l'air vicié, on tiendra également compte des indications concernant les ouvertures pour l'apport d'air frais, conformément au chapitre 6.7. Dans le cas d'installations de pulsion/extraction mécaniques, l'enveloppe du bâtiment devrait être le plus étanche possible ($nL50 < 1$) voir chap.8.7.

6.4 Extraction par ventilation de l'air riche en radon de la cave

Comme le radon pénètre dans les bâtiments par le sous-sol, on peut tenter d'augmenter le renouvellement de l'air dans la cave pour réduire sa concentration de radon, afin que cet air ne présente plus une menace en matière de radon et ne soit pas non plus transporté dans les étages. Le problème est constitué par la réduction de la ventilation de la cave en hiver, pour limiter les pertes thermiques: les fenêtres sont alors fermées et les ventilateurs arrêtés. Cette solution ne peut donc être recommandée que comme mesure provisoire, jusqu'à la réalisation de mesures d'assainissement définitives (voir chap. 8.8).

Mesure (provisoire): ouverture des fenêtres des caves

L'aération de la cave permet d'abaisser la concentration de radon dans l'air et d'évacuer plus rapidement l'air riche en radon. Une éventuelle dépression du reste du bâtiment par rapport à la cave ne peut plus entraîner d'air riche en radon dans les étages. En cas d'utilisation d'un ventilateur dans la cave, il peut s'y développer une dépression qui augmente l'infiltration d'air du sol riche en radon. Cette dépression sera toutefois également efficace par rapport aux étages : le radon ne pourra s'y propager et sera évacué dans l'atmosphère. En hiver, une aération importante refroidit la cave. On veillera donc à une bonne isolation thermique des locaux chauffés (plafond de la cave, de la cage d'escalier, de la face inférieure des escaliers, etc.) et des conduites de chauffage. L'aération de la cave n'est judicieuse que comme mesure d'urgence ; elle ne convient pas comme mesure d'assainissement définitive.

6.5 Apport d'air frais pour les chaudières et les cheminées

Un apport d'air frais pour la chaudière réduit la dépression dans la chaufferie provoquée par le ventilateur du brûleur et le tirage de la cheminée.

Dans le cas d'une cheminée ou d'un fourneau, un apport d'air frais largement dimensionné doit éviter la formation d'une dépression dans la cave, susceptible d'aspirer de l'air du sol jusque dans les étages.

6.6 Ouverture des fenêtres ou ventilation des locaux d'habitation

Lorsque l'infiltration de radon ne peut pas être suffisamment réduite, il ne reste plus qu'à diluer le radon dans l'air en augmentant le renouvellement de l'air. L'ouverture des fenêtres permet effectivement d'abaisser momentanément la concentration de radon (env. une heure après la fermeture des fenêtres la concentration est à nouveau élevée). Du fait qu'en hiver, le renouvellement de l'air par ouverture des fenêtres conduit à un abaissement important de la température des pièces, et donc à une réduction sensible du confort d'habitation, cette solution ne peut être recommandée que comme mesure d'urgence provisoire, jusqu'à la réalisation de mesures d'assainissement définitives.

La mise en place d'une installation de ventilation avec récupération de la chaleur est déjà plus judicieuse. L'air vicié est collecté dans les pièces les plus sollicitées, puis expulsé dans l'atmosphère. L'énergie calorifique contenue dans cet air est récupérée au moyen d'un échangeur de chaleur ou d'une pompe à chaleur, pour préchauffer l'air frais. Les installations de ventilation avec récupération de la chaleur offrent également un bon confort d'habitation en hiver, tout en assurant un renouvellement suffisant de l'air (dans la mesure de ce qui est nécessaire pour la dilution du radon) sans consommation d'énergie excessive. De plus, le renouvellement de l'air est assuré en permanence et ne dépend pas du comportement des habitants (voir chap. 8.7).

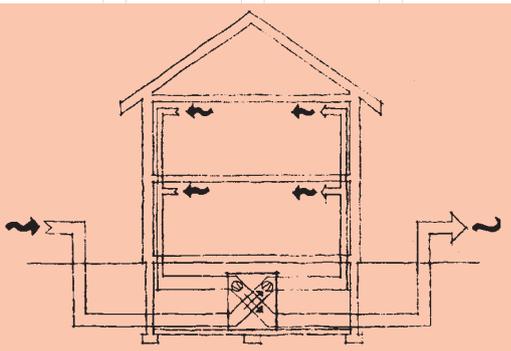


Fig. 6.12 : Augmentation du renouvellement de l'air avec récupération de la chaleur.

6.7 Remarques techniques relatives aux différentes stratégies de ventilation

Systèmes de ventilation

Bien que l'on ait déjà réalisé un grand nombre d'assainissements et de mesures de prévention en matière de radon à l'aide d'installations de ventilation, les situations initiales peuvent être extrêmement différentes. Les remarques suivantes sont destinées à faciliter la conception et l'exécution d'installations de ventilation.

Conception de l'apport d'air frais pour les installations de ventilation avec extraction mécanique

Dans le cas des installations de ventilation avec extraction mécanique, l'apport d'air frais doit être parfaitement maîtrisé et ne doit pas être basé sur les défauts d'étanchéité mal définis dans l'enveloppe du bâtiment. Cela est valable de manière générale, mais devient encore plus important dans le cadre de la protection contre le radon. Les ouvertures pour l'apport d'air frais placées au-dessus du sol ne peuvent pas être dimensionnées pour des pertes de charge inférieures à 1 Pa, valeur à ne pas dépasser dans les bâtiments à concentrations accrues de radon. Ces ouvertures permettent certes d'améliorer la situation par rapport à une extraction sans apport d'air frais, mais entraînent la formation d'une dépression de 5 à 10 Pa, ce qui n'est pas optimal. Dans ce cas, il y a lieu de prévoir un ventilateur d'insufflation ou un groupe combiné insufflation/extraction (il existe des appareils de petite puissance avec récupération de la chaleur). Les critères de dimensionnement des clapets d'amenée d'air frais selon DIN 1946-6E, fixant la dépression maximale à 4 Pa dans les pièces avec foyer utilisant l'air de la pièce et à 8 Pa dans tous les autres cas, ne sont pas recommandables pour le rez-de-chaussée et le premier étage des bâtiments situés dans des régions à concentrations accrues de radon. Les clapets d'amenée d'air frais doivent être entretenus conformément aux indications des fabricants.

Des mesures dites nL50 peuvent être utiles pour déterminer l'étanchéité de l'enveloppe du bâtiment, ou pour localiser des fuites ponctuelles.

Préchauffage de l'air dans le sol

En l'état actuel des connaissances, les capteurs placés dans le terrain pour y préchauffer l'air ne posent pas de problèmes pour autant qu'elles soient parfaitement étanches (conduites en matière plastique). Dans les régions à concentrations accrues de radon, comme d'ailleurs dans les autres régions, on utilisera toujours des conduites à manchons étanches. Dans les régions à concentrations accrues de radon, l'aspiration d'air frais à travers des conduites de drainage présente un risque important lié au radon, et devrait être évitée, tout comme dans les autres régions.

Conduites d'évacuation

Lorsque l'on veut évacuer l'air vers l'extérieur, les conduites placées dans les locaux chauffés doivent être munies d'une isolation, afin d'éviter les phénomènes de condensation.

Exploitation et entretien

Chaque installation de ventilation doit être livrée avec une documentation claire et des instructions d'utilisation simples. Les aspects liés au radon et les tâches de contrôle particulières y relatives, comme la mesure régulière des débits d'air, devraient être pris en compte de la même manière que la mesure régulière de la concentration de radon dans les locaux d'habitation.

Ventilateurs

Si on prévoit d'utiliser un ventilateur, on veillera à choisir un produit répondant de manière optimale à un certain nombre d'exigences particulières:

Durée de vie élevée

En raison de son utilisation en continu, la durée de vie représente un critère important. Il existe des appareils avec une durée de vie annoncée de 80'000 heures.

Possibilités de régulation

Pour la régulation initiale, mais aussi pour d'éventuels ajustements ultérieurs, le régime du ventilateur doit au moins pouvoir être réglé manuellement. Les moteurs à courant continu (à commutation électronique) représentent une solution simple, avec un rendement intéressant.

Témoin de fonctionnement

Comme la concentration de radon augmente rapidement en cas de panne du ventilateur, il est important de disposer un témoin de fonctionnement à un endroit bien visible (p.ex. témoin lumineux).

Rendement élevé

Selon les différents types de ventilateurs, le rendement peut varier d'un facteur cinq. On choisira donc un ventilateur avec un rendement élevé.

Puissance, débit et consommation d'énergie

Les paramètres de dimensionnement de l'installation varient fortement, dans la mesure où ils dépendent de l'étanchéité de l'enveloppe du bâtiment, de la perméabilité du sol et des distances de transport de l'air. Pour que l'assainissement soit efficace, il faut une dépression de l'ordre de 5 à 10 Pa sous le bâtiment. Pour une maison familiale, cela implique un ou plusieurs ventilateurs d'une puissance totale de 10 à 100 W.

Eviter les fuites d'air riche en radon!

Afin d'éviter les fuites d'air riche en radon dans le bâtiment, on veillera à ce que le ventilateur soit placé à l'extérieur des locaux d'habitation (de sorte que les conduites d'air sous pression soient à l'extérieur de ces locaux). Les raccords de conduites en tôle doivent être exécutés exclusivement à l'aide de joints à lèvres en caoutchouc. Cela permet d'obtenir des fuites inférieures à 50% de la classe d'étanchéité C.

Dans le cas de réseaux présentant de nombreux raccords, ou en cas d'exigences élevées en matière d'étanchéité, on utilisera des conduites en matière synthétique soudées : si la valeur à garantir – soit 50% de la classe d'étanchéité C – ne peut pas être obtenue, si le contrôle de cette valeur implique des frais disproportionnés en raison de la complexité de l'installation, ou si les exigences en matière d'étanchéité sont particulièrement élevées, on recourra à de telles conduites. Les éventuelles conduites sous pression traversant des locaux d'habitation devraient toujours être réalisées en matière synthétique et soudées. Par mesure de précaution consultez les règlements cantonaux de la loi sur la police du feu.

Isolation phonique

Afin d'éviter les désagréments phoniques liés au fonctionnement de l'installation, on appliquera les mesures correspondantes (p.ex. ventilateurs insonorisés). Il est judicieux de placer le ventilateur dans les combles, où il est à l'abri des intempéries et bien isolé phoniquement. Un montage à l'extérieur de l'enveloppe du bâtiment est encore plus efficace. Les conduites et ventilateurs doivent être fixés sur des supports élastiques, afin d'éviter la transmission de vibrations. Avec les petits ventilateurs, c'est le bruit de l'air qui peut poser problème. Dans ce cas, il est judicieux de prévoir un emplacement pour le montage d'un amortisseur phonique.

En cas de fonctionnement continu, la valeur de dimensionnement de l'installation devrait être au moins 5 dB(A) en dessous des exigences accrues de la norme SIA 181.

Condensation

Lors du montage de systèmes de ventilation avec ventilateur, on veillera à éviter la formation d'eau de condensation. Cela peut être obtenu à l'aide des mesures suivantes:

- les conduites passant dans des bâtiments et des combles doivent être munies d'une isolation thermique, afin d'éviter les phénomènes de condensation ;
- montage de purges au bas des conduites montantes, afin d'éviter l'arrivée d'eau de condensation dans le ventilateur, voire dans la structure du bâtiment ;
- éviter les contre-pentes, pour éviter l'accumulation d'eau de condensation ;
- prévoir éventuellement des bacs sous les conduites montantes, pour récupérer l'eau de condensation dans les conduites d'évacuation.

En l'absence d'isolation thermique, de l'eau de condensation peut se former:

- à l'intérieur des conduites, dans une cave froide ou dans des combles non chauffés en hiver ;
- à la surface des conduites, dans une cave fraîche en été ou dans des locaux chauffés en hiver.

7. Conception et exécution des mesures

7.1 Procédure

Les mesures d'étanchement et de ventilation doivent être conçues de manière coordonnée afin d'être parfaitement harmonisées, et cela aussi bien dans le cas de bâtiments à construire que d'assainissements de bâtiments existants. La conception de mesures préventives est bien entendu très différente de celle de mesures d'assainissement. Dans les deux cas, on observera toutefois les cinq règles fondamentales suivantes:

Evaluation de la situation en matière de radon

Dans le cas de bâtiments à construire, on déterminera si le projet est situé dans une région à concentrations accrues de radon, et on procédera aux investigations nécessaires concernant la nature du terrain (gravier, argile, roche). Pour les assainissements, on se basera sur les mesures de concentration de radon réalisées dans les bâtiments. Cette évaluation est déterminante pour la conception des mesures de protection contre le radon, ainsi que pour déterminer la nécessité de telles mesures.

Détermination des mesures visant à éviter le problème du radon

Après avoir exposé la problématique du radon au maître de l'ouvrage, il y a lieu de déterminer, dans le cadre des premières phases de conception de bâtiments à construire ou de mesures d'assainissement, si et dans quelle mesure il souhaite " résoudre " le problème du radon. On pourra, par exemple, lui proposer de renoncer à des locaux d'habitation au niveau du sous-sol, de prévoir des accès à la cave par l'extérieur, etc. Ces mesures ne constituent pas une nécessité. Leur proposition au maître de l'ouvrage sous forme de variantes doit toutefois faire partie d'une conception bien comprise.

Mise en œuvre de paquets de mesures progressives classées par catégories.

Sur la base de la concentration de radon ou du risque lié au radon, ainsi que de la situation initiale au niveau de la construction, on prévoira des mesures classées en fonction des chapitres 4, 5 et 6 (mesures conceptuelles, d'étanchement et, en dernier lieu seulement, de ventilation). Dans le cas d'assainissements notamment, il peut être judicieux de commencer par des mesures d'urgence (éventuellement provisoires) et de prévoir des mesures complémentaires dans une phase ultérieure, si les premières mesures n'apportent pas l'amélioration escomptée.

Contrôle de l'exécution

Comme pour les éléments spéciaux de la construction (p.ex. couche d'isolation), les mesures liées à la protection contre le radon doivent faire l'objet d'une attention particulière de la part de la direction des travaux. Des réceptions séparées devraient être prescrites et effectuées pour les éléments d'étanchéité, avant que d'autres travaux viennent les recouvrir et les masquer.

Contrôle de l'efficacité

Seules des mesures du radon effectuées à la fin des travaux de construction permettent d'évaluer l'efficacité des mesures de protection contre le radon.

Le déroulement d'un projet de construction est divisé selon les étapes suivantes, conformément au modèle de prestations 95 de la SIA:

- Conception
- Etudes préliminaires
- Avant-projet, projet
- Exécution
- Exploitation

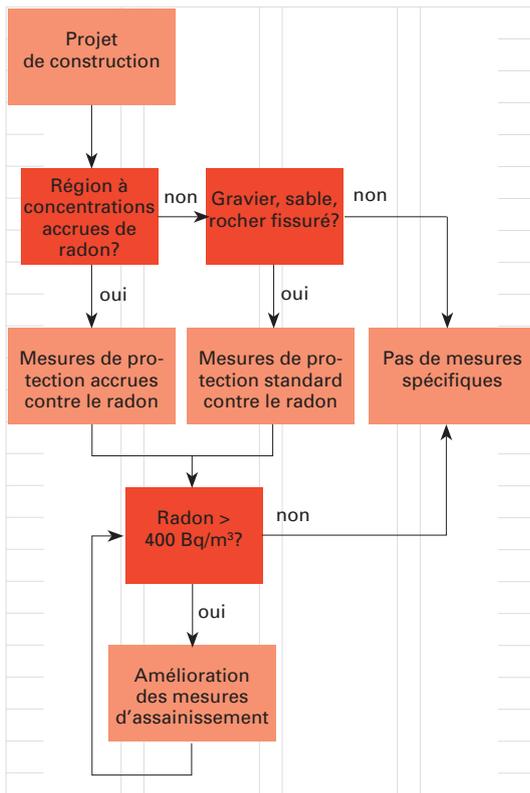


Fig. 7.1: Organigramme pour une nouvelle construction.

L'importance des différentes phases dépend du projet de construction. Les mesures de protection contre le radon doivent être prises en compte dans toutes les phases du projet. Généralement, les mesures de protection de type conceptuel concernent principalement les deux premières phases, mais ce n'est pas une règle. La décision de faire passer les conduites à travers les murs et non pas à travers le radier est une mesure conceptuelle, mais qui peut être prise dans une phase relativement tardive.

La procédure relative aux mesures de prévention pour des bâtiments à construire et aux mesures d'assainissement pour des bâtiments existants est illustrée ci-après à l'aide d'exemples de mesures types.

7.2 Mesures de prévention pour des bâtiments à construire

En fonction de la situation initiale, les mesures de prévention en matière de radon seront liées à des coûts différents. Le choix entre l'absence de mesures particulières, des mesures de protection "standard" et des mesures supplémentaires pour une protection accrue dépend en premier lieu du classement de la parcelle (région à concentrations de radon normales ou accrues) et de la nature géologique du terrain de fondation.

Le tableau ci-après récapitule un certain nombre de mesures de protection typiques applicables à des bâtiments à construire. Il s'agit bien entendu d'une sélection: si on applique la mesure conceptuelle consistant à ne pas réaliser de locaux d'habitation au niveau du sous-sol, la plupart des autres mesures deviennent caduques. Ce n'est que sur la base d'un projet de construction concret que l'on pourra définir le paquet de mesures optimal pour ce projet.

Mesures de protection standard	Mesures supplémentaires pour une protection accrue
<p>Conception et études préliminaires Pas de passages ouverts entre le sous-sol et le rez-de-chaussée, ainsi qu'entre le rez-de-chaussée et les étages. Pas de passages ouverts entre la cage d'escalier et le sous-sol.</p>	
<p>Avant-projet et projet Cuvelage étanche aux gaz, p.ex. radier ou membrane d'étanchéité extérieure. Réduire au minimum le nombre de percements (câbles, conduites) du radier et des murs en contact avec le terrain. Éventuellement une deuxième barrière étanche : dalle en béton armé sous les étages, escalier de cave fermé par une porte étanche aux gaz. Concevoir les gaines techniques, les puits d'ascenseur et les cheminées de manière à ce qu'ils ne deviennent pas des voies de propagation du radon (rassembler et étancher ces éléments de construction). Si des installations d'extraction d'air sont nécessaires au rez-de-chaussée ou au sous-sol, concevoir ces dernières comme systèmes en surpression.</p>	<p>Membranes d'étanchéité extérieures sous le radier, avec emplacement d'aspiration prévu dans la couche de gravier intermédiaire. Prévoir une barrière étanche secondaire continue (plafond de la cave / escalier de la cave). Conduite de drainage du radon sous le radier, avec possibilité de raccordement pour une éventuelle ventilation ultérieure (si nécessaire). Examiner et concevoir le montage d'installations de ventilation avec récupération de la chaleur.</p>
<p>Exécution (des mesures prévues) Réception séparée des travaux d'étanchement réalisés.</p>	
<p>Exploitation Mesure du radon pour contrôler l'efficacité des mesures de protection Information des habitants ou des exploitants, instruction et documentation sur les mesures de protection réalisées, notamment les installations techniques.</p>	<p>Mise en service et réception des installations de ventilation. Mesures régulières du radon, à cinq ans d'intervalle.</p>

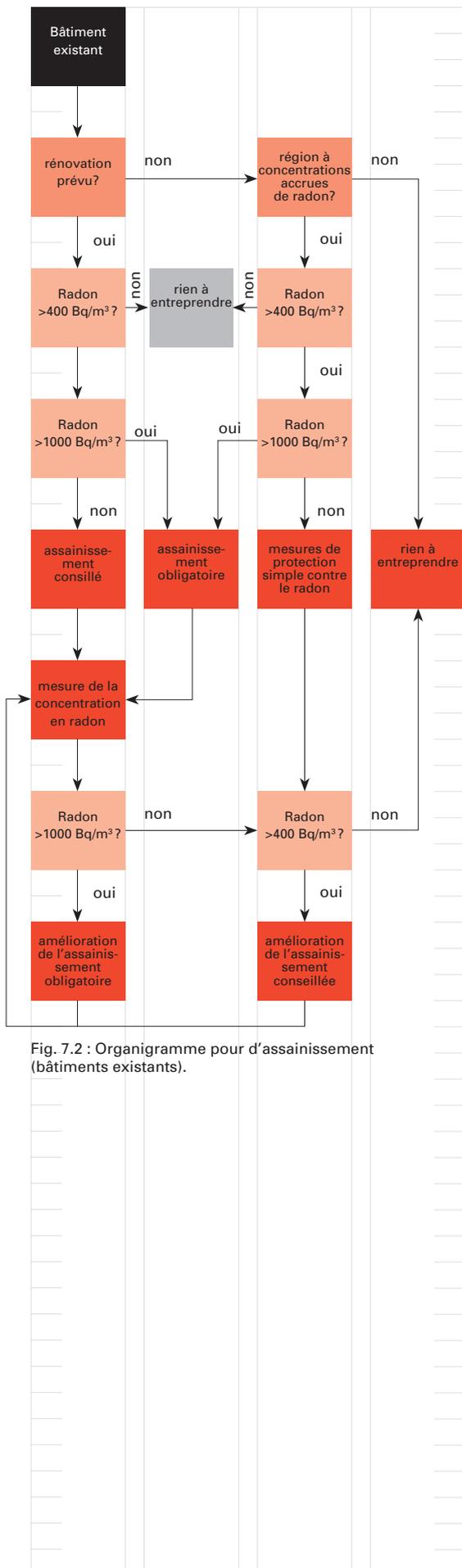


Fig. 7.2 : Organigramme pour d'assainissement (bâtiments existants).

7.3 Mesures d'assainissement pour des bâtiments existants

Comme pour les bâtiments à construire, c'est la situation initiale qui sera déterminante pour la conception des mesures d'assainissement. Toutefois, le critère du classement de la région par rapport au radon n'entre pas en ligne de compte, puisque l'on se base, ici, sur les concentrations effectivement mesurées. La conception des mesures d'assainissement pourra être très différente selon que l'on prévoit des travaux de rénovation ou seulement d'assainissement au rez-de-chaussée et au sous-sol. En cas de rénovation d'une certaine importance, on pourra réaliser des mesures d'assainissement beaucoup plus globales et cohérentes. Les mesures d'assainissement doivent être conçues et réalisées par étapes. Autrement dit, il s'agira de distinguer les mesures d'assainissement simples des mesures d'assainissement plus complexes et globales. Voir également à ce propos la liste de contrôle pour la visite de bâtiments (annexe B).

Les bâtiments sont généralement rénovés à intervalles plus ou moins réguliers. Un assainissement par rapport au radon pourra être réalisé de manière particulièrement efficace et économique à l'occasion d'une rénovation complète. A l'inverse, la situation sera particulièrement défavorable si des concentrations excessives de radon sont mises en évidence peu après une rénovation ou l'achèvement d'une construction neuve. Il peut donc être judicieux, pour des bâtiments existants, de réduire le problème au moyen de mesures d'urgence pendant quelques mois, jusqu'à ce que des mesures définitives soient mises en œuvre. Parfois, certaines mesures d'urgence provisoires peuvent s'avérer plus efficaces que prévu et devenir permanentes. Comme mesure d'urgence, on pourra réaliser tout ce qui n'engendre pas de coûts importants et n'entraîne pas d'interventions lourdes ou préjudiciables à la structure du bâtiment.

Exemples d'interventions:

- jointoyage de joints et de fissures au moyen de mastics d'étanchéité;
- désaffectation provisoire des locaux d'habitation au sous-sol;
- aération contrôlée (ouverture des fenêtres de cave, fermeture de la porte de cave, etc.);
- le tirage thermique (cage d'escalier ouverte entre la cave et les locaux d'habitation), les ventilateurs d'extraction et les feux (cheminées, fourneaux) dans les locaux d'habitation provoquent une dépression dans la cave, et par conséquent l'infiltration d'air du sol riche en radon. Cela peut être évité en créant des ouvertures pour l'apport d'air frais (avec clapet) au niveau du rez-de-chaussée;
- ventilation passive ou active des vides sanitaires;
- étanchement des portes et installation de ferme-portes automatiques.

Le tableau ci-après récapitule un certain nombre de mesures d'assainissement typiques applicables à des bâtiments existants avec une concentration excessive de radon.

Mesures d'assainissement simples	Mesures d'assainissement globales
Conception et études préliminaires Pas de passages ouverts entre le sous-sol et le rez-de-chaussée, ainsi qu'entre le rez-de-chaussée et les étages. Pas de passages ouverts entre la cage d'escalier et le sous-sol.	Locaux d'habitation dans le sous-sol seulement avec des mesures spéciales. Accès à la cave par l'extérieur. Pas de sol de cave en terrain naturel sans mesures spéciales.
Avant-projet et projet Définition des barrières d'étanchéité primaire et secondaire. Choix des produits d'étanchéité (feuilles d'étanchéité, revêtements, produits de jointoyage, etc.). Concevoir des mesures destinées à réduire la dépression dans le sous-sol (ouvertures pour l'apport d'air frais, tirage thermique dans la cage d'escalier, etc.).	Examiner et concevoir des mesures pour créer une dépression sous le bâtiment (puisard à radon, système de drainage). Réaliser éventuellement un essai avec le système de drainage. Examiner et concevoir le montage d'installations de ventilation avec récupération de la chaleur.
Exécution (des mesures prévues) Installer un apport d'air frais direct pour la chaudière. Installer un apport d'air frais direct pour les autres foyers (fourneaux, cheminées). Monter des clapets étanches sur les conduits de cheminée, selon autorisation. Étanher les percements, joints et fissures des parties du bâtiment en contact avec le terrain (barrière d'étanchéité primaire), ponctuellement (mastics, bandes d'étanchéité) ou sur des surfaces étendues (feuilles d'étanchéité, revêtements), en fonction de la situation initiale. Étanher les murs, plafonds et portes entre la cave et les locaux d'habitation (barrière d'étanchéité secondaire). Étanher les regards et gaines techniques traversant plusieurs niveaux et/ou assurer un apport d'air frais dans ces regards.	Exécuter les installations de ventilation conformément au projet, et tenir compte des imprévus inhérents aux travaux d'assainissement.
Exploitation Mesure du radon pour contrôler l'efficacité des mesures de protection. Information des habitants ou des exploitants, instruction et documentation sur les mesures de protection réalisées, notamment les installations techniques. Mise en service et réception des installations de ventilation. Mesures régulières du radon, à cinq ans d'intervalle.	Mandat permanent à une entreprise spécialisée, pour la réalisation de mesures régulières du radon, ou au moins rappels périodiques concernant ces mesures. Mandat de maintenance à une entreprise de ventilation, pour le contrôle régulier de l'installation de ventilation, notamment en ce qui concerne le fonctionnement en surpression.

7.4 Synergies et conflits d'intérêts

Les mesures de prévention et d'assainissement relatives au radon ne sont considérées comme tâches à part entière de la conception des bâtiments que depuis quelques années. Les expériences réalisées jusqu'ici montrent que les mesures apportant une protection efficace contre le radon n'impliquent pas de coûts supplémentaires considérables, si leur conception est réalisée de manière cohérente et compétente. On a aussi pu constater que les mesures de protection contre le radon n'entrent guère en conflit avec d'autres objectifs de la conception, mais qu'elles permettent, au contraire, de mettre à profit toute une série de synergies, comme l'illustrent les exemples suivants.

Isolation thermique

Une isolation thermique continue autour des locaux chauffés est exigée pour des raisons d'économie d'énergie. Au niveau de la cave et du rez-de-chaussée, l'isolation thermique, ainsi que les éventuels coupe-vent et isolations contre l'humidité, coïncident généralement avec l'emplacement optimal de l'isolation contre le radon. Il est possible de combiner avantageusement l'isolation thermique et la protection contre le radon.

Etanchéité à l'air

Dans les bâtiments neufs ou à rénover, le renouvellement d'air ne devrait pas être basé sur les défauts d'étanchéité mal définis dans l'enveloppe du bâtiment. L'apport d'air frais devrait se faire par des ouvertures prévues pour cela ou, éventuellement, par des installations de ventilation. De plus, l'apport d'air frais devrait être défini de la même manière que l'évacuation de l'air vicié. Les locaux chauffés devraient par conséquent être entourés d'une barrière continue étanche. Cette disposition constitue également une mesure efficace de protection contre le radon.

Protection contre l'humidité et les remontées d'eau souterraine

Les mesures visant à protéger la construction contre l'humidité et les remontées d'eau souterraine vont dans le même sens que celles liées à la protection contre le radon. La principale différence réside dans le fait que les défauts d'étanchéité apparaissent rapidement et distinctement en cas de problème d'humidité. Les fuites d'air potentiellement riche en radon sont en revanche beaucoup plus difficiles à localiser. Un travail particulièrement soigneux est donc une mesure de précaution parfaitement justifiée, dans le cas d'une protection contre le radon.

Isolation phonique

Les mesures conventionnelles d'isolation phonique telles que les portes phoniques peuvent également être utilisées comme mesures de protection contre le radon : des portes étanches sont nécessaires aussi bien pour l'isolation phonique que pour la protection contre le radon ; une isolation contre les bruits d'impact posée sur un plafond de cave peut être combinée à une feuille étanche au radon pour constituer une barrière efficace contre le radon.

Odeurs, hygiène et santé

Les odeurs de moisi résultent d'une humidité excessive, d'une aération insuffisante ou de la combinaison des deux. Une odeur de moisi suggère donc que la pièce en question pourrait présenter un problème de radon. Inversement, un assainissement efficace en matière de radon permet également d'éliminer les problèmes d'humidité et d'aération insuffisante, ce qui tend aussi à éliminer les odeurs et un climat intérieur malsain, y compris sur le plan bactériologique.

8. Exemples de solutions

8.1 Bâtiments avec vide sanitaire.

Généralités:

- Contrôler que les vides sanitaires sont bien aérés
- Améliorer l'aération naturelle
- Si a) et b) ne suffisent pas, Installer un ventilateur en extraction. (mise en dépression, une seule ouverture vers l'extérieur)
- Sortie à l'abri de la neige et à une distance suffisante, mais à au moins 2 mètres d'une ouverture (p.ex. d'une fenêtre afin d'éviter que le radon ne rentre dans le bâtiment).

Remarque: si le vide sanitaire est en plusieurs parties, les différentes zones doivent être communicantes ou installer un ventilateur pour chaque partie indépendante.

Amélioration: Vide sanitaire accessible: placer une feuille d'étanchéité min. 0.5 mm sur le sol et la raccorder aux murs

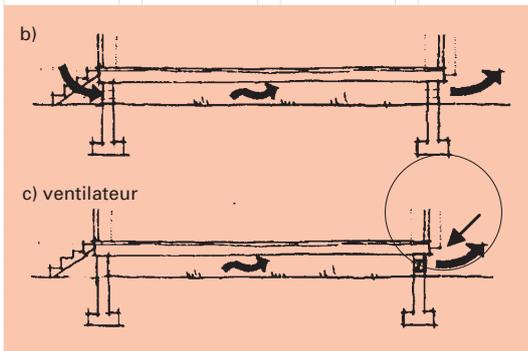
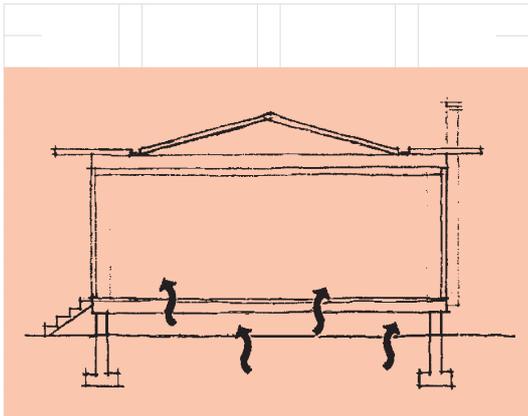
Le système c) peut être appliqué à des sous-sols. Ce système empêche l'air chargé de radon de se déplacer vers l'étage supérieur. Les sous-sols doivent être séparés de la partie habitée par une porte étanche.

Résultats obtenus: Concentration en radon mesurée dans les pièces habitées.

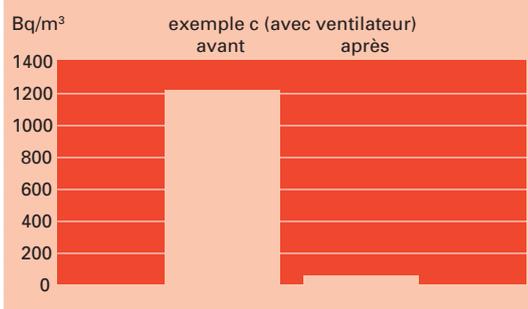
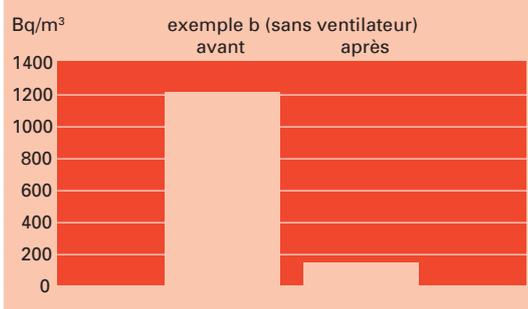
Autres informations: Chap. 2.4, 3.2, 5.1, 6.2, 8.8

Ventilateur de type axial, 10 à 100 W avec régulateur de vitesse.

La concentration en radon dans les pièces du sous-sol ou du vide sanitaire est en général plus élevée avec l'utilisation de ce système.



c) ventilateur



Résultats obtenus: Concentration en radon mesurée dans les pièces habitées.

8.2 Bâtiments équipés d'un système de drainage périphérique.

Généralités:

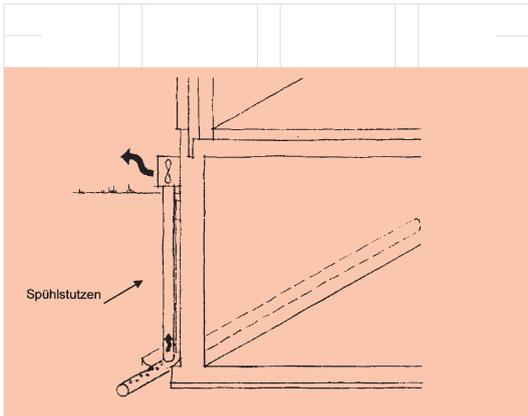
Réaliser la sortie à l'endroit le plus accessible du système de drainage (sortie à l'abri de la neige et à une distance suffisante, mais à au moins 2 mètres d'une ouverture (p.ex. d'une fenêtre afin d'éviter que le radon ne rentre dans le bâtiment)).

Installer un ventilateur pour mettre en dépression le système de drainage. Suivant la perméabilité du terrain cette méthode permettra de collecter le radon autour et sous le bâtiment

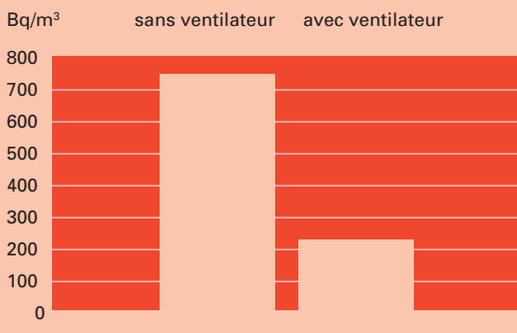
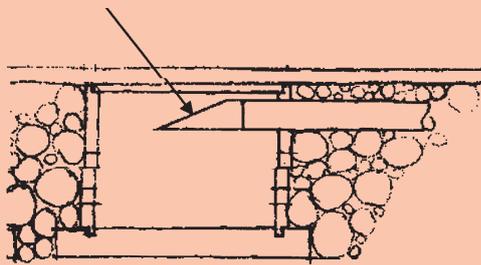
Installer un clapet étanche à chaque sortie du système de drainage. Lorsque le ventilateur est en fonction, le système de drainage est mis en dépression et le clapet reste fermé. Il s'ouvre lorsqu'une certaine quantité d'eau doit s'écouler

Autres informations: Chap. 2.4, 3.2, 6.2

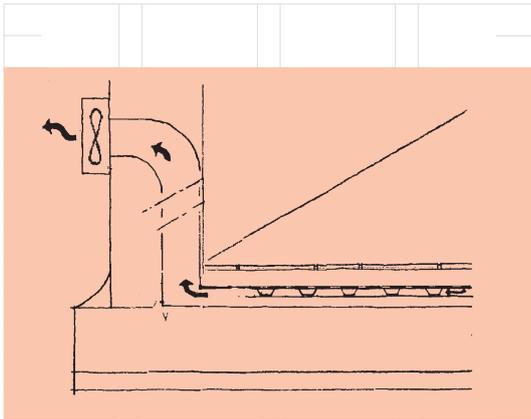
Ventilateur centrifuge (tubulaire) 10 à 100 W avec régulateur de vitesse.



Amélioration du système: clapet étanche



Résultats obtenus: Concentration en radon mesurée dans les pièces habitées.



8.3 Construction d'un plancher ventilé

Généralités:

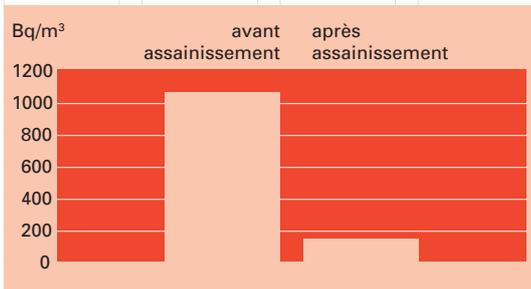
Le radon qui pénètre à travers le sol est récupéré dans l'espace du plancher flottant (env. 1cm) ; grâce à une faible dépression produite par un petit ventilateur le radon est évacué vers l'extérieur. La sortie doit se trouver à au moins 2 m d'une fenêtre ou d'une porte afin d'éviter que le radon ne pénètre à l'intérieur du bâtiment. La partie supérieure du plancher doit être aussi étanche que possible afin d'éviter que l'air chaud de la pièce ne soit aspiré par le système.

Des murs non étanches et enterrés peuvent être assainis de la même façon.

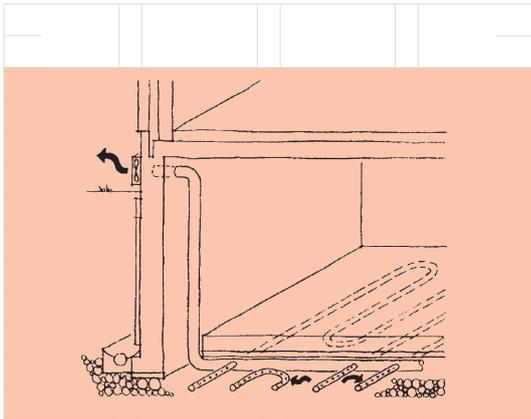
Amélioration: A peu de frais l'isolation thermique peut-être améliorée lors de ces travaux.

Autres informations: Chap. 2.4, 3.2, 6.2

Ventilateur centrifuge (tubulaire) 10 à 100 W avec régulateur de vitesse.



Résultats obtenus : Concentration en radon mesurée dans les pièces habitées.



8.4 Mise en dépression du sol

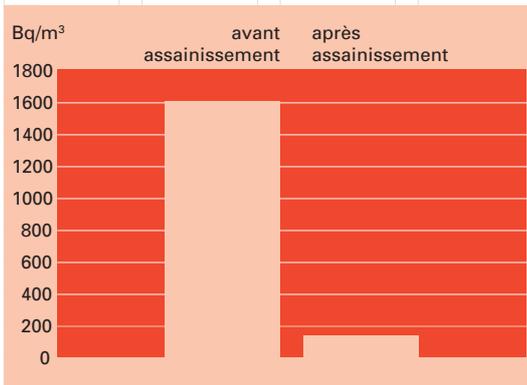
Généralités:

Ce système est idéal lors de rénovations importantes. Le radon qui se trouve dans le sol est collecté sous la dalle à l'aide de tubes perforés placés dans du gravier grossier (diam. env. 10cm, distance entre les tubes env. 1.5m). Si le tube de sortie a une hauteur suffisante (par exemple jusque sur le toit) le ventilateur d'extraction n'est pas absolument indispensable. Pour les sorties en façade, elles doivent se trouver à au moins 2 m d'une fenêtre ou d'une porte afin d'éviter que le radon ne retourne dans le bâtiment.

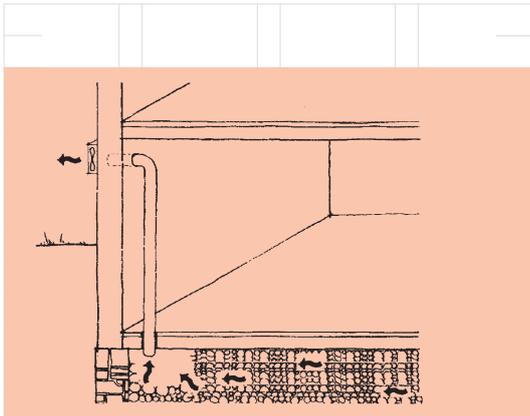
Amélioration: Une feuille d'étanchéité (min. 0.5mm) peut-être placée sous les tubes.

Autres informations: Chap. 2.4, 3.2, 5.1, 6.2

Ventilateur centrifuge (tubulaire) 10 à 100 W avec régulateur de vitesse.



Résultats obtenus: Concentration en radon mesurée dans les pièces habitées.



8.5 Puisard(s) intérieur(s)

Généralités:

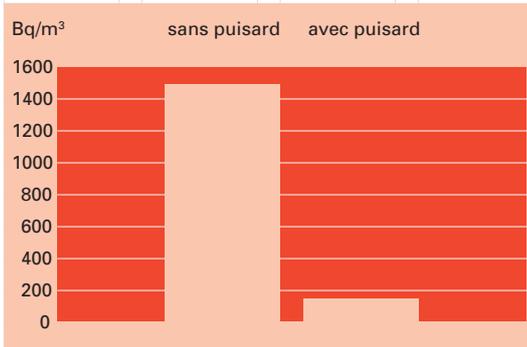
Le radon qui se trouve dans le sol est récupéré sous le plancher. Le passage du tube à travers la dalle doit être étanche. Selon les caractéristiques du matériel se trouvant sous la maison, ainsi que de la grandeur du bâtiment un puisard ou plusieurs puisards sont nécessaires. Si le tube d'environ 10 cm a une hauteur suffisante un ventilateur n'est pas absolument indispensable. La sortie doit se trouver à au moins 2-m d'une fenêtre ou d'une porte afin d'éviter que le radon ne retourne à l'intérieur du bâtiment.

Amélioration:

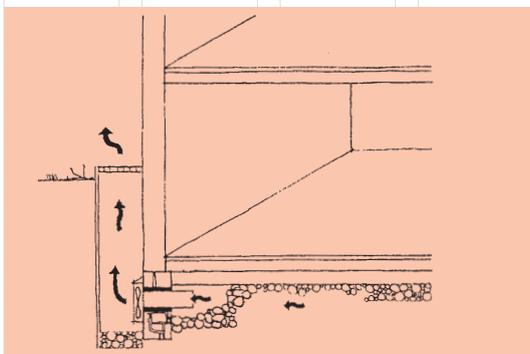
A l'endroit du percement on enlève une quantité aussi importante de pierres et de terre que possible.

Autres informations: Chap. 2.4, 3.2, 6.2

Ventilateur centrifuge (tubulaire) 10 à 100 W avec régulateur de vitesse.



Résultats obtenus: Concentration en radon mesurée dans les pièces habitées.



8.5^{bis} Variante du puisard intérieur

Généralités:

Cette variante permet de réaliser tous les travaux depuis l'extérieur. Le radon qui se trouve dans le sol est récupéré sous le plancher. Le tube traversant le mur doit être étanche. Selon les caractéristiques du matériel se trouvant sous la maison, ainsi que de la grandeur du bâtiment un système ou plusieurs seront nécessaires. La sortie doit se trouver à au moins 2 m d'une fenêtre ou d'une porte afin d'éviter que le radon ne retourne à l'intérieur du bâtiment.

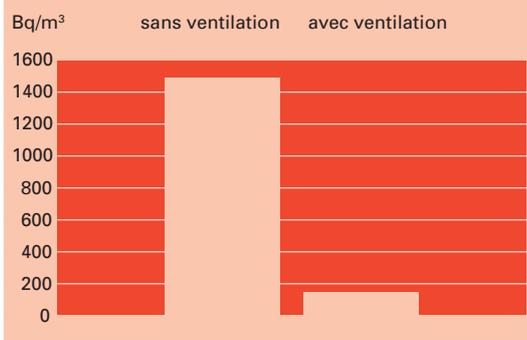
Amélioration:

A l'endroit du percement on enlève la plus grande quantité possible de pierres et de terre.

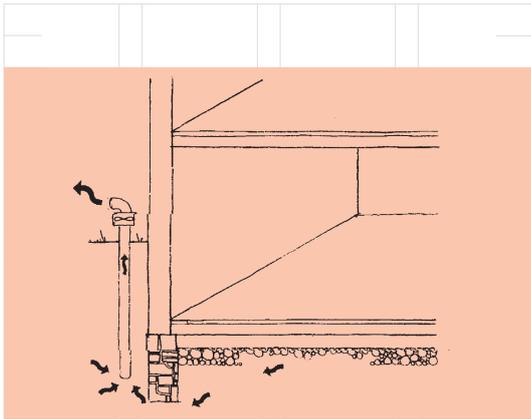
Autres informations: Chap. 2.4, 3.2, 6.2

Ventilateur centrifuge (tubulaire)

10 à 100 W avec régulateur de vitesse et horloge programmable (minuterie).



Résultats obtenus: Concentration en radon mesurée dans les pièces habitées.



8.6 Puisard(s) extérieur(s)

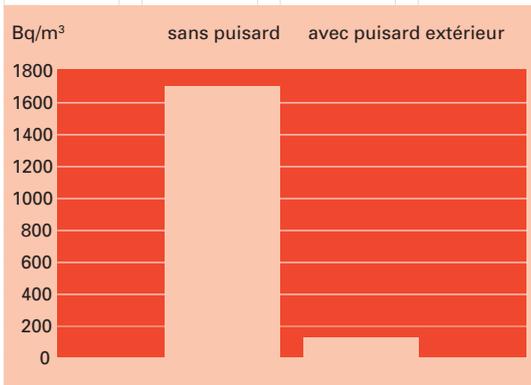
Généralités:

Le radon qui se trouve dans le sol est aspiré en créant une dépression à l'aide d'un ventilateur. La sortie doit se trouver au moins à 2 m d'une fenêtre ou d'une porte afin d'éviter que cet air ne rentre dans le bâtiment.

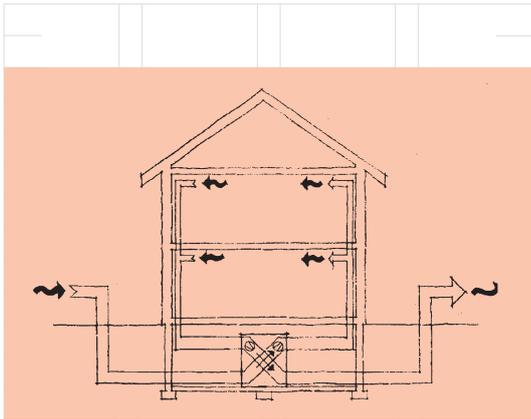
Amélioration: Selon les caractéristiques du terrain et la grandeur du bâtiment, plusieurs puisards extérieurs peuvent être nécessaires.

Autres informations: Chap. 2.4, 3.2, 6.2

Ventilateur centrifuge (tubulaire) 10 à 100 W avec régulateur de vitesse.



Résultats obtenus: Concentration en radon mesurée dans les pièces habitées.



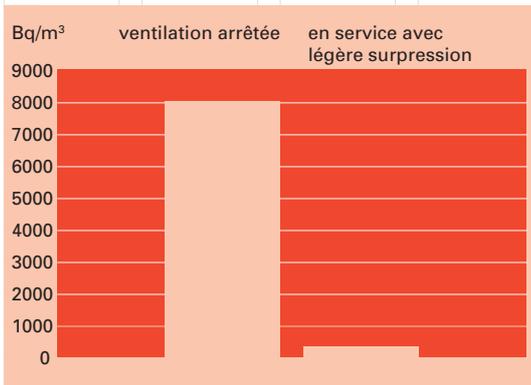
8.7 Ventilation mécanique

Généralités :

Système de renouvellement mécanique de l'air, mélange l'air intérieur à de l'air extérieur. Si on double le renouvellement naturel par un système mécanique, on réduit de moitié la concentration en radon.

Amélioration: Le second effet souhaitable est une légère surpression (insufflation supérieure à l'extraction ou seulement insufflation) ce qui réduit les infiltrations de radon.

Ce système se réalise à l'étage inférieur. Si la concentration à l'étage inférieur est basse on aura dans les étages supérieurs une concentration moins importante, la diminution par étage est d'environ 15%.



Autres informations: Chap. 2.4, 3.2, 6.3

Résultats obtenus: Concentration en radon mesurée dans les pièces habitées.

8.8 Aspiration dans les locaux inhabités

Généralités:

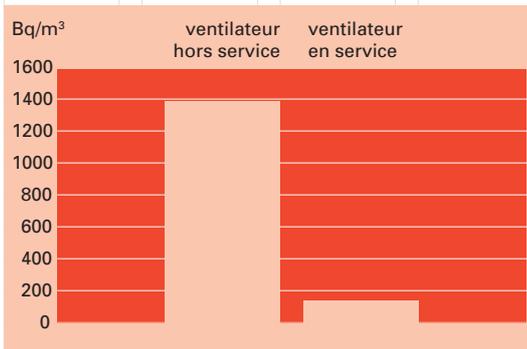
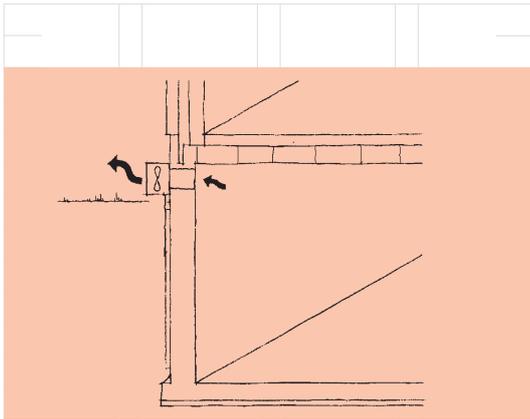
Lorsque les plafonds de caves sont très perméables, hourdis, bois etc... l'air se trouvant au niveau des caves est aspiré vers les étages supérieurs. La dépression naturelle peut être équilibrée par un ventilateur aspirant l'air de ces pièces.

Les pièces doivent être aussi étanches que possible afin de pouvoir utiliser un petit ventilateur et diminuer les pertes thermiques.

Attention: Avec ce système une dépression locale peut être induite et entraîner le refoulement d'un producteur de chaleur et provoquer des risques d'intoxication (CO). Ceci est à contrôler soigneusement lors des tests de l'installation. La pose d'un détecteur de CO est à envisager.

Autres informations : Chap. 2.4, 3.2, 6.2, 8.1

Ventilateur de type axial, 10 à 150 W avec régulateur de vitesse.



Résultats obtenus: Concentration en radon mesurée dans les pièces habitées.

Annexes

Annexe A Contacts et documentation

A.1 Le Service technique et d'information de la Confédération sur le radon et les services cantonaux d'information sur le radon

Le Service technique et d'information de la Confédération sur le radon

L'Office fédéral de la santé publique (OFSP) est compétent pour toutes les mesures relatives au radon à l'échelle nationale. Dans ce but, il a mis en place un " Service technique et d'information sur le radon ". Ce service

- conseille dans le cadre de mesures du radon, de l'assainissement des bâtiments existants et de la conception des bâtiments à construire;
- informe sur la problématique du radon en Suisse ;
- coordonne les activités liées au radon en Suisse ;

OFSP Office fédéral de la santé publique
Section Risques radiologiques
3003 Berne
Tél. 031 324 68 80
Fax 031 322 83 83
e-mail : radon@bag.admin.ch
www.ch-radon.ch

Services cantonaux d'information sur le radon

Avec l'introduction de l'Ordonnance fédérale sur la radioprotection (ORaP), les cantons se sont vu confier les tâches suivantes:

- ils veillent à ce qu'un nombre suffisant de mesures du radon soient effectuées sur leur territoire, afin de mettre en évidence les régions à concentration accrue de radon;
- ils établissent un cadastre des régions à concentrations accrues de radon;
- ils édictent des prescriptions en matière de construction, afin que les valeurs limites et la valeur directrice soient respectées;
- ils ordonnent, sur demande, des mesures ou des assainissements;
- ils effectuent eux-mêmes des mesures du radon et des assainissements dans les bâtiments publics;
- à la fin des travaux, ils contrôlent le respect de la valeur limite à l'aide de mesures du radon effectuées par pointage;
- ils permettent à toute personne intéressée de consulter le cadastre cantonal du radon;
- ils offrent un service cantonal d'information sur le radon.

A.2 Documentation et expositions

Média	Titre	Diffusion
Imprimés	Guide technique «Radon»	OFCL 311.346.f
	Radon Informations sur un thème «rayonnant»	OFCL 311.341.f gratis
	Informations juridiques pour agents immobiliers et professionnels du bâtiment	OFCL 311.350.f gratis
	Informations destinées aux propriétaires de bâtiments au sujet du radon	OFCL 311.349.f gratis
	Radioactivité et radioprotection Informations générales sur ce thème	OFCL 311.322.f gratis
Expositions	Exposition itinérante	Disponible en prêt à l'OFSP
Autres	Maquettes transparentes l'échelle, exemples d'assainissements ou de mesures préventives	Disponible en prêt à l'OFSP

Pour commander:

OFCL, Vente des publications fédérales
CH-3003 Berne
tél. 031 325 50 50
fax 031 325 50 58
www.bbl.admin.ch/bundespublikationen
e-mail: verkauf.zivil@bbl.admin.ch

OFSP tél. 031 324 68 80
fax 031 322 83 83
e-mail: radon@bag.admin.ch

Annexe B

Liste de contrôle pour la visite de bâtiments

Les bâtiments présentant une concentration élevée de radon ou dans lesquels il y a lieu de suspecter une telle concentration devraient faire l'objet de mesures systématiques du radon, afin de pouvoir mettre en œuvre un assainissement efficace. La liste de contrôle ci-après est destinée à servir de guide pour la détermination de l'état initial. Lors de la visite du bâtiment, on s'efforcera d'imaginer et de mettre en évidence les voies d'infiltration et de propagation du radon dans le bâtiment, ainsi que les causes possibles. Ces observations, ainsi que l'interprétation correcte des voies de propagation du radon qui pourra être contrôlée par des mesures ponctuelles du radon seront déterminantes pour la définition et l'exécution ciblées des différentes mesures d'assainissement.

Partie de la construction élément de construction	Observation / contrôle	Conséquences possibles
Enveloppe du bâtiment	Quelles parties de l'enveloppe sont-elles en contact avec le terrain ? Tous les éléments en contact sont-ils connus et déterminés ? Quels éléments de construction séparent la cave des locaux d'habitation ?	Pour la conception des mesures d'étanchement, il est indispensable de traiter l'ensemble des surfaces en contact avec le terrain.
Cave	Odeurs et humidité dans la cave. Des odeurs de moisi et une humidité élevée dans la cave suggèrent un renouvellement de l'air insuffisant et/ou des entrées d'humidité.	Les deux causes de l'odeur de moisi peuvent également entraîner un enrichissement en radon dans la cave.
Locaux d'habitation	Odeurs et humidité dans les locaux d'habitation.	Comme pour la cave, notamment pour les locaux d'habitation situés directement au-dessus du terrain. Dans les locaux situés au-dessus de la cave, ces observations peuvent également suggérer la propagation d'air provenant de la cave.
Sol de la cave	Quelle est la constitution du sol dans les différents locaux de la cave (terrain naturel, carrelage ou pierres à même le terrain, radier) ? Des fissures ou des trous sont-ils visibles ?	Il s'agit de mettre en évidence les éventuels points faibles à travers lesquels le radon est susceptible de s'infiltrer. Leur état doit être examiné de manière détaillée. On évaluera également l'utilité de les étancher. Dans ce cadre, chaque mur en contact avec le terrain ou séparant la cave des locaux d'habitation sera évalué globalement. Qu'en est-il des possibilités de mise en dépression du sol ?
Murs de cave en contact avec le terrain	Quelle est la nature des murs en contact avec le terrain (pierres, béton armé) ? Des plaques de filtrage ont-elles été placées à l'extérieur des murs ? Quels matériaux de remblayage a-t-on utilisé derrière les murs de la cave ? Des fissures ou des trous sont-ils visibles ? Quel est l'état des joints de reprise/raccordement au sol et au plafond ?	Il s'agit de mettre en évidence les éventuels points faibles à travers lesquels le radon est susceptible de s'infiltrer. Leur état doit être examiné de manière détaillée.
Murs séparant la cave des locaux d'habitation	En quels matériaux ces murs sont-ils construits, et quel est leur état ? Quel est l'état des joints de reprise/raccordement ?	Les joints supérieurs de cloisons intérieures présentent souvent des défauts d'étanchéité. Dans le cas de murs en bois à ossature bois, c'est souvent toute la paroi qui n'est pas étanche.

L'Ordonnance fédérale sur la radioprotection

L'Ordonnance fédérale du 22 juin 1994 sur la radioprotection (ORaP, RS 814.501) règle et définit l'exposition admissible de la population aux rayonnements dans les locaux d'habitation et sur les lieux de travail. En ce qui concerne le radon, cette ordonnance vise à protéger la population d'une exposition excessive aux rayonnements liés au radon dans les locaux. Les dispositions de cette ordonnance s'appliquent aux propriétaires et aux locataires d'appartements et de maisons d'habitation, ainsi qu'aux lieux de travail, écoles et autres locaux de séjour. Cette ordonnance étend par conséquent ses effets sur de larges pans du secteur immobilier, et concerne notamment les architectes, les maîtres d'ouvrages et les autorités de la construction.

Extrait de l'Ordonnance du 22 juin 1994 sur la radioprotection:

Section 3 : Concentrations accrues de radon

Art. 110 Valeurs limites et valeur directrice

- 1 La valeur limite applicable aux concentrations de gaz radon dans les locaux d'habitation et de séjour est de 1000 becquerels par mètre cube (Bq/m^3) en moyenne par année.
- 2 La valeur limite applicable aux concentration de gaz radon dans les secteurs de travail est de 3000 Bq/m^3 en moyenne par horaire mensuel de travail.
- 3 Lorsqu'une personne exposée aux rayonnements dans l'exercice de sa profession est en outre exposée à des concentrations supérieures à 1000 Bq/m^3 , la dose accumulée supplémentaire due au radon doit être prise en compte dans le calcul de la dose annuelle admise fixée à l'article 35.
- 4 Pour autant que des travaux de construction simples permettent de l'atteindre, la valeur directrice de 400 Bq/m^3 est applicable en matière de construction ou de transformation de bâtiments (art. 114) ainsi que d'assainissement de bâtiments (art. 113 et 116).

Art. 111 Mesures

- 1 La concentration de gaz radon doit être mesurée par un service agréé.
- 2 Tout propriétaire ou toute autre personne concernée peut demander que soient effectuées des mesures.
- 3 Lorsqu'une mesure n'est pas effectuée selon le 2e alinéa, elle est ordonnée par le canton si la personne concernée le demande. Le canton veille à ce que le résultat de la mesure soit communiqué à la personne concernée.
- 4 Est réputée concernée toute personne pour laquelle il existe des raisons d'admettre que les valeurs limites sont dépassées lors d'un séjour dans les locaux ou les secteurs visés par l'article 110. Cette règle vaut notamment pour les personnes séjournant dans les régions à concentrations accrues de radon selon l'article 115.
- 5 Les usagers des bâtiments doivent rendre les locaux accessibles en vue des mesures.
- 6 Le propriétaire assume les frais des mesures ordonnées par le canton.

Art. 112 Agrément des services de mesure et devoirs leur incombant

- 1 Les services de mesure sont agréés par l'OFSP si le système de mesure prévu est conforme à l'état de la technique et raccordé à des étalons nationaux ou internationaux (traçabilité).
- 2 La traçabilité est fixée par l'OFMET dans chaque cas particulier et vérifiée par un service agréé par lui.
- 3 Les services de mesure sont tenus de communiquer les résultats des mesures au service cantonal compétent.

Art. 113 Mesures de protection

- 1 En cas de dépassement de la valeur limite fixée à l'article 110, le propriétaire doit, à la demande de toute personne concernée, effectuer les assainissements nécessaires dans le délai de trois ans.
- 2 Lorsque le délai est écoulé sans avoir été utilisé ou que le propriétaire refuse d'exécuter les assainissements nécessaires, le canton ordonne leur exécution. Il fixe pour celle-ci un délai de trois ans au plus selon l'urgence du cas.
- 3 Le propriétaire assume les frais des assainissements.
- 4 Les mesures d'assainissement ordonnées par la CNA conformément à la loi sur l'assurance-accidents sont réservées.

Art. 114 Prescriptions en matière de construction

- 1 Les cantons prennent les dispositions nécessaires afin que les nouveaux bâtiments ou les bâtiments transformés soient conçus de façon que la valeur limite de 1000 Bq/m³ ne soit pas dépassée. Ils veillent à ce que l'on cherche à éviter, par des aménagements appropriés de la construction, que la concentration de gaz radon ne dépasse 400 Bq/m³.
- 2 Après l'achèvement des travaux, les cantons contrôlent par pointage si la valeur limite est respectée.

Art. 115 Cadastres du radon

- 1 Les cantons veillent à ce qu'un nombre suffisant de mesures de la concentration de gaz radon soient effectuées sur leur territoire.
- 2 Ils établissent un cadastre des régions à concentrations accrues de gaz radon et veillent à ce qu'ils soit mis à jour en fonction des données fournies par les mesures.
- 3 Dans les régions à concentrations accrues de radon, ils veillent à ce que des mesures soient effectuées dans un nombre suffisant de locaux d'habitation, de séjour et de travail dans les bâtiments publics.
- 4 Toute personne peut consulter les cadastres des régions à concentrations accrues de radon.

Art. 116 Programmes d'assainissement

- 1 Dans les régions à concentrations accrues de radon, les cantons fixent les mesures d'assainissement des locaux dans lesquels la valeur limite fixée à l'article 110, 1er alinéa, est dépassée.
- 2 Ils fixent les délais dans lesquels les travaux d'assainissement doivent être effectués en fonction de l'urgence du cas et des aspects économiques.
- 3 Les travaux d'assainissement doivent être effectués dans les vingt ans suivant l'entrée en vigueur de la présente ordonnance.
- 4 Le propriétaire assume les frais des travaux d'assainissement.

Art. 117 Information

- 1 Les cantons transmettent à l'OFSP les cadastres du radon au plus tard dix ans après l'entrée en vigueur de la présente ordonnance.
- 2 Ils informent régulièrement l'OFSP de l'état des assainissements.

Art. 118 Service technique et d'information sur le radon

- 1 L'OFSP gère un service technique et d'information sur le radon.
- 2 A cet effet, il assume les tâches suivantes:
 - a. il fait régulièrement, en collaboration avec les cantons, des recommandations et des campagnes de mesures;
 - b. il conseille les cantons, les propriétaires et autres intéressés en cas de problèmes liés au radon;
 - c. il informe régulièrement le public des problèmes liés au radon en Suisse;
 - d. il conseille les personnes concernées et les services intéressés sur les mesures de protection à prendre;
 - e. il évalue régulièrement les effets des mesures prises;
 - f. il peut procéder à des enquêtes sur la provenance et les effets du radon;
 - g. il remet régulièrement aux cantons un état des cadastres de radon qui lui ont été transmis selon l'article 115.
- 3 Il met à la disposition des cantons, sur demande, les données des mesures collectées.
- 4 Il peut organiser des cours de formation.

Application des articles relatifs au radon de l'Ordonnance sur la radioprotection, et état de la mise en œuvre

L'application de l'Ordonnance sur la radioprotection est en grande partie du ressort des cantons. Ceux-ci sont chargés de la mise à disposition des informations concernant le cadastre du radon sur leur territoire, ainsi que de l'application des mesures constructives destinées à atteindre, dans un délai approprié, les objectifs fixés dans la législation en matière de protection contre le radon dans les bâtiments à construire et les bâtiments existants. Les tâches de la Confédération sont clairement définies dans l'ORaP sous forme de fonctions d'assistance et de coordination, notamment dans le cadre du Service technique et d'information sur le radon (art. 118). Les tâches des cantons sont toutefois quelque peu limitées, dans la mesure où c'est la Suva qui est compétente pour les lieux de travail.

Les articles de l'ORaP consacrés au radon sont très détaillés et décrivent assez précisément les tâches des cantons. En fonction des différents cantons, il pourra être nécessaire d'ancrer ces dispositions ou de les préciser dans la législation cantonale.

Dans une première phase de l'application, qui s'achève lentement, il s'agissait avant tout de réaliser un cadastre sanitaire fondé sur les mesures du radon, et de créer ainsi les bases pour un classement des régions en fonction de leur concentration de radon. C'est la raison pour laquelle les services cantonaux d'information sur le radon sont actuellement souvent liés à la direction de l'hygiène ou au médecin cantonal. A long terme, ce sont toutefois les aspects relatifs à la construction qui prendront le dessus. Les contacts avec les services des constructions se multiplient par conséquent, afin d'organiser, tant sur le plan technique que législatif, l'application des mesures constructives pour les bâtiments à construire et les bâtiments existants.

L'application de la législation relative à la construction est assurée en grande partie par les communes, avec toutefois des différences importantes d'un canton à l'autre. Les communes sont généralement compétentes pour les projets soumis à autorisation de construire (constructions neuves et rénovations), et ce sont elles à qui l'on va s'adresser en premier lieu, si l'on suspecte du radon dans un bâtiment existant. Certaines communes ont donc déjà commencé à attirer

l'attention sur les dispositions de l'Ordonnance sur la radioprotection, dans le cadre des procédures d'autorisation de construire. Hormis la définition du cadastre du radon, il ne sera guère nécessaire ni judiciaire de fixer dans les règlements de construction communaux des dispositions allant au-delà de celles contenues dans l'ordonnance. Les objectifs en matière de protection contre le radon y sont déjà définis de manière quantitative et contraignante. Les moyens d'atteindre ces objectifs dans le cadre des règlements de construction peuvent être laissés à la libre appréciation des maîtres d'ouvrages et des concepteurs des constructions.

Conséquences pour les architectes, les entreprises, les maîtres d'ouvrages, les propriétaires et les locataires

L'architecte (ou le concepteur) chargé de la conception de l'ouvrage est lié par le devoir de diligence. Dans ce cadre, une conception irréaliste implique qu'il connaisse et qu'il applique les règles de l'art. Depuis l'entrée en vigueur de l'Ordonnance sur la radioprotection, en 1994, d'importants efforts d'information ciblés non seulement sur le grand public, mais aussi sur les spécialistes ont été déployés, notamment par le Service technique et d'information sur le radon de l'Office fédéral de la santé publique. Les connaissances de base sur la nécessité et les principes de la prévention en matière de radon dans les bâtiments à construire et les rénovations font par conséquent partie des règles de l'art à appliquer par les architectes et autres concepteurs. Il en va de même pour les entreprises de construction. Lorsqu'un dépassement de la valeur limite de radon est lié à une exécution peu soignée ou au non-respect de dispositions constructives explicitement prévues, cela sera de plus en plus assimilé à un défaut d'exécution au sens légal, entraînant les droits correspondants prévus par la loi. Dans le cas de la protection contre le radon, ces droits consisteront en des mesures visant à rétablir une concentration de radon admissible.

Pour les maîtres d'ouvrages, il s'agira de déterminer la concentration de radon par une mesure de contrôle. Les éventuelles mesures d'assainissement nécessaires pourront être considérées comme travaux de garantie.

Du côté des maîtres d'ouvrages, ceux-ci voudront non seulement défendre leurs intérêts financiers en évitant toute dépréciation immobilière due à une concentration excessive de radon dans le bâtiment, mais aussi assurer un état sanitaire irréprochable des locaux d'habitation, par devoir moral plus que légal.

En particulier les enfants, en tant que personnes placées sous la responsabilité de leurs parents ou des autorités scolaires, sont en droit d'attendre qu'ils ne soient pas exposés à un risque excessif en matière de radon. La situation se complique dans le cas de locaux loués. En effet, les locataires sont clairement désignés comme des " personnes concernées " au sens de l'art. 113 (ORaP) et ont droit à des locaux irréprochables, y compris sur le plan sanitaire. Ils peuvent donc exiger de la part du propriétaire qu'il assainisse à ses frais les locaux loués si la valeur limite de radon y est dépassée.

L'Ordonnance sur la radioprotection attribue aux cantons (et par conséquent indirectement aux communes) des tâches parfaitement définies, dans des délais prescrits. Les programmes d'assainissement (art. 116) exigent en particulier des modèles d'application structurés. Il faut donc s'attendre à ce que les dispositions correspondantes apparaissent dans les différentes procédures d'autorisation de construire et les documents (p.ex. formulaires) y relatifs.

Annexe D

Le radon dans les matériaux de construction

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

Tableau D1: Taux d'exhalation de radon de certains matériaux de construction, d'après [HOH]

Le radium est présent dans pratiquement toutes les roches et tous les terrains. En tant que produit de désintégration du radium, le radon est donc généré en permanence dans les matériaux de construction minéraux. Lorsqu'il se dégage de ces matériaux, il vient augmenter la concentration de radon dans les pièces. La quantité de radon ainsi dégagée est toutefois généralement très faible. En moyenne, cette source de radon représente 5 à 20 Bq/m³. En regard de la valeur directrice de 400 Bq/m³ et de la valeur limite de 1000 Bq/m³, cette source de radon peut par conséquent être négligée.

En Suisse, on n'a pas mis en évidence, à ce jour, de matériaux de construction susceptibles de devenir une source de radon appréciable dans les bâtiments.

Le choix des matériaux de construction ne permet donc de réduire la concentration de radon que d'une à deux dizaines de Bq/m³, au maximum. Celui ou celle qui désire utiliser cette possibilité peut le faire par le biais des facteurs suivants:

Dégagement de radon des matériaux de construction

Le dégagement de radon varie en fonction des matériaux de construction. Ce dégagement est exprimé en Bq/(m²·h) ou taux d'exhalation. Ce taux d'exhalation dépend à son tour de plusieurs facteurs, notamment de la concentration de radium dans le matériau de construction, de la porosité de ce dernier et même de son humidité. Plus le matériau est imperméable, plus le radon se désintègre à l'intérieur même du matériau, et le polonium non volatil reste dans le matériau sans présenter de danger pour la santé. Les produits de désintégration du polonium ne sont pas volatils non plus. Le tableau D1 montre les taux d'exhalation de quelques matériaux de construction. On voit que les matériaux de construction courants d'origine minérale présentent un taux d'exhalation de 0,2 à 1,5 Bq/(m²·h).

Le rapport aire/volume

La concentration de radon dans une pièce dépend également du rapport entre la surface des matériaux de construction en contact avec l'air de la pièce et le volume de celle-ci. Pour des raisons liées à la géométrie, ce rapport est moins favorable pour les petites pièces que pour les grandes. Toutefois, seules certaines parties des pièces comme le plafond ou les murs sont généralement en matériaux d'origine minérale.

Le revêtement

Comme le taux d'exhalation des matériaux de construction est relativement faible, même les revêtements peu imperméables comme des peintures épaisses, des tapis à fond en caoutchouc, etc. réduisent déjà considérablement l'exhalation de radon.

Le renouvellement de l'air

Les éléments de construction délimitant une pièce représentent une source de radon permanente. Le renouvellement de l'air permet par conséquent de réduire la concentration de radon par dilution (pour autant que la concentration de radon dans l'air extérieur soit inférieure à celle de l'air de la pièce). L'exhalation de radon ne dépend pas sensiblement de la répartition des pressions à l'intérieur du bâtiment.

Conséquences de la problématique du radon pour les architectes, les entreprises, les maîtres d'ouvrages, les propriétaires et les locataires.

A ce jour en Suisse, on ne connaît aucune décision de justice liée à une concentration excessive de radon.

Principes

L'Ordonnance du 22 juin 1994 sur la radioprotection (ORaP, RS 814.501) fixe la valeur limite dans les locaux d'habitation et de séjour au-delà de laquelle on considère qu'il y a un risque pour la santé de l'homme. Lorsque cette valeur est dépassée, ces locaux sont considérés comme ayant un vice de construction au sens des articles 256 et 259 CO, entraînant les droits prévus par la loi. Conformément à l'ORaP, le cadastre du radon devrait être achevé d'ici à 2004. En cas de suspicion fondée sur la base de critères géographiques, géologiques ou autres, et d'ici à cette date, il peut être utile, pour les locataires, les acheteurs potentiels ou les employés, de faire mesurer la concentration de radon avant la conclusion d'un contrat.

Achat et vente de terrain à bâtir

Lors de la vente d'un terrain non construit, la garantie se limite habituellement aux qualités promises ou convenues, telles que d'éventuels projets de construction autorisés, etc. En principe, c'est à l'acheteur de s'informer si le terrain est classé dans une région à concentration accrue de radon, si cela représente un critère important pour sa décision d'achat.

Si l'acheteur demande la garantie que le terrain ne se trouve pas dans une région à concentration accrue de radon, c'est au vendeur de lui fournir cette information et de porter la responsabilité des renseignements donnés.

Vente de bâtiments

Lors de la vente de bâtiments, le vendeur est responsable des qualités promises ou convenues, ainsi que des qualités que l'on est de bonne foi en droit d'attendre du bâtiment. L'absence de défauts réduisant la valeur du bâtiment ou interdisant/limitant considérablement l'usage pour lequel il est prévu fait partie des qualités que l'on est de bonne foi en droit d'attendre d'un bâtiment, même sans convention particulière. Un dépassement de la valeur limite de radon dans des locaux d'habitation ou de séjour est clairement à considérer comme un tel défaut.

Dans les régions à concentrations accrues de radon ou en cas de points faibles manifestes dans la construction, il est recommandé de faire effectuer des mesures de radon avant l'achat du bâtiment. Le vendeur devrait également informer spontanément l'acheteur des résultats des mesures de radon, ainsi que des mesures d'assainissement réalisées. Des valeurs de radon faibles peuvent constituer un avantage concurrentiel sur le marché de l'immobilier. Les résultats des mesures de radon devraient être conservés ; les démarches et les coûts d'un éventuel assainissement lié au radon devraient être documentés. Ces éléments peuvent également constituer des arguments de vente.

Construction ou assainissement d'un bâtiment

Sur le plan juridique, le défaut consiste en l'absence soit d'une qualité promise ou autrement convenue, soit d'une qualité que l'on est de bonne foi en droit d'attendre, même sans convention particulière. Concernant ces qualités implicites, le mandataire est notamment en droit d'attendre que le bâtiment ne présente pas de concentrations excessives de radon. Compte tenu de la connaissance actuelle de la pro-

blématique du radon de la part du grand public, on peut estimer que le respect de la valeur directrice ou limite de radon fait partie de ces qualités implicites. Par mesure de précaution, le respect de ces valeurs pourra être exigé contractuellement.

Baux

L'article 113 ORaP stipule clairement que les personnes concernées peuvent exiger un assainissement, si la valeur limite de radon est dépassée. Les locataires font clairement partie de ces personnes, dans le sens de l'ORaP. Ils peuvent exiger que les assainissements nécessaires soient effectués dans un délai approprié. Parallèlement à cela, il est également possible de retenir une part du loyer (pour les détails concernant la procédure et les voies de droit, on s'adressera à l'organe de conciliation ou à l'association des locataires). Les coûts des assainissements sont à charge des bailleurs et ne constituent pas un motif de hausse du loyer, s'ils ne sont pas liés à des avantages supplémentaires concrets pour les locataires.

Bureaux, écoles, ateliers, etc.

Dans les bureaux, écoles, ateliers, etc., le dépassement de la valeur limite de radon entraîne également l'obligation d'assainir. Dans ce cas, les " personnes concernées " que sont les employés, les enfants et leurs parents, etc. ont le droit d'exiger un assainissement des locaux concernés.

Allègements fiscaux

L'office de perception compétent renseignera sur les allègements fiscaux relatifs aux mesures constructives liées à la protection contre le radon ou à la réduction de la concentration de radon dans les bâtiments. La pratique et la hauteur de ces allègements varient d'un canton à l'autre. D'une manière générale, les assainissements destinés à conserver la valeur du bâtiment sont déductibles du revenu imposable. Les assainissements servant exclusivement à abaisser la concentration de radon dans un bâtiment sont certainement déductibles, dans la mesure où ils ne font que réparer un défaut. Dans de nombreux cantons, ce principe est pondéré par la durée de possession. Plus cette durée est courte, moins on pourra déduire de mesures d'assainissement. En ce qui concerne d'éventuelles aides financières telles que des cautions ou des prêts à taux réduit de la part des pouvoirs publics ou de caisses-maladie, on ne connaît, à ce jour, aucun cas ni aucune réglementation y relatifs.

Liste anerkannter Messstellen
Services de mesures agréés
Servizi di misura riconosciuti

Kantonale
Radon-Kontaktstellen
Services cantonaux
responsables du radon
Servizi cantonali
responsabili del radon

Die aktuellen Listen finden Sie unter:

Les listes actuelles:

Le liste attuali si trovano sotto:

www.ch-radon.ch

Annexe F

Recommandations de l'OFSP pour les diverses «zones de radon»

				Risque radon élevé (Région à concentrations accrues de radon)	Risque radon moyen	Risque radon léger
Bâtiments existants	Utilisation traditionnelle des locaux d'habitation et de séjour			- Mesure de radon nécessaire	- Mesure de radon recommandée	- Mesure de radon envisageable
	Transformation de caves en locaux d'habitation et de séjour			- Mesure de radon nécessaire dans les locaux concernés avant élaboration des plans - Réaliser les mesures d'assainissements, si nécessaire* - Mesure de radon nécessaire après réalisation	- Mesure de radon recommandée dans les locaux concernés avant élaboration des plans - Réaliser les mesures d'assainissements, si nécessaire* - Mesure de radon recommandée après réalisation	- Mesure de radon envisageable dans les locaux concernés avant élaboration des plans - Réaliser les mesures d'assainissements, si nécessaire* - Mesure de radon envisageable après réalisation
	Rénovation importante de locaux d'habitation et de séjour			- Mesure de radon nécessaire avant travaux de rénovation - Réaliser les mesures d'assainissements, si nécessaire* - Mesure de radon nécessaire après assainissement	- Mesure de radon recommandée avant rénovation - Réaliser les mesures d'assainissements, si nécessaire* - Mesure de radon recommandée après assainissement	- Mesure de radon envisageable avant rénovation - Réaliser les mesures d'assainissements, si nécessaire* - Mesure de radon envisageable après assainissement
	Changement de propriétaire de biens immobiliers			- Mesure de radon nécessaire avant ou après changement de propriétaire - Article sur le radon nécessaire dans le contrat de changement de propriétaire.	- Mesure de radon recommandée avant ou après changement de propriétaire - Article sur le radon recommandé dans le contrat de changement de propriétaire.	- Mesure de radon envisageable avant ou après changement de propriétaire
Nouvelles constructions	Planification et exécution			- Etat de la technique et mesures de construction préventives. - SIA-180 ch. 3.1.4.** - Recommandation : dalle en béton d'un seul tenant avec tuyau perforé sous la dalle de fondation, avec possibilité de raccordement pour une éventuelle mise en dépression du sol - Mesure de contrôle après achèvement	- Etat de la technique - SIA-180 chiffre 3.1.4.**	- Etat de la technique
				<p>Ces recommandations s'appliquent surtout aux maisons individuelles, fermes, petites maisons collectives (jusqu'à 3 étages), crèches et écoles.</p> <p>* Mesures selon «Radon: Guide technique» 311.347f. Ce document peut être consulté sous forme de fichier pdf sous www.ch-radon.ch</p> <p>** Norme SIA 180 Isolation thermique et protection contre l'humidité dans les bâtiments, chiffre 3.1.4.3: L'isolation entre la zone d'habitation et la cave ou le grenier doit être effectuée avec un soin particulier dans les régions à concentrations élevées de radon</p>		



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'intérieur DFI
Office fédéral de la santé publique OFSP

Affranchir s.v.p.

Expéditeur

Office fédéral de la santé publique
Division radioprotection
Section Risques radiologiques
3003 Berne



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'intérieur DFI
Office fédéral de la santé publique OFSP

Affranchir s.v.p.

Expéditeur

Office fédéral de la santé publique
Division radioprotection
Section Risques radiologiques
3003 Berne

Si vous désirez être tenus au courant des derniers développements dans le secteur du radon, veuillez s.v.p. nous retourner cette carte-réponse.

Concernant le classeur:

Je désire recevoir les nouvelles informations

Veillez m'informer des activités le domaine du radon:

- Expositions
- Conférences
- Cours

Date

Signature

Si vous désirez être tenus au courant des derniers développements dans le secteur du radon, veuillez s.v.p. nous retourner cette carte-réponse.

Concernant le classeur:

Je désire recevoir les nouvelles informations

Veillez m'informer des activités le domaine du radon:

- Expositions
- Conférences
- Cours

Date

Signature