

# Dossier thématique

## Prévention et remédiation du risque radon dans les bâtiments



Définition du risque radon  
Prévention et remédiation  
Retours d'expériences et enseignements





# SOMMAIRE

<b>PRÉAMBULE</b>	<b>3</b>
<b>AVERTISSEMENT</b>	<b>4</b>
<b>A. LE RADON</b>	<b>5</b>
<b>A.1. Origine</b>	<b>5</b>
<b>A.2. Propagation</b>	<b>5</b>
<b>A.3. Voies d'entrée dans les bâtiments</b>	<b>5</b>
<b>A.4. Concentration de radon dans les bâtiments</b>	<b>6</b>
<b>A.5. Radon et santé publique</b>	<b>8</b>
<b>A.6. Cartographie du potentiel radon en France et en Bretagne</b>	<b>9</b>
<b>A.7. Le cadre réglementaire</b>	<b>10</b>
A.7.1. Historique	10
A.7.2. Renforcement de la réglementation française en 2018 et 2019	11
A.7.3. Plans nationaux santé environnement	13
<b>B. VERS UNE MEILLEURE PRISE EN COMPTE DU RADON</b>	<b>14</b>
<b>B.1. Niveau de perception des acteurs</b>	<b>14</b>
B.1.1. Le grand public, la maîtrise d'ouvrage	14
B.1.2. Les professionnels du bâtiment, entreprises et maîtres d'œuvre	16
<b>B.2. Exemples d'actions de sensibilisation</b>	<b>17</b>
B.2.1. Les actions vers la maîtrise d'ouvrage privée	17
B.2.2. Les actions vers les professionnels du bâtiment, entreprises et maîtres d'œuvre	18
<b>C. PRÉVENTION ET REMÉDIATION DU RISQUE RADON</b>	<b>19</b>
<b>C.1. Méthodologie</b>	<b>19</b>
<b>C.2. Etat des lieux préalable à toute action</b>	<b>19</b>
C.2.1. Neuf	19
C.2.2. Existant	20
<b>C.3. Les actions de prévention et de remédiation</b>	<b>22</b>
C.3.1 Conception du bâtiment	22
C.3.1.1. Neuf	22
C.3.1.2. Existant	22
C.3.2. Etanchéité à l'air	22
C.3.2.1. Neuf	22
C.3.2.2. Existant	25
C.3.3. Ventilation	27
C.3.3.1. Mise en dépression de l'interface entre le sol et le bâtiment	27
C.3.3.2. Mise en dépression du sol sous le bâtiment	33
C.3.3.3. Mise en surpression du bâtiment par rapport au sol	38
C.3.3.4. Suppression des causes de dépression du bâtiment	38
C.3.3.5. Ventilation et aération des locaux	38

<b>C.4. Choix des actions de remédiation contre le radon</b>	<b>40</b>
C.4.1. Neuf	40
C.4.2. Existant	42
<b>C.5. Efficacité des mesures de protection contre le radon</b>	<b>44</b>
<b>C.6. Antagonismes et synergies</b>	<b>44</b>
<b>CONCLUSION</b>	<b>45</b>
<b>GLOSSAIRE</b>	<b>47</b>
<b>RÉPERTOIRE DES RETOURS D'EXPÉRIENCE</b>	<b>48</b>

## PRÉAMBULE

### Contexte

Dans le cadre des objectifs liés à la transition énergétique, le secteur du bâtiment s'est engagé dans une mutation importante qui bouleverse les logiques et les habitudes du passé. Comme dans tous les domaines, ces changements impliquent une montée en compétences des acteurs, qui passe par l'expérimentation. Cette étape, indispensable pour progresser, est cependant naturellement génératrice de difficultés. C'est dans ce contexte que le Réseau Breton Bâtiment Durable est associé à l'Agence Qualité Construction dans le cadre du Dispositif REX Bâtiments performants depuis 2013. Ce dispositif consiste à capitaliser des retours d'expériences en se basant sur l'audit in situ de bâtiments précurseurs et sur l'interview des acteurs qui ont participé aux différentes phases de leur élaboration.

### Objectifs

Le partage des expériences capitalisées est au cœur du mode opératoire. Après une étape de consolidation et d'analyse des données, les enseignements tirés sont valorisés pour permettre l'apprentissage en partageant les bonnes pratiques et en soulignant les pistes d'amélioration.

En 2015, un focus a été porté sur un enjeu sanitaire majeur du bâtiment en Bretagne : le radon. L'objet de ce dossier thématique est de préciser les modes de propagation et de concentration du radon dans le bâtiment et de rappeler les enjeux sanitaires liés à ce gaz. Après avoir dressé un état des lieux de la prise en compte de cette problématique par les acteurs concernés, différentes méthodes de prévention et de remédiation sont présentées et illustrées par des retours d'expériences issus de l'enquête menée sur le terrain.

### Remerciements

La rédaction de ce dossier n'aurait pas été possible sans l'expertise, le regard critique et la contribution d'un ensemble d'acteurs régionaux et nationaux. Que chacun soit ici remercié et tout particulièrement :

**Olivier Blanchard**, Département Santé-Environnement-Travail & Génie sanitaire à l'EHESP

**Stéphane Colle**, chargé d'études en qualité sanitaire des bâtiments au CEREMA

**Bernard Collignan**, ingénieur de recherche au CSTB

**Patrick Debaize**, CLCV29 – Approche-Ecohabitat

**Martin Guer**, Chef de projet Dispositif REX Bâtiments performants à l'AQC

**Claudine Noyon**, ARS DD 29

Dans le cadre de son stage de fin d'étude effectué au sein du Réseau Breton Bâtiment Durable, **Antonin Potelon** a travaillé sur la thématique du radon et a largement contribué à la réalisation de ce dossier thématique, nous le remercions pour la qualité de son travail.

Une journée d'échanges organisée le 8 décembre 2015 à Rennes a également contribué à alimenter ce dossier. L'ensemble des supports d'intervention de cette rencontre est disponible sur le site internet du Réseau Breton Bâtiment Durable :

<http://reseau-breton-batiment-durable.fr/rencontres/le-radon-prevention-et-remediation-dans-le-batiment-retours-dexperiences>

## **Avertissement**

La description d'évènements relevés lors de ces enquêtes et proposés sous formes d'enseignements dans ce dossier ne reflète que l'expérience issue de l'échantillon d'opérations visitées. C'est donc un retour partiel à partir duquel aucune extrapolation statistique ne peut être réalisée.

Ce dossier thématique propose également un ensemble de bonnes pratiques qui sont issues de l'expérience des acteurs rencontrés sur le terrain ou de celle des spécialistes qui ont participé à ce travail. En aucun cas ces bonnes pratiques ne peuvent se substituer aux textes de référence concernés.

Ce document a été révisé en mars 2019

## A. LE RADON

### A.1. Origine

Le radon est un gaz radioactif d'origine naturelle, incolore et inodore. Son isotope le plus stable est le radon-222, dont la demi-vie est de 3,8 jours (*Audi et al., 2003*). Il est issu de la désintégration de l'uranium et du radium présents dans la croûte terrestre. Il provient des sous-sols granitiques et volcaniques, ainsi que de certains matériaux de construction. La concentration de radon équivaut à l'activité volumique du milieu étudié, et est exprimée en Bq/m<sup>3</sup>. Une concentration de 1 Bq/m<sup>3</sup> représente une désintégration par seconde par mètre cube.

### A.2. Propagation

Le radon émane des roches souterraines et s'accumule dans l'air présent dans le sol. Les émissions de radon sont liées à la composition des sols (leur teneur en uranium et en radium), mais aussi à la taille des grains de roches qui définissent la surface de contact entre le sol et l'air qu'il contient. Le radon peut ensuite se déplacer de deux manières : **par convection** le long des fissures et des failles du socle rocheux, ou **par diffusion** à travers les terrains poreux. La propagation du radon dans le sol est similaire à celle de l'air : il traversera plus facilement un terrain perméable qu'un sol argileux. La vitesse de déplacement du radon dépend donc de la porosité du milieu. Ces vitesses sont faibles, généralement de l'ordre de 2 à 3 mètres par jour. C'est justement quand le temps de parcours est long que l'air du sol s'enrichit le plus en radon. Le potentiel radon d'une zone est donc fonction des émissions de radium des roches et de la perméabilité du sol. Parfois, une faible concentration de radon dans un sol très perméable peut entraîner une concentration plus élevée dans les bâtiments qu'une forte concentration de radon dans un sol peu perméable. Des paramètres météorologiques, tels que la pression et la température, peuvent aussi provoquer des variations saisonnières et journalières des concentrations de radon dans l'air du sol (*Chené et al., 1989*).

Les couches superficielles du sol étant généralement moins perméables que les couches inférieures, il y a peu d'échanges entre l'air du sol et l'air extérieur. De plus, le radon est fortement dilué par l'air extérieur lorsqu'il sort de terre. C'est pourquoi les concentrations mesurées en plein air dépassent rarement 15 Bq/m<sup>3</sup> (*INERIS, 2008*).

Les couches superficielles du sol, dont la faible perméabilité empêche le radon de s'échapper, sont percées par les fondations des bâtiments. Ainsi, si la pression intérieure est inférieure à celle du sous-sol, les bâtiments peuvent aspirer l'air du sol et le radon qu'il contient dans des rayons de plusieurs dizaines de mètres (*Zeltner, 2000*).

### A.3. Voies d'entrée dans les bâtiments

Le radon retrouvé dans l'air intérieur des bâtiments peut :

- être émis par des matériaux de construction ;
- être contenu dans l'eau puis vaporisé (*CRIIRAD, 2014*) ;
- être amené par l'air extérieur ;
- provenir du sol.

Dans l'air intérieur des bâtiments, l'excès de radon causé par les matériaux de construction est estimé entre 10 et 20 Bq/m<sup>3</sup>, et les apports du radon contenu dans l'eau vaporisée sont négligeables (sous réserve d'études spécifiques). Comme mentionné précédemment, les concentrations de radon sont faibles dans l'air extérieur, car il est rapidement dilué dans d'importants volumes d'air. Il est admis que le radon provenant du sol est la source la plus contributive aux concentrations mesurées dans l'air intérieur des bâtiments (CSTB ; ARS, 2012). Bien que les contributions de ces différentes sources soient très variables, il ne sera tenu compte ici que du radon provenant du sol.

Tout comme la propagation du radon dans le sol, son entrée dans les bâtiments peut s'effectuer de deux manières.

Premièrement, il peut se diffuser **à travers le plancher bas du bâtiment**. Sa diffusion est similaire à celle de la vapeur d'eau, bien connue dans le domaine de la construction. La diffusion d'un gaz à travers un solide dépend de la structure du solide et de certaines propriétés du gaz. Le coefficient d'étanchéité au radon des matériaux de construction sera donc différent de leur coefficient d'étanchéité à l'eau, même si ce dernier donne une indication sur le comportement des matériaux vis-à-vis du radon. Par ailleurs, lorsque la durée de diffusion moyenne du radon à travers un élément de construction excède quelques jours, la désintégration radioactive a essentiellement lieu à l'intérieur du solide. Les produits de désintégration du radon n'étant pas gazeux, ils restent piégés dans la paroi et ne sont plus dangereux pour la santé. Un matériau est considéré étanche au radon si son épaisseur est au moins trois fois plus grande que sa longueur de diffusion R, calculée comme suit :

$R = \sqrt{D/\lambda}$  avec D la constante de diffusion du radon (m<sup>2</sup>/s), et  $\lambda$  la constante de désintégration (s<sup>-1</sup>) (Keller et Hoffmann, 2000).

Deuxièmement, le radon peut être **transporté par l'air et s'infiltrer à travers les défauts d'étanchéité de l'enveloppe** en contact avec le sol. Ces points de passage peuvent être des fissures du plancher bas ou des murs enterrés, des parties de constructions perméables (poutres, pierres, etc.), des passages de réseaux (conduites d'eau, câbles électriques, etc.).

La contribution de la diffusion du radon à travers les matériaux de construction est considérée négligeable devant celle de l'infiltration par des points de passage de l'air dans l'enveloppe du bâtiment (DREAL Limousin, 2012 ; Zeltner, 2000).

#### A.4. Concentration de radon dans les bâtiments

La concentration de radon mesurée dans l'air intérieur d'un bâtiment varie en fonction de nombreux paramètres.

Elle dépend d'abord du potentiel radon de la zone géologique sur laquelle le bâtiment est implanté. Ce potentiel d'émission radioactive peut fortement varier dans l'espace. Un bâtiment construit sur une faille, par exemple, présentera une concentration de radon beaucoup plus importante qu'un bâtiment voisin similaire mais construit à l'écart de la faille. Le potentiel radon d'un lieu peut être estimé en mesurant la radioactivité d'un échantillon d'air dans le sol. Cette démarche présente des résultats variables et est par ailleurs coûteuse : elle n'est à réserver qu'à des circonstances particulières permettant le choix de l'emprise d'un bâtiment au sein d'une parcelle.

La concentration de radon dans l'air intérieur dépend aussi des caractéristiques du bâtiment : son mode constructif, les matériaux utilisés, son étanchéité à l'air et sa ventilation. Par exemple, les bâtiments anciens ayant fait l'objet de rénovations énergétiques comprenant une étanchéification de l'enveloppe (avec notamment le remplacement des menuiseries extérieures), mais pas d'installation ou de remplacement du système de ventilation, présentent souvent des concentrations de radon très élevées. En effet, l'étanchéité à l'air de la dalle ou des soubassements n'est généralement pas améliorée car l'intervention est beaucoup moins aisée et, étant au contact du sol, les pertes de chaleur occasionnées par ces éléments sont plus faibles devant celles du reste de l'enveloppe. La pénétration du radon à l'intérieur du bâti n'est donc pas modifiée. Le renouvellement de l'air intérieur est par contre limité par l'imperméabilisation des parois et l'absence ou l'insuffisance de ventilation mécanique. Ne pouvant pas s'évacuer, le radon s'accumule dans l'air intérieur, et sa concentration peut atteindre 15 000 Bq/m<sup>3</sup> dans certains cas. Une étude suisse réalisée sur 160 habitations ayant subi une rénovation énergétique révèle une croissance moyenne des concentrations en radon de 25%. Cette augmentation atteint même 35% lorsque les fenêtres ont été remplacées (Mesqualair, 2016).

Le comportement des occupants ou gestionnaires des bâtiments peut aussi influencer les teneurs en radon de l'air intérieur. Une mauvaise gestion de la ventilation, mécanique ou naturelle en n'aérant pas suffisamment, contribue largement à l'augmentation des concentrations de radon.

Enfin, on constate de grandes variations journalières et saisonnières du taux de radon à l'intérieur des bâtiments. Les variations journalières dépendent principalement des activités humaines, avec des ouvertures de portes et fenêtres en journée, et une ventilation mécanique parfois réduite ou arrêtée la nuit (CEREMA, 2013). Les variations saisonnières sont en partie dues à la diminution de la ventilation naturelle en hiver, et au chauffage de l'air intérieur qui forme une colonne d'air chaud ascendante créant une dépression dans la partie inférieure du bâtiment (effet cheminée). A l'inverse, du fait de leur déshydratation, les sols émettent plus pendant l'été. Trois campagnes de mesure des concentrations intérieures en radon ont été conduites dans 6 010 maisons situées en Bretagne et en Limousin entre 2011 et 2016 (CSTB, 2019). L'analyse des résultats montre « l'influence de huit variables sur les concentrations intérieures en radon : le potentiel d'exhalation en radon du sol, le type de soubassement de la maison, le matériau de construction, la période de construction, le nombre de niveaux habités, la localisation du dosimètre, un changement de fenêtres et le type de ventilation. Le potentiel du sol est la variable ayant la plus forte influence. Cette étude conforte des déterminants du radon déjà connus et met en évidence d'autres variables moins étudiées, comme le type de ventilation, ou non identifiées à ce jour comme pouvant influencer la concentration en radon, comme le changement de fenêtres. »

Bien que non exhaustifs, ces paramètres nous montrent qu'il est impossible d'estimer quantitativement la concentration intérieure de radon d'un bâtiment en considérant uniquement le mode constructif et la localisation géographique.

Il est donc nécessaire de mesurer ces concentrations pour évaluer l'exposition des occupants au radon. Il existe des instruments de mesure, appelés dosimètres passifs. Plusieurs types de dosimètres existent. L'un d'entre eux a la forme d'un cylindre en plastique d'environ 3 cm de diamètre. Il est bon marché (voire distribué gratuitement lors de certaines campagnes de mesure), facile d'utilisation, et **mesure la concentration moyenne annuelle en radon dans un bâtiment**. Il est recommandé (ISO 11665-4) de le placer dans une pièce de vie du niveau habité le plus bas, et de l'y laisser au moins deux mois pendant la période de chauffe. Pour la recherche des sources potentielles de radon, des dosimètres actifs, permettent d'ob-

tenir **une mesure de l'activité volumique à l'instant « T » du radon** Les valeurs ainsi mesurées ne correspondent pas à l'évaluation de l'exposition des personnes mais sont utilisées pour localiser les entrées de radon dans le bâtiment.



Figure 1 - Exemple de dosimètre passif (source : CLCV)

## A.5. Radon et santé publique

Le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a classé le radon comme cancérigène certain pour le poumon en 1987. A long terme, l'inhalation de radon conduit à augmenter le risque de développer un cancer du poumon. Cette augmentation est proportionnelle à l'exposition cumulée tout au long de sa vie.

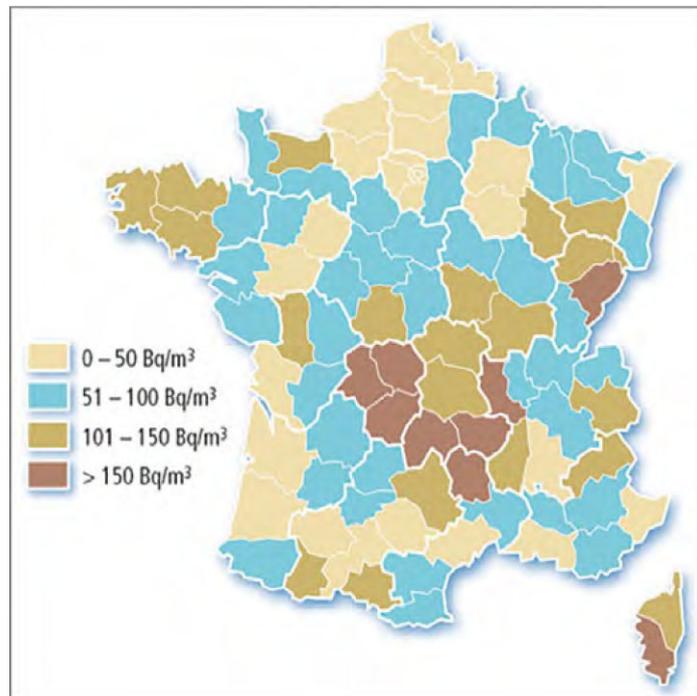
En France, le radon est la seconde cause de cancer du poumon (environ 3 000 morts par an), derrière le tabagisme. L'exposition à la fois au radon et au tabac augmente de façon majeure le risque de développer un cancer du poumon. (Arrêté du 20 février 2019 relatif aux informations et aux recommandations sanitaires à diffuser à la population en vue de prévenir les effets d'une exposition au radon dans les immeubles bâtis, Annexe 1).

La plus grande part du radon absorbée à l'inspiration est rejetée à l'expiration. C'est la dégradation du radon et surtout de ses descendants radioactifs (notamment le polonium-218) qui émet des particules radioactives capables d'irradier les tissus des bronches ou des poumons (Institut National du Cancer, 2001) lorsqu'elles sont inhalées. De nombreuses études épidémiologiques ont confirmé la contribution du radon, même à faible dose, dans la survenue de cancer du poumon (InVS, 2007 ; Turner, 2011 ; Zhang, 2012). En France, le radon est la deuxième cause de cancer du poumon, toutefois bien derrière le tabac (InVS, 2007). L'InVS estime le nombre annuel de décès par cancer du poumon imputable à l'exposition domestique au radon entre 1 200 et 1 900, soit entre 5% et 12% des décès par cancer du poumon observés (InVS, 2013). En Bretagne, le radon serait responsable de 20% des cas de cancer du poumon.

La contribution du radon est suspectée dans la survenue d'autres pathologies que les cancers broncho-pulmonaires. Plusieurs études menées sur des cohortes de mineurs ont révélé des excès de mortalité par myélomes multiples, cancers du pancréas, du cerveau et de l'estomac, mais aucune association positive avec une exposition cumulée au radon n'a pour l'instant été mise en évidence. Une corrélation statistique entre l'activité volumique du logement et l'occurrence de leucémie a aussi été observée dans plusieurs études réalisées en population générale. Cette relation n'a cependant pas été confirmée par les études cas-témoins, dont la puissance statistique est généralement meilleure. Contrairement au cancer du poumon, l'association entre exposition au radon et excès de risque de ces pathologies est à ce jour suspectée mais non confirmée (InVS, 2013).

## A.6. Cartographie du potentiel radon en France et en Bretagne

L'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) réalise depuis plusieurs années des campagnes de mesure du radon, et publie des cartes de concentration en radon dans l'air des habitations. La première carte résulte d'une campagne de mesure menée en 1997 à l'échelle départementale. Le territoire français avait alors été maillé en carrés de 7 km de côtés. Dans chacun de ces carrés, un bâtiment (généralement un établissement public) devait théoriquement donner lieu à une mesure de la radioactivité naturelle. Dans les faits, de nombreuses communes n'ont pas fait l'objet de mesures. La moyenne arithmétique des mesures a été retenue pour chaque département. La carte a été publiée en 2000 dans l'« Atlas 2000 », un document électronique résumant les résultats de la campagne de mesure disponible sur le site internet de l'IRSN (IRSN, 2000). Trois départements bretons (les Côtes d'Armor, le Finistère et le Morbihan) étaient parmi les départements français les plus exposés au risque radon (IRSN, 2002). L'IRSN définit comme prioritaires les départements dont la concentration moyenne de radon est supérieure à 100 Bq/m<sup>3</sup>, soit 31 départements en France.



**Figure 2 - Carte de l'activité volumique intérieure moyenne par département publiée dans l'Atlas 2000 (IRSN, 2000)**

Depuis, en s'appuyant sur la corrélation entre les mesures réalisées et la nature des sous-sols géologiques, une carte du potentiel radon (« potentiel moyen ou élevé », « potentiel faible » ou « potentiel faible mais présence de facteurs géologiques particuliers pouvant faciliter le transfert du radon vers le bâtiment ») à l'échelle communale a été produite pour l'ensemble du territoire français. Cette carte est consultable sur le site web de l'IRSN (IRSN, 2013).

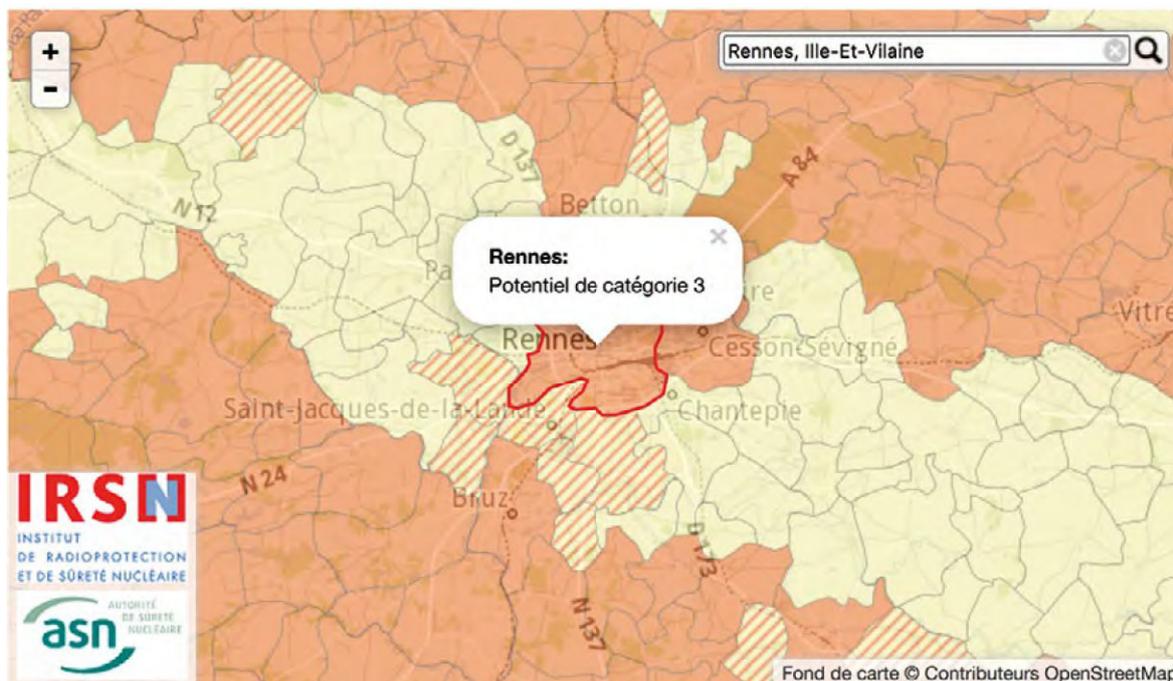


Figure 3 - Interface de la carte communale du potentiel radon des formations géologiques (www.irsn.fr, 2013)

## A.7. Le cadre réglementaire

### A.7.1. Historique

Le premier cadre réglementaire européen concernant le radon a été celui de la recommandation de la Commission 90/143/Euratom du 21 février 1990 relative à la protection de la population contre les dangers résultant de l'exposition au radon à l'intérieur des bâtiments. Ces recommandations étaient non contraignantes.

La directive européenne 96/29/Euratom du 13 mai 1996 a introduit des exigences concernant les risques liés aux sources de rayonnement naturel tout en excluant clairement le cas du radon dans l'habitat.

La seule exigence imposait aux Etats membres d'identifier les activités professionnelles susceptibles d'augmenter significativement l'exposition des travailleurs et du public au risque radon. La directive laissait une certaine souplesse quant à la mise en œuvre de mesures de protection appropriées.

La directive européenne 2013/59 Euratom du 05 décembre 2013 impose des mesures, dont certaines ont été anticipées :

- l'établissement d'un plan national d'action couvrant à la fois la protection du public et celle des travailleurs,
- l'établissement d'une liste de départements prioritaires,
- la gestion du risque lié au radon dans les lieux ouverts au public.

## A.7.2. Renforcement de la réglementation française en 2018 et 2019

Le décret n°2018-434 du 04 juin 2018 portant diverses dispositions en matière nucléaire achève la transposition de la directive européenne 2013/59.

En France comme en Europe, à partir du 1er juillet 2018, **le niveau de référence de la concentration en radon dans les bâtiments est abaissé à 300 Bq/m<sup>3</sup>.**

### Zonage

L'arrêté du 27 juin 2018 portant délimitation des zones à potentiel radon, détermine un zonage sur l'ensemble du territoire français. En remplacement des 31 départements jugés prioritaires, il classe l'ensemble des communes du territoire en trois zones :

- zone 1 : à potentiel radon faible,
- zone 2 : à potentiel faible mais sur lesquelles des facteurs géologiques particuliers peuvent faciliter le transfert du gaz vers les bâtiments,
- zone 3 : à potentiel significatif. Sont particulièrement concernés les départements de Bretagne et du Massif central.

Ce zonage était prévu par l'ordonnance du 10 février 2016 portant diverses dispositions en matière nucléaire et précisé par son décret d'application du 4 juin 2016. Le site de l'IRSN propose une cartographie détaillée du potentiel radon par commune, y compris en outre-mer : « connaître le potentiel radon de ma commune ».

### Surveillance des ERP

Le décret élargit la surveillance des établissements recevant du public (ERP). Sont désormais concernés :

- les établissements d'accueil collectif d'enfants de moins de 6 ans,
- les établissements d'enseignement, y compris les bâtiments d'internat,
- les établissements sanitaires, sociaux et médico-sociaux avec capacité d'hébergement,
- les établissements thermaux,
- les établissements pénitentiaires.

Pour ces établissements, dans les zones de catégorie 3, le dépistage du radon est à faire obligatoirement par un organisme agréé niveau 1A par l'Autorité de Sureté Nucléaire (ASN).

Les établissements situés en zone 1 ou 2 qui ont déjà effectué des mesures dont les résultats étaient supérieurs à 300 Bq/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle, sont également soumis à l'obligation de surveillance.

En cas de dépassement du niveau de référence, les propriétaires ou à défaut les exploitants sont tenus de mener des actions visant à réduire l'exposition des personnes.

En cas de travaux modifiant la ventilation ou l'étanchéité du bâtiment, les mesures doivent être renouvelées.

Ces points ont été précisés par l'arrêté du 26 février 2019 présenté ci-dessous.

### Evaluation des risques d'exposition des travailleurs

Elle est obligatoire pour tous les lieux de travail situés en sous-sol ou rez-de-chaussée et doit être annexée au Document Unique. Cette évaluation est à faire par l'employeur et peut être réalisée sans mesures. On peut, par exemple être localisé en zone 3 avec des bureaux situés exclusivement au 1<sup>er</sup> étage. L'évaluation conduit à conclure à l'absence de risques sans qu'il soit nécessaire de prévoir des mesures. Inversement, avec des bureaux semi-enterrés localisés

en zone 2, l'employeur peut réaliser ou faire réaliser des mesures, sans pour autant que cela soit obligatoire. (cf. l'instruction DGT/ASN/2018/229 du 2 octobre 2018 relative à la prévention des risques d'exposition aux rayonnements ionisants).

### Information en cas de vente ou de location

Les acquéreurs ou locataires de biens immobiliers situés dans des zones à potentiel radon significatif (zone 3), doivent être informés par le bailleur ou le vendeur de ces risques. Cet élément de diagnostic est intégré dans le CERFA « Établissement de l'état des risques et pollutions » annexé à la vente ou au bail.

### Information des citoyens sur les risques majeurs

Cette information est à diffuser à la population en vue de prévenir les effets d'une exposition au radon dans les immeubles bâtis (arrêté du 20 février 2019).

Sur la base des connaissances disponibles, le **Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM)** établi et publié par la préfecture présente « les risques majeurs identifiés dans le département, leurs conséquences prévisibles pour les personnes, les biens et l'environnement. Il souligne l'importance des enjeux exposés, notamment dans les zones urbanisées. Il mentionne les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde et décrit les modes de mitigation qui peuvent être mis en œuvre, vis-à-vis de l'intensité des aléas et de la vulnérabilité des enjeux, pour en atténuer les effets. Il fait de même pour les phénomènes qui peuvent affecter indifféremment toutes les communes du département, comme les tempêtes, les chutes abondantes de neige, les vagues de froid ou de forte chaleur et le transport de marchandises dangereuses. »

A ce titre, le DDRM présente le risque radon, la nature de ce risque dans le département et les actions préventives existantes.

Le **Dossier d'Information Communal sur les Risques Majeurs (DICRIM)** élaboré par le maire à partir des informations transmises par le préfet, a pour but d'informer la population sur les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde relatives aux risques auxquels est soumise la commune. (articles R125-10 à R125-14 du code de l'environnement). Le DICRIM précise notamment le potentiel radon de la commune.

### Modalités de gestion du radon dans les ERP et diffusion de l'information

Un arrêté du 26 février 2019 définit la nature des actions à mettre en œuvre par les propriétaires ou, si une convention le prévoit, les exploitants des **établissements recevant du public** mentionnés à l'[article D. 1333-32 du code de la santé publique](#), en cas de mesurage du radon dépassant le niveau de référence de 300 Bq/m<sup>3</sup> fixé à l'article R. 1333-28 du même code.

Pour un résultat de mesurage compris entre 300 et 1000 Bq/m<sup>3</sup>, le propriétaire ou l'exploitant de l'ERP doit mettre en œuvre des actions correctives comme :

- vérifier l'état de la ventilation et supprimer les éventuels dysfonctionnements,
- réaliser des étanchements de l'enveloppe du bâtiment en contact avec le terrain ainsi que les voies de transfert entre les sous-sols et les parties occupées du bâtiment,
- améliorer ou rétablir la ventilation naturelle du soubassement lorsqu'il existe.

Si les actions ne permettent pas d'atteindre le niveau de référence ou si les résultats de mesurage sont supérieurs à 1000 Bq/m<sup>3</sup>, le propriétaire ou l'exploitant doit faire réaliser une expertise comprenant :

- des informations générales sur le bâtiment et son environnement,
- une description du soubassement,

- une description du système de ventilation lorsqu'il existe ou une évaluation qualitative du niveau d'aération des espaces de vie du bâtiment,
- une description des systèmes (chauffage, rafraîchissement, production d'eau chaude sanitaire...).

Les résultats de l'expertise sont à transmettre au préfet dans un délai d'un mois suivant leur réception. Sur la base de cette expertise, des travaux seront mis en œuvre, ils viseront à limiter l'entrée du radon et à en réduire sa concentration à l'intérieur du bâtiment. Ces travaux sont regroupés en trois familles :

- assurer l'étanchéité du bâtiment vis-à-vis des entrées de radon,
- augmenter le renouvellement d'air à l'intérieur des pièces occupées,
- traiter le soubassement (vide sanitaire, cave, dallage sur terre-plein...), lorsqu'il existe pour réduire l'entrée du radon.

Le propriétaire ou l'exploitant dispose d'un délai de 36 mois après réception des résultats de mesurage initial pour mettre en œuvre les actions correctives et/ou les travaux et en vérifier l'efficacité par un nouveau mesurage.

Enfin, le texte définit les conditions suivant lesquelles les personnes qui fréquentent l'établissement sont tenues informées des résultats de la surveillance du radon par voie d'affichage conformément à [l'article R. 1333-35 du code de la santé publique](#).

### A.7.3. Plans nationaux santé environnement

Déjà mentionnée dans les deux premiers Plans Nationaux Santé Environnement (PNSE), la gestion du risque radon est une priorité du PNSE 3 (2015-2019). L'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) a publié le plan national d'action 2016-2019 pour la gestion du risque lié au radon. Cette troisième édition est le fruit d'une collaboration entre l'ASN, les ministères en charge de la santé, de l'environnement, de la construction et du travail, les experts nationaux, les acteurs régionaux, les professionnels de la mesure du radon et les associations intervenant sur ce sujet. Ce plan poursuit la dynamique développée dans le cadre du plan national d'action 2011-2015. Le contexte nouveau d'élaboration de ce troisième plan, lié notamment à la transposition de la Directive 2013/59/Euratom du Conseil européen du 05 décembre 2013, lui confère désormais une dimension réglementaire.

Dans cette édition, l'information et la sensibilisation du public et des principaux acteurs concernés par le risque radon (collectivités territoriales, employeurs, ...) sont désormais inscrits en orientation stratégique de première priorité. Cette stratégie d'information et de sensibilisation s'appuie sur les mesures adoptées en 2016. Parmi elles se distinguent deux mesures-phare : l'information obligatoire des acquéreurs et des locataires (« IAL ») de biens immobiliers sur les risques sanitaires liés au radon dans l'habitat et la prise en compte du radon dans le dispositif de gestion de la qualité de l'air intérieur, prévue par la loi n°2016-41 du 26 janvier 2016.

## B. VERS UNE MEILLEURE PRISE EN COMPTE DU RADON

### B.1. Niveau de perception des acteurs

#### B.1.1. Le grand public, la maîtrise d'ouvrage

En abordant la question avec les acteurs du bâtiment et ceux de la santé, la faible prise en compte de la problématique du radon par le grand public s'impose rapidement comme une évidence. Plusieurs raisons sont avancées.

Tout d'abord, **le risque sanitaire que représente le radon est souvent méconnu** des maîtres d'ouvrage et propriétaires de logements. Certaines actions locales, telle que la campagne de sensibilisation réalisée sur le territoire de Concarneau Cornouaille Agglomération (CCA), permettent d'informer les particuliers sur le radon, son entrée dans les bâtiments et ses risques pour la santé. Cette opération, initiée en 2012 par l'association de consommateurs du Finistère Consommation Logement Cadre de Vie (CLCV) et cofinancée par l'Institut National du Cancer (INCa) et la Direction Générale de la Santé du ministère de la santé (DGS), proposait la fourniture gratuite de dosimètres aux habitants de l'agglomération. Elle reposait sur une démarche volontaire, c'est-à-dire que les participants devaient se déplacer pour se procurer le kit de mesure. Ceci a permis d'augmenter le taux de renvoi des dosimètres après mesure. Au total, 4 488 appareils de mesure ont été distribués, et environ 80% d'entre eux ont été retournés pour analyse. Un questionnaire qualitatif de description des bâtiments était joint aux dosimètres. Seuls les résultats concernant les mesures initiales des bâtiments d'habitation couplés à ce questionnaire ont été analysés (3304 points) La moyenne des concentrations mesurées s'élève à 240 Bq/m<sup>3</sup>, ce qui est bien supérieur aux 144 Bq/m<sup>3</sup> de moyenne mesurés pour le Finistère lors de l'élaboration de l'Atlas 2000 par l'IRSN (à noter que seulement 250 mesures avaient alors été faites sur tout le département). Des visites de terrain ont permis d'élaborer des « diagnostics simplifiés » pour les habitations les plus contaminées, en décrivant les défauts d'étanchéité et de ventilation responsables de l'accumulation de radon à l'intérieur du bâti et les travaux à effectuer pour y remédier. Fort de la réussite de cette campagne, la délégation territoriale du Finistère de l'Agence Régionale de Santé (ARS) a étendu l'opération à tout le département pendant les hivers 2014/2015 puis 2015/2016, pendant lesquels environ 2 000 nouveaux dosimètres ont été distribués. La grande majorité des participants à ces campagnes de mesures n'avait aucune connaissance préalable du risque radon. Ces opérations ont donc été l'occasion de sensibiliser le grand public à la problématique du radon dans les logements.

En dehors des zones couvertes par ces campagnes, lorsque des particuliers déjà sensibilisés au radon mettent en place des mesures de gestion de ce risque dans leur logement, ces opérations s'inscrivent généralement dans une recherche plus globale de qualité de vie, d'habitat sain, mais aussi de performance thermique et environnementale. Les autres polluants de l'air intérieur y sont traités, au même titre que le radon, par un système de ventilation adapté et une rigueur dans l'étanchéité de l'enveloppe. La gestion du risque radon n'est souvent qu'une des raisons justifiant la mise en place d'un système de prévention efficace. La pose d'un système de ventilation du héraisson sous la dalle, par exemple, peut être principalement motivée par la prévention des remontées d'humidité, mais elle assure aussi une protection efficace contre les infiltrations de radon. De même, l'enveloppe est généralement très étanche car cela contribue à la performance énergétique du bâtiment. Même quand des systèmes sont installés exclusivement pour lutter contre le radon, ils sont rarement couplés de mesures de l'activité volumique de l'air intérieur. La mise en place de ces systèmes est peu chère quand elle est intégrée en amont des projets, qu'il s'agisse de constructions neuves ou de rénovations énergétiques. Les propriétaires préfèrent installer un système de prévention dont ils n'auront peut-être pas

besoin, plutôt que d'avoir recours à des solutions de remédiation par la suite, lesquelles sont beaucoup plus onéreuses. Les logements où les maîtres d'ouvrage qui mettent en œuvre ces solutions ne sont donc pas particulièrement à risque : premièrement car le radon y est traité même si l'habitation ne se trouvait pas dans une zone géologique à risque, et deuxièmement parce que ce type de bâtiment, conçu avec une approche globale, dispose de systèmes de ventilation et d'étanchéité performants. Ces propriétaires, bien que sensibilisés au risque radon, font cependant part d'une grande difficulté à trouver des artisans locaux suffisamment formés sur les techniques de prévention et d'atténuation.

La deuxième cause du manque de prise en compte du risque radon est **la sous-estimation de la « dangerosité » du radon**. Parmi les milliers de logements dont l'activité volumique de l'air intérieur a été mesurée lors de la campagne de mesure de la CLCV, une quinzaine seulement a entrepris des travaux. Un deuxième exemple de ce désintéressement est illustré par Claudine NOYON, de la délégation territoriale du Finistère de l'ARS. En 2007, un journaliste du Télégramme a demandé à la Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales (DDASS), devenue ARS depuis lors, les mesures réglementaires des établissements recevant du public du département. Ces données sont publiques et lui ont été communiquées. Le journaliste a publié, en première page des éditions locales datées du 24 octobre 2007, les mesures de tous les établissements de la zone. Un petit paragraphe rappelait brièvement ce qu'était le radon, et quels en étaient les risques pour la santé. De nombreuses mesures dépassaient largement la limite réglementaire, néanmoins personne n'a contacté l'ARS à ce propos.

Cette absence de réaction est souvent justifiée par un manque de connaissance du radon par le grand public : « s'il y avait un risque, cela se saurait ». Le manque d'information quant au risque radon engendre une mauvaise interprétation : « si personne n'en parle, ça ne doit pas être très important ». Même quand l'information sur le risque est communiquée, elle n'est pas systématiquement prise au sérieux.

D'autres réactions fréquentes concernent l'ancienneté de ce risque auquel on a toujours été confronté : « Ce n'est pas grave, c'est de la radioactivité naturelle. Nos parents, grands-parents et arrière-grands-parents y étaient aussi exposés sans que cela ne pose de problème ». Or, l'origine naturelle de la radioactivité ne la rend pas moins dangereuse. Ensuite, le risque est beaucoup plus important aujourd'hui qu'il ne l'était par le passé. Nous passons de plus en plus de temps à l'intérieur des bâtiments, ce qui augmente considérablement notre exposition au radon. De plus, tel que mentionné précédemment, la recherche de performance thermique conduit à l'étanchéification des enveloppes des bâtiments qui, si elle n'est pas couplée à l'installation d'un système de ventilation mécanique adapté, favorise l'accumulation du radon dans l'air intérieur.

En complément des raisons déjà évoquées, il existe également une sous-estimation de la contribution du radon aux cas de cancer du poumon. Les effets du radon sont souvent négligés devant ceux du tabagisme, dénoncés dans des campagnes de prévention depuis plus d'un siècle (CNCT). Mais le grand public est aussi plus sensibilisé au tabagisme passif et aux problèmes de qualité de l'air extérieur (en particulier la pollution urbaine), dont les risques de cancer du poumon sont comparables (IPSN, 1998) à celui du radon. Ces facteurs de risques sont plus médiatisés, mais aussi plus perceptibles : on peut voir et sentir la pollution urbaine ou la fumée de tabac, alors que le radon est incolore et inodore, et que la radioactivité reste quelque chose de flou pour une grande majorité, surtout quand elle est d'origine naturelle. Enfin, la troisième cause de la non prise en compte du risque radon est la peur. Certaines personnes refusent de faire des mesures par peur du résultat : « tant qu'il n'y a pas de mesure, il n'y a pas de problème ». De plus, le logement relève de la sphère privée, et les habitants peuvent estimer que la venue d'un diagnostiqueur radon dans leur logement constitue une atteinte à

leur intimité. Lorsque des mesures sont réalisées, les propriétaires concernés se posent beaucoup de questions quant à la légalité et la moralité de la revente d'un logement exposé au risque radon. D'autres sont préoccupés par la dépréciation de leur bien immobilier qui pourrait être occasionnée par la mesure de fortes concentrations de radon dans l'air intérieur, en oubliant d'apprécier la plus-value de leur logement lorsqu'il est rendu étanche au radon.

### B.1.2. Les professionnels du bâtiment, entreprises et maîtres d'œuvre

Comme la maîtrise d'ouvrage privée, les acteurs de la construction semblent peu sensibilisés au radon, aux risques qu'il représente et aux méthodes de prévention et de remédiation. De rares stages d'introduction aux techniques de prévention et d'atténuation sont dispensés par des organismes privés, mais la majorité des formations du bâtiment n'abordent pas la problématique du radon.

Il convient de rappeler que si les règles de l'art décrites dans les DTU (Documents Techniques Unifiés, documents dont le non-respect peut entraîner l'exclusion des garanties d'assurance) sont parfaitement respectées, l'étanchéité à l'air et à l'eau doit être assurée et il ne devrait théoriquement pas y avoir de problème de radon. Mais comme bien d'autres aspects du bâtiment, la bonne mise en œuvre d'un système de prévention ou de remédiation du risque radon dépend de la coordination des acteurs. Une membrane d'étanchéité à l'air, par exemple, peut être correctement posée par le plaquiste avant d'être percée lors de l'installation des réseaux.

De nombreux corps de métier sont amenés à travailler sur le radon : maçons, bureaux d'études fluides, plombiers-chauffagistes, électriciens, etc. C'est cette interdisciplinarité de la problématique qui la rend si délicate à traiter. Comme il est très difficile de déterminer une cause unique expliquant de fortes concentrations en radon, on ne peut pas invoquer la responsabilité des artisans ou de l'occupant en cas de mauvais entretien du matériel. A l'inverse, la transversalité de la problématique implique aussi l'impossibilité pour un artisan de garantir une concentration maximale de radon, puisque cela dépend largement du travail des autres intervenants du chantier et du comportement des futurs usagers. Seules quelques entreprises spécialisées dans la protection contre le radon font exception et garantissent le non-dépassement de valeurs guides (généralement 100 Bq/m<sup>3</sup>, comme recommandé par l'OMS). Pour pouvoir respecter cet engagement, ces entreprises doivent intervenir dès la conception du projet et imposer des contraintes aux autres acteurs du chantier. En plus de la pose de leur système de prévention ou de remédiation, elles suivent l'intégralité des travaux pour s'assurer de la bonne mise en œuvre des indications.

Le cadre réglementaire n'impose pas de mesures de l'activité volumique des logements, lesquelles pourraient nécessiter un traitement spécifique du radon ; les particuliers sont néanmoins informés de la vulnérabilité de leur habitation lors des transactions immobilières via le DICRIM. La gestion du radon peut être vue comme une contrainte supplémentaire, qui viendrait s'ajouter aux normes et réglementations qui régissent déjà la filière de la construction. Elle est aussi une problématique sanitaire qui ne génère ni inconfort immédiat, ni risque pour la durabilité de l'ouvrage, ce qui peut la rendre plus abstraite.

Pourtant, l'implication des professionnels du bâtiment est primordiale puisqu'elle permet de s'assurer que le radon soit pris en compte dès la construction (ou la rénovation thermique) plutôt que d'attendre que le problème se manifeste pour y remédier. Il est toujours plus facile et moins cher de mettre en place un système de protection dès la conception du bâtiment. Même dans le cas de la rénovation d'un bâtiment dont les mesures n'indiqueraient pas d'infiltration de radon, il peut être judicieux d'installer un système de prévention. En effet, sur le

moyen à long terme, il est possible (voire probable) que la dalle ou le socle rocheux se fissure, ou que d'autres rénovations viennent perturber l'équilibre du bâtiment. Dans une logique de durabilité, toute la vie du bâtiment doit être prise en compte lors de sa construction, puis à chacune des modifications qui lui sont apportées.

## **B.2. Exemples d'actions de sensibilisation**

### **B.2.1. Les actions vers la maîtrise d'ouvrage privée**

L'adoption de messages positifs permet de mettre en exergue une potentielle valorisation de ces bâtiments. Un système de protection efficace contre le radon (qui n'est pas forcément compliqué à mettre en place) ajoute en effet une plus-value au bien, et peut en faciliter la vente. Plus le potentiel radon de la zone est élevé, plus cette plus-value est importante relativement aux bâtiments environnants. La méconnaissance du risque peut cependant fragiliser la perception de cette plus-value. Les autres avantages que présentent les systèmes de protection contre le radon (traitement des problèmes d'humidité et de qualité de l'air intérieur) peuvent renforcer les discours de promotion de ces solutions.

Lors de campagnes de dépistage, l'organisation de réunions publiques locales permettent de mesurer les attentes de la population, de répondre à ses questions, mais aussi de cerner ses préoccupations.

La sensibilisation du grand public peut être faite en lien avec les acteurs de la santé. Il est nécessaire dans ce cas de mener une campagne de formation et/ou d'information vers le corps médical. En effet, il semble que ces derniers ne soient pas tous sensibilisés à la problématique du radon. Ils ne sont donc pas toujours en mesure d'informer et de conseiller correctement leur patientèle. En 2010, l'ARS Auvergne a réalisé une étude sur la perception du risque radon par les médecins de la région. L'enquête a porté sur 184 professionnels. Parmi eux, 87% s'estiment mal informés sur le radon, et 41% n'avaient pas connaissance de l'existence de moyens de prévention. Seulement un tiers d'entre eux jugent le risque sanitaire lié au radon élevé. Cette faible appréhension du risque par les acteurs de est principalement due à un manque d'information, puisque 9 médecins sur 10 sont prêts à donner des conseils de prévention sous réserve d'avoir reçu une information préalable (ARS Auvergne, 2010). Les médecins, pharmaciens et pneumologues peuvent servir de relais dans la distribution de documentations, voire de dosimètres. Ils permettraient ainsi d'atteindre un public plus large qui comprendrait les personnes les plus vulnérables aux maladies broncho-pulmonaires. La participation des professionnels de santé à la lutte contre le radon peut être formalisée dans des CLS (Contrats Locaux de Santé), comme c'est le cas dans les Vosges saônoises.

Les plans de gestion du risque radon dans les logements ont un meilleur impact s'ils sont intégrés dans une approche globale d'amélioration de la qualité de vie. Les thématiques de qualité de l'air intérieur et de performance énergétique traitent en effet de sujets connexes, et impliquent les mêmes acteurs. En mutualisant cette problématique avec les questions de qualité de l'air intérieur, d'humidité, d'isolation thermique et d'acoustique, il est possible de toucher un public plus large. C'est le choix qu'ont fait les villes de Nantes et de Montbéliard, en intégrant leur campagne de dépistage à des OPAH (Opérations Programmées d'Amélioration de l'Habitat).

A l'échelle locale, les supports techniques et financiers sont probablement les deux freins principaux à la protection des logements privés contre le radon. Lorsque des aides financières ne sont pas dispensées dans le cadre d'OPAH, les particuliers sont dirigés vers l'Anah (Agence na-

tionale de l'habitat), dont la participation financière est régie par des conditions de ressources très strictes, ou vers d'autres opérateurs du réseau FAIRE.

Malgré tout, la forte participation de la population lors des campagnes de mesure de la CLCV et de l'ARS témoigne d'une évolution de la préoccupation des maîtres d'ouvrage privés, qui prennent conscience du risque radon en même temps que des autres risques liés à la qualité de l'air intérieur. Même si peu de travaux sont entrepris, beaucoup de particuliers déclarent avoir modifié leurs habitudes d'aération suite à la campagne de dépistage.

### B.2.2. Les actions vers les professionnels du bâtiment, entreprises et maîtres d'œuvre

Depuis une vingtaine d'années émergent de nouveaux outils de communication et de coordination des différents acteurs d'un même projet. Parmi eux, le BIM (Building Information Modeling, maquette numérique du bâtiment) a pris une importance croissante. Il s'agit d'un modèle unique du bâtiment, qui comprend un processus de gestion et de production des données de différents corps de métier. Le format IFC (Industry Foundation Classes), généralement utilisé par les acteurs du projet pour échanger des informations entre les logiciels, a vocation à prévenir les désordres liés à des défauts de coordination. Ce format est adapté à la mise en œuvre de système de prévention ou de remédiation du radon puisqu'il permet une approche globale de la problématique. Le BIM s'appliquant à tout le cycle de vie du bâtiment, la problématique du radon serait ainsi prise en compte dans chaque projet et à chaque étape, même si tous les intervenants n'y sont pas sensibilisés.

En complément de la sensibilisation du grand public, émerge une offre de professionnels qui peut être soutenue par le développement de l'offre de formation. Dans une optique d'intégration du radon dans une démarche de durabilité plus globale, il peut être mentionné dans les formations FEE Bat (Formation aux Economie d'Energie des entreprises et artisans du bâtiment), comme c'est le cas en région Pays de la Loire.

En avril 2013, la NRPA (autorité de radioprotection norvégienne) et l'IRSN ont organisé la conférence internationale « radon et société, de la connaissance à l'action », qui s'est tenue à Paris. Il en est ressorti que la sensibilisation, et notamment celle des professionnels du bâtiment, était primordiale mais insuffisamment opérationnelle. Au cours de cette conférence ont aussi été évoquées les réussites de certaines expériences mises en place localement, qui montrent que des solutions existent, et que l'intérêt des acteurs de la construction pour cette problématique est croissant.

Les habitants impactés par le radon ont des difficultés à trouver des professionnels capables d'apporter des réponses bâtimentaires. Depuis 2014, et dans le cadre du PRSE de Bretagne, l'Association Approche-EcoHabitat forme des diagnostiqueurs. Le « groupe radon » de cette association regroupe depuis des entreprises capables d'identifier les causes de la présence de radon dans les bâtiments et de déterminer ainsi quels travaux doivent être mis en œuvre pour y remédier.

## C. PRÉVENTION ET REMÉDIATION DU RISQUE RADON

### C.1. Méthodologie

Plutôt que de dresser une liste exhaustive des systèmes de lutte contre le radon, cette partie vise à présenter les méthodes les plus fréquemment rencontrées sur le terrain, ainsi que les principales difficultés rencontrées et les aspects de la mise en œuvre auxquels il faut porter attention. Ces enseignements proviennent des observations faites lors de visites de bâtiments, des rencontres avec les maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre, et des entretiens avec des professionnels de la santé ou du bâtiment spécialisés dans la protection contre le radon. Le nombre de bâtiments visités, et dont sont issus les résultats présentés ci-après, ne permet cependant pas de généraliser les résultats.

En ce qui concerne la protection des bâtiments contre le radon, il est nécessaire de distinguer le neuf de l'existant. Pour les constructions neuves, il s'agit d'intégrer la problématique du radon le plus en amont possible dans le projet. Les acteurs concernés sont d'abord les architectes et bureaux d'études. L'approche est systématique, les coûts réduits, et les résultats quasiment garantis. Dans le cas de rénovation ou de remédiation radon, ce sont plutôt les entreprises et artisans qui sont concernés. La difficulté réside alors dans la caractérisation de l'existant et le choix des travaux à effectuer. Les méthodes d'atténuation sont choisies au cas par cas, elles peuvent être onéreuses et il arrive que les résultats escomptés ne soient pas atteints si une particularité du terrain ou du bâtiment a été omise. C'est pourquoi la distinction entre prévention et remédiation sera faite dans la plupart des solutions présentées ci-après.

### C.2. Etat des lieux préalable à toute action

#### C.2.1. Neuf

Pour déterminer le type de système de prévention à mettre en œuvre dans un bâtiment neuf, il faut au préalable se renseigner sur :

- le potentiel radon de la zone sur laquelle le bâtiment sera construit. Des cartes sont disponibles en accès libre sur le site web de l'IRSN. Toutefois, la précision de ces données peut fortement varier dans l'espace ;
- les concentrations de radon qui ont éventuellement été mesurées dans les bâtiments environnants. Ces données sont néanmoins à considérer avec réserves. La mesure de faibles activités volumiques n'exclut en aucun cas la présence de radon dans les sous-sols ;
- le type de sol dans lequel se trouveront les fondations du bâtiment. Les terrains très perméables, tels que le gravier ou le sable sont propices à l'entrée de radon dans le bâtiment. De même, si des travaux de terrassements ont été réalisés à l'explosif, ils peuvent avoir fissuré le socle rocheux, ce qui favorise la circulation du radon vers le bâtiment. A l'inverse, en l'absence de faille, les terrains peu perméables, comme les argiles, réduisent le risque d'entrée du radon ;
- les exigences réglementaires auxquelles peut être soumis le bâtiment. Les exigences sont rappelées dans la partie A.7.

### C.2.2. Existant

La description de la situation initiale ne doit en aucun cas être omise. Cette étape est beaucoup plus difficile et déterminante dans le cas de bâtiments existants dans lesquels de fortes concentrations de radon auraient été mises en évidence. Les principaux points à étudier sont :

- Le potentiel radon de la zone sur laquelle le bâtiment est implanté ;
- Le type de sol sur lequel se trouve le bâtiment ;
- Le cadre réglementaire : y-a-t-il obligation de remédier au radon, et si oui, quelle est la valeur limite à atteindre ? Quels sont les délais pour intervenir ?
- La fiabilité des mesures. Sont-elles plausibles par rapport aux deux points précédemment évoqués ? Sont-elles significatives ? Des erreurs de manipulation peuvent parfois fausser les résultats. En cas de doute, il peut être judicieux de procéder à une contre-mesure avant d'entreprendre de lourds travaux d'atténuation ;
- La représentativité de la mesure en termes d'exposition au radon (Retour d'expérience 1). Les concentrations peuvent fortement différer d'une pièce à une autre. Les concentrations de radon sont généralement plus importantes au sous-sol qu'au rez-de-chaussée, et il est très rare de trouver des concentrations accrues à l'étage. Le temps passé dans chacune des pièces peut aussi être très variable. Il est recommandé de procéder à plusieurs mesures couvrant les pièces les plus utilisées, et sur plusieurs niveaux, afin que l'exposition des usagers puisse être décrite avec précision ;
- Le type de matériaux, de procédés de construction, les rénovations passées etc. Il est nécessaire de rassembler toutes les informations disponibles sur les caractéristiques techniques du bâtiment pour que le diagnostic puisse être le plus précis possible ;
- Les défauts d'étanchéité du sol qui sont à repérer en priorité car ils forment le premier niveau de remédiation avec la mise à niveau de la ventilation hygiénique ;
- Les futures rénovations dont le bâtiment pourrait faire l'objet. Des travaux d'atténuation peuvent être l'occasion de remédier à d'autres pathologies que pourrait présenter le bâtiment. D'une manière générale, il faut toujours intégrer les autres problématiques du bâtiment à la remédiation radon. Réciproquement, le radon devrait toujours être intégré aux projets de rénovation ou de réhabilitation.

## RETOUR D'EXPÉRIENCE 1 - LA CONCENTRATION DE RADON MESURÉE DANS UNE PIÈCE NE DOIT PAS ÊTRE GÉNÉRALISÉE À TOUT LE BÂTIMENT.

### DESCRIPTION

L'exposition des bâtiments au radon est généralement définie à l'aide d'une mesure unique effectuée dans une seule pièce, ce qui ne permet pas de définir précisément le risque dans tout le bâtiment et d'en tenir compte dans l'affectation des pièces.

### ORIGINE

#### Diagnostic

L'exposition au radon est estimée avec une mesure unique et les maîtres d'ouvrage considèrent souvent que la concentration en radon est homogène dans tout le bâtiment. Or, les concentrations en radon dans l'air intérieur peuvent fortement varier d'une pièce à l'autre. Les sous-sols, espaces semi-enterrés et les pièces insuffisamment ventilées sont les plus exposés. A l'inverse, il est rare de trouver de fortes concentrations à l'étage.

### IMPACT

L'affectation des pièces les plus contaminées à des utilisations impliquant une forte présence humaine augmente l'exposition des occupants au radon.

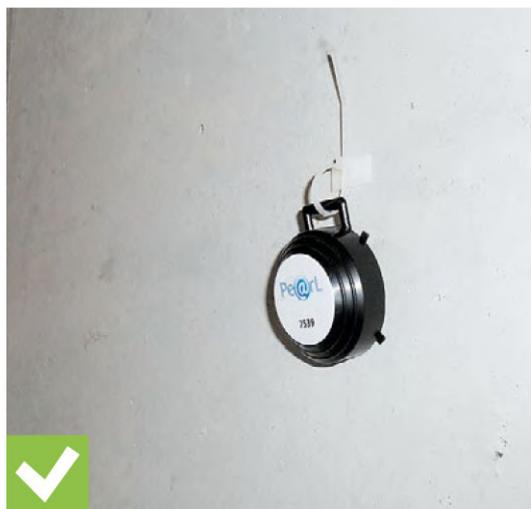
### SOLUTION CORRECTIVE

La réalisation de mesures dans chacune des pièces potentiellement exposées au radon permet d'identifier celles où le risque radon est le plus élevé.

L'attribution des locaux, lorsqu'elle est modifiable, constitue un levier efficace de réduction de l'exposition au radon dans les bâtiments existants. Le risque sanitaire sera en effet réduit si les pièces les plus contaminées sont affectées à des utilisations impliquant une faible présence humaine. Il peut s'agir de convertir un bureau en débarras, ou d'intervertir une chambre à coucher utilisée quotidiennement et une chambre d'ami utilisée occasionnellement.

### BONNE PRATIQUE ET TEXTE DE RÉFÉRENCE

Il est recommandé de se rapprocher de la méthodologie relative au dépistage du radon dans les bâtiments, telle que décrite dans la norme NF ISO 111665-8, servant de référence pour l'application de la réglementation actuelle.



*Dans chacune des pièces, la concentration de radon peut être mesurée à l'aide d'un dosimètre*  
©AQC2015

## C.3. Les actions de prévention et de remédiation

### C.3.1. Conception du bâtiment

#### C.3.1.1. Neuf

En construction neuve, il est nécessaire de limiter les flux d'air entre les niveaux inférieurs et les étages pour éviter une mise en dépression du bâtiment par effet cheminée (Retour d'expérience 2).

Il faut également veiller à limiter les passages de réseaux (plomberie, gaines électriques, conduites de gaz, chauffage, eau) traversant les parties inférieures horizontales et verticales de l'enveloppe du bâtiment qui sont des points d'entrée privilégiés pour le radon. Même lorsque les conduites sont coulées dans du béton ou étanchées par un mastic élastomère, elles représentent un risque. Dans la mesure du possible, les passages de ces conduites à travers l'enveloppe devraient être réalisés au niveau des murs, et non du dallage. Ainsi, il est possible de les ventiler depuis la surface, en les enfouissant dans du gravier, par exemple. Ceci ne dispense pas d'étanchéfier ces traversées.

Les échangeurs géothermiques air/sol (puits canadiens) doivent aussi être réalisés avec des matériaux étanches à l'air.

#### C.3.1.2. Existant

L'agencement des locaux, lorsqu'il est modifiable, constitue un levier efficace de réduction de l'exposition au radon dans les bâtiments existants. Le principe consiste à affecter les pièces les plus contaminées à des utilisations impliquant une faible présence humaine. Il peut s'agir, par exemple, d'intervertir une chambre à coucher avec une chambre d'ami, ou de convertir un bureau en débarras.

### C.3.2. Etanchéité à l'air

Comme expliqué précédemment, le radon s'infiltré presque exclusivement en étant transporté par l'air. L'étanchéité au radon rejoint donc la préoccupation de l'étanchéité à l'air, qui est une problématique bien connue des acteurs de la construction.

#### C.3.2.1. Neuf

Dans les bâtiments à construire, les systèmes de prévention incluent généralement la pose d'une membrane d'étanchéité sous la dalle, qui est une solution efficace contre les infiltrations de radon, mais aussi contre les désordres liés à l'humidité en créant une rupture de capillarité (Retour d'expérience 3).

## RETOUR D'EXPÉRIENCE 2 - MISE EN DÉPRESSION DU BÂTIMENT EN SAISON HIVERNALE PAR EFFET CHEMINÉE

### DESCRIPTION

En hiver, le chauffage induit un mouvement d'air chaud ascendant créant une dépression dans la partie inférieure du bâtiment. Ce phénomène, appelé « effet cheminée », contribue à l'introduction de radon dans le bâtiment.

### ORIGINE

#### Conception

L'effet cheminée, et plus généralement la problématique du radon, n'est pas prise en compte dans la conception des bâtiments. Les espaces verticaux, tels que les gaines techniques, les conduits de cheminées et les cages d'escalier ou d'ascenseur amplifient la dépression créée par ce phénomène.

### IMPACT

L'effet cheminée crée une dépression dans le bâtiment, qui aura alors tendance à aspirer l'air du sol chargé de radon.

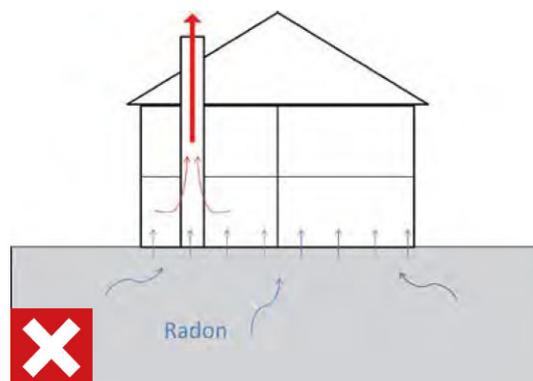
### SOLUTION CORRECTIVE

Pour limiter la dépression, les cages d'escalier, d'ascenseur et les gaines techniques peuvent être étanchées. La séparation de l'escalier menant à la cave de l'escalier principal peut être matérialisée en installant une porte étanche à l'air. Il est aussi possible de créer des ouvertures vers l'extérieur au niveau de la cave pour réguler la pression de cette partie du bâtiment.

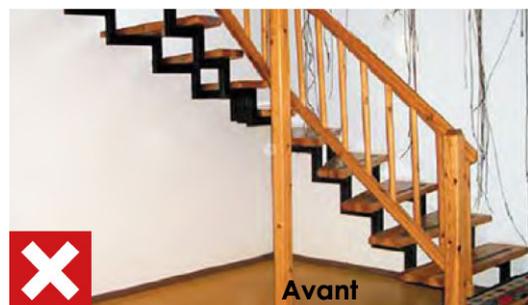
### BONNES PRATIQUES

Dans les bâtiments neufs, il est recommandé de séparer la cage d'escalier principale de l'escalier menant à la cave pour limiter le transfert de l'air chargé en radon provenant du sol.

Dans la mesure du possible, les espaces de grande hauteur sont à éviter.



Introduction de radon par l'effet cheminée  
©AQC2015



Avant



Après

Étanchement de l'escalier menant à la cave par la création d'un sas ©OFSP

## RETOUR D'EXPÉRIENCE 3 - PRISE EN COMPTE TARDIVE DE LA PROBLÉMATIQUE OU ABSENCE DE PRISE EN COMPTE DU RISQUE RADON EN PHASE CONCEPTION

### DESCRIPTION

Dans cet exemple, le maître d'ouvrage a appris que sa maison se trouvait sur une zone à fort potentiel radon alors que la dalle avait déjà été coulée. La membrane d'étanchéité visant à prévenir les infiltrations de radon a donc dû être posée sur la dalle.

### ORIGINE

#### Conception

La problématique du radon n'a pas été prise en compte suffisamment en amont du projet.

### IMPACT

La pose de la membrane est plus délicate parce qu'elle nécessite un plus grand nombre de raccords au niveau des passages de réseaux. De plus, une fois posée, la membrane risque d'être abîmée par les différents intervenants du chantier.

### SOLUTION CORRECTIVE

Pour éviter que la membrane ne soit abîmée, elle a dans un premier temps été placée au niveau des murs et des cloisons, en prenant soin de la laisser dépasser. Ce n'est qu'une fois la structure bâtie, juste avant de couler la chape, que le reste de la membrane a été installée.

### BONNES PRATIQUES

La membrane testée suivant la norme ISO/DIS 11665-10 doit être posée avant de couler la dalle.



Pose de la membrane sous les murs ©Marvaud



Pose du reste de la membrane une fois l'enveloppe terminée ©Marvaud

### C.3.2.2 Existant

Dans les bâtiments existants, la première étape suivant les mesures consiste à localiser les défauts d'étanchéité à l'air, vecteurs d'entrée du radon.

Le traitement de ces défauts peut faire appel à différentes techniques que l'on peut combiner entre elles pour obtenir un meilleur résultat.

Il est possible de poser une membrane d'étanchéité, mais cette solution est beaucoup plus compliquée à mettre en œuvre que dans une construction neuve. Dans le cas d'une remédiation, elle doit en effet être posée par l'intérieur, ce qui implique un nombre nettement plus élevé de raccordements : passages de gaines, cloisons, escaliers, etc. Ces raccords doivent être réalisés avec une grande précaution pour en assurer l'étanchéité.

Une attention particulière doit être portée sur le choix des adhésifs. On veillera à ce que les bandes élastiques de raccordement ne soient en aucun cas soumises à des efforts de traction. Enfin, la pose d'une fine couche d'isolant sur la membrane évite que celle-ci soit percée par des éléments de fixation (clous, punaises). Les trous, fissures et passages de gaines peuvent être obstrués par un mastic adhésif, y compris lorsque ces éléments sont soumis à de légères déformations thermiques (Retour d'expérience 4).

S'il est impossible de réduire suffisamment les concentrations de radon dans la cave, il faut étanchéfier son interface avec le reste du bâtiment, qui est généralement matérialisée par une porte. L'isolation phonique d'une porte dépend principalement de l'isolation des espaces entre la porte et son cadre, c'est un relativement bon indicateur de son étanchéité à l'air. Les portes phoniques sont donc des solutions efficaces. En revanche, les portes coupe-feu ne sont pas particulièrement étanches car les joints d'étanchéité sont peu résistants à la chaleur, et l'étanchéité à l'air n'est pas un critère déterminant pour la lutte contre l'incendie. Il est recommandé d'ajouter un ferme-porte car cette solution n'est efficace que lorsque la porte est fermée. Toutes les ouvertures vers le sol (trappes, couvercles...) doivent aussi être étanchéifiées à l'aide de joints élastiques. A noter que les caractéristiques de ceux-ci se détériorent avec le temps, il faut donc les vérifier et si besoin les remplacer régulièrement.

***Il est très rare que l'étanchéification des infiltrations de radon suffise à pallier des concentrations accrues, mais elle reste cependant une étape indispensable car elle améliore l'efficacité des autres mesures. Le succès d'un projet de remédiation est déterminé par l'identification de toutes les voies d'infiltration du radon. L'inefficacité de certains travaux, parfois longs et onéreux, s'explique souvent par l'oubli d'un défaut d'étanchéité majeur.***

## RETOUR D'EXPÉRIENCE 4 - DÉFAUT D'ÉTANCHÉITÉ DE L'ENVELOPPE VIS-À-VIS DU PASSAGE DU RADON

### DESCRIPTION

Le radon pénètre dans les bâtiments par les défauts d'étanchéité à l'air de son enveloppe, même minimes : passages de gaines, fissures ou trous, y compris les pores des blocs de béton, des briques et du parpaing. Lors du diagnostic, il est difficile d'identifier toutes les voies d'entrées du radon, et il est fréquent que certaines soient omises.

### ORIGINE

#### Diagnostic

Oubli de défauts d'étanchéité

#### Mise en oeuvre

Utilisation de matériau inadapté pour le colmatage

### IMPACT

L'oubli ou la mauvaise obturation d'un défaut d'étanchéité majeur est souvent responsable de l'inefficacité des autres solutions de remédiation mises en oeuvre.

### SOLUTION CORRECTIVE

Les voies d'entrée doivent être obturées individuellement par un mastic adhésif, une mousse expansive (de préférence en polyuréthane) ou du mortier. Pour les murs poreux (brique, parpaing, béton), on pourra utiliser des peintures de polyuréthane ou d'époxy étanches à l'air. Attention cependant à prendre en compte la nature et l'équilibre hygrométrique du mur avant d'appliquer la peinture, afin d'éviter les remontées capillaires.

### BONNES PRATIQUES

Avec le temps, des mouvements de terrain ou le tassement du bâtiment peuvent créer des fissures supplémentaires. Un contrôle visuel doit donc être effectué tous les ans..



Pores et fissures par lesquelles le radon peut pénétrer dans le bâtiment ©CSTB



Obturation de défauts d'étanchéité ©CSTB

### C.3.3. Ventilation

Comme détaillé précédemment, l'entrée de radon dans les bâtiments résulte d'une différence de pression entre le sol et le bâtiment. Dans tous les cas, le renouvellement de l'air est indispensable et l'absence de ventilation, couplée à des travaux aggravent l'état du bâti et de la qualité de l'air intérieur. Néanmoins, la mise en place d'une ventilation motorisée, si elle est indispensable, ne suffit généralement pas à traiter l'accumulation de radon dans un bâtiment. Elle peut même accroître la présence de radon par la mise en dépression du bâtiment. Il est donc indispensable de traiter conjointement les défauts d'étanchéité de l'interface.

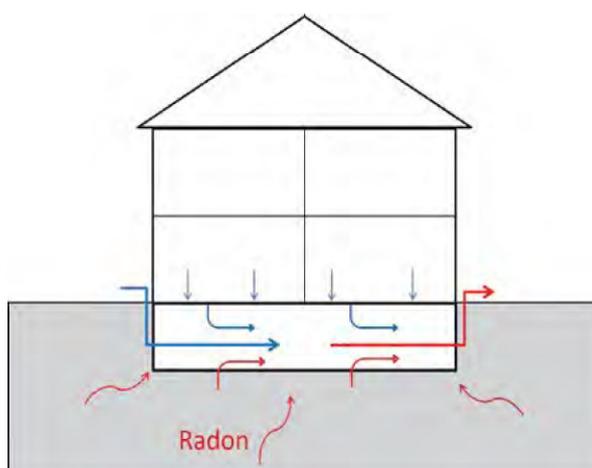
Ce prérequis s'applique aux différentes méthodes proposées ici pour réduire, voire inverser ce gradient de pression :

- mise en dépression de l'interface entre le sol et le bâtiment ;
- mise en dépression du sol par rapport au bâtiment ;
- mise en surpression du bâtiment par rapport au sol ;
- suppression des causes de dépression du bâtiment.

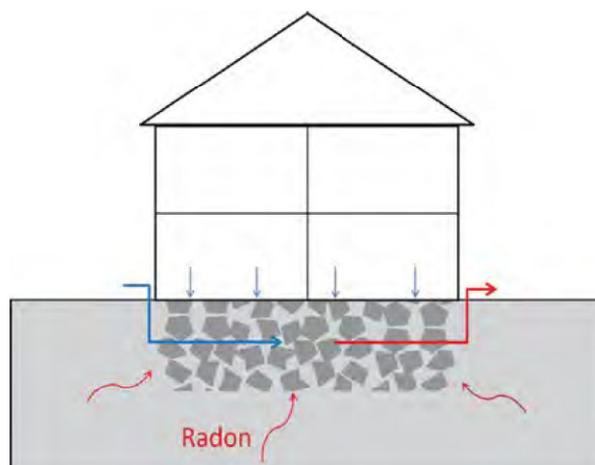
#### C.3.3.1. Mise en dépression de l'interface entre le sol et le bâtiment

Cette méthode repose sur deux modes de fonctionnement distincts. Premièrement, la dépression créée aspire et extrait l'air du sol chargé en radon et celui du bâtiment. Deuxièmement, l'aération de l'interface sol/bâti réduit la concentration en radon de l'air par dilution. Dans de nombreux bâtiments neufs, la mise en dépression de l'interface entre le sol et le bâtiment est une bonne pratique mise en œuvre pour éviter les problèmes d'humidité, et dans le cas de vide sanitaire, de susception de termites et de déplacements de terrain.

La construction de bâtiments neufs sur vide sanitaire ventilé est une méthode fréquente et très efficace de protection contre le radon. L'air chargé de radon du vide sanitaire est constamment remplacé par de l'air neuf de manière à ce que son activité volumique reste faible. En rénovation, on pourra augmenter la taille des ouvertures du vide sanitaire, ou le ventiler mécaniquement (Retours d'expériences 5 et 6).



**Figure 4 - Vide sanitaire ventilé**  
© Réseau Breton Bâtiment Durable



**Figure 5 - Réseau de drain sous dalle**  
© Réseau Breton Bâtiment Durable

Une autre méthode simple et peu onéreuse consiste à installer sous la dalle un réseau de drains (tubes de plastique perforés) contenant une ouverture vers l'extérieur de part et d'autre du bâtiment. Contrairement à la ventilation du vide sanitaire, l'air évacué est remplacé par de l'air provenant du sol, également chargé en radon. Il est donc nécessaire que le réseau de drain couvre toute la surface du bâtiment, de manière à ce que toute l'interface sol/bâti soit mise en dépression. Cette solution ne fonctionne que si le terrain est relativement perméable.

Plus le terrain est compact, plus les mailles du réseau doivent être fines, ou plus la puissance d'extraction doit être élevée si le système est mécanisé. En général, un hérisson (lit de gravier) est posé sous la dalle. En plus d'être très perméable, ce matériau ne colmatera pas les ouvertures des drains. Bien que plus compliquée, la mise en œuvre de cette solution sur des murs enterrés est aussi possible. Pour que le système fonctionne au mieux naturellement, le réseau doit avoir une évacuation verticale qui générera une différence de pression permettant de ventiler le hérisson.

Cette solution est aussi applicable en rénovation. Pour éviter d'avoir à démonter la dalle et les cloisons, des tranchées peuvent être creusées dans le plancher bas en suivant le tracé du réseau de drains. Cette méthode simplifie les travaux, mais requiert une grande perméabilité du sol pour être efficace, car elle rend impossible la pose de graviers sous toute la surface du bâtiment.



**Figure 6 - Installation d'un hérisson ventilé en rénovation** © Brélivet

Ces deux systèmes de mise en dépression de l'interface sol/bâti peuvent être passifs (ventilation naturelle) ou actifs (ventilation mécanisée). Il est conseillé de privilégier la ventilation naturelle dans un premier temps, et d'avoir recours à un système actif si l'efficacité est insuffisante. Au-delà de l'impact environnemental d'un ventilateur qui fonctionne en continu, ce type d'équipement requiert une vérification, un entretien et un remplacement régulier. Le risque étant que les occupants s'aperçoivent de l'arrêt du système de ventilation avec beaucoup de retard. L'installation d'un voyant lumineux témoignant du bon fonctionnement de l'extracteur d'air peut permettre de réduire ce délai (Retour d'expérience 7). Dans certains cas, le ventilateur peut aussi occasionner une nuisance sonore pour les utilisateurs.

La conception d'un système passif doit tenir compte des vents dominants pour le positionnement des entrées et sorties d'air. Il doit aussi être adapté à l'éventuelle pose d'un ventilateur.

## RETOUR D'EXPÉRIENCE 5 - VENTILATION INSUFFISANTE DU VIDE SANITAIRE

### DESCRIPTION

Il arrive que des bâtiments construits sur vide sanitaire présentent des problèmes de radon car le vide sanitaire ne dispose pas d'arrivées d'air, ou que celles-ci soient sous-dimensionnées pour assurer le renouvellement de l'air et la dilution du radon.

### ORIGINE

#### Conception

Le vide sanitaire est conçu uniquement pour prévenir les problèmes liés aux remontées capillaires, aux inondations et aux mouvements de terrain. La ventilation de cet espace n'est pas prise en compte lors de la conception.

### IMPACT

Lorsque le renouvellement de l'air du vide sanitaire est insuffisant, le radon s'y accumule et peut atteindre de très fortes concentrations. Le vide sanitaire ne protège alors pas le bâtiment du risque radon.

### SOLUTION CORRECTIVE

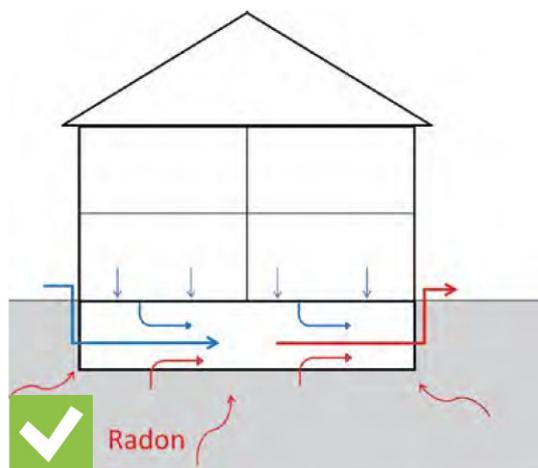
La création ou l'agrandissement des ouvertures du vide sanitaire permet d'augmenter sa ventilation. Si le vide sanitaire est décomposé en plusieurs parties, il faut les relier entre elles ou les ventiler individuellement.

### BONNES PRATIQUES

L'orientation des entrées et sorties d'air dans l'axe des vents dominants permet d'optimiser l'aération du vide sanitaire.

#### Remarque :

Cette méthode est aussi applicable aux caves et sous-sols non chauffés, qui peuvent assurer le rôle de vide sanitaire. Au lieu de créer de nouvelles ouvertures, on pourra condamner les fenêtres en position ouverte.



Fonctionnement du vide sanitaire ventilé  
©AQC2015



Agrandissement des ouvertures d'un vide sanitaire ©CSTB

## RETOUR D'EXPÉRIENCE 6 - NÉCESSITÉ D'UNE MÉCANISATION DE LA VENTILATION DU VIDE SANITAIRE

### DESCRIPTION

La ventilation du vide sanitaire est insuffisante pour réduire convenablement l'introduction de radon dans le bâtiment.

### ORIGINE

#### Mise en oeuvre

Impossibilité de créer ou d'agrandir les ouvertures du vide sanitaire

### IMPACT

Lorsque le renouvellement de l'air du vide sanitaire est insuffisant, le radon s'y accumule et peut atteindre de très fortes concentrations. Le vide sanitaire ne protège alors pas le bâtiment du risque radon.

### SOLUTION CORRECTIVE

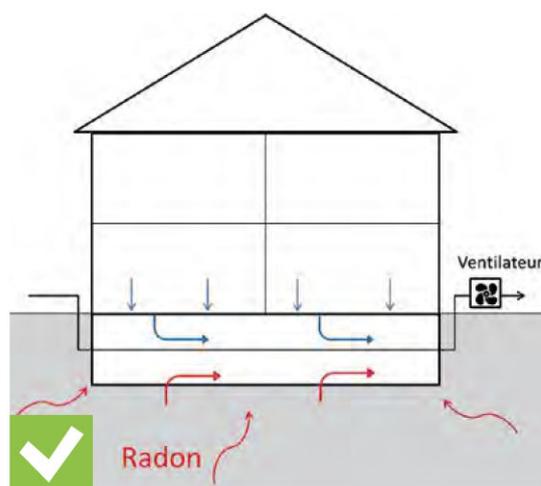
La pose d'un ventilateur électrique permet de mécaniser la ventilation du vide sanitaire. Celle-ci aura pour effet d'augmenter le débit de ventilation, et de mettre l'interface sol/bâti en légère dépression. Le radon provenant du sol est aspiré et évacué avant d'entrer dans le bâtiment. Pour augmenter la dépression, il est même possible de supprimer l'arrivée d'air.

### BONNES PRATIQUES

Lors de la mise en place d'une solution de ventilation naturelle du vide sanitaire, il faut toujours prévoir l'éventuelle pose d'un ventilateur électrique au cas où des mesures de radon révéleraient l'inefficacité du système.

#### Remarque :

Cet enseignement s'applique aussi aux caves et hérissons ventilés.



Ventilation et mise en dépression mécanique d'un vide sanitaire ©CSTB



Illustration d'un groupe d'extraction d'un vide sanitaire ©CSTB

## RETOUR D'EXPÉRIENCE 7 - CHOIX ET POSE DU GROUPE D'EXTRACTION

### DESCRIPTION

Les maîtres d'ouvrage ou occupants s'aperçoivent parfois avec beaucoup de retard de l'arrêt ou du dysfonctionnement du ventilateur qui extrait l'air du hérisson ou du vide sanitaire de leur habitation.

### ORIGINE

#### Maintenance, entretien

Manque de suivi dans le temps du dispositif anti-radon. Difficulté d'accès au groupe d'extraction pour la vérification du fonctionnement et l'entretien du matériel

### IMPACT

Le système de protection contre le radon ne fonctionne plus. Pour les occupants, il est très anxiogène de ne pas savoir depuis combien de temps ils ne sont plus protégés du risque radon.

### SOLUTION CORRECTIVE

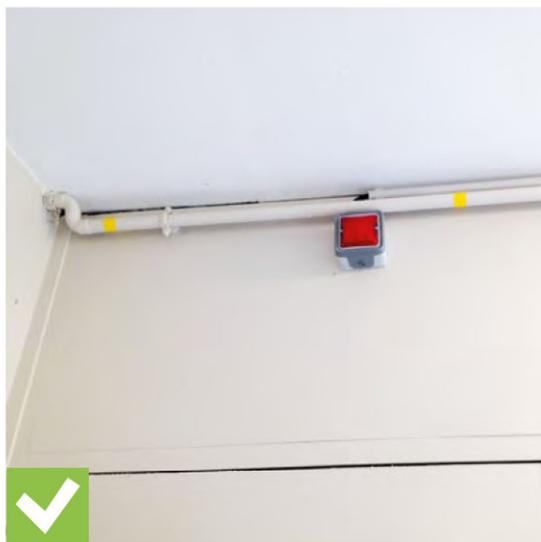
Suivi régulier du système d'extraction, et remplacement du ventilateur en cas de dysfonctionnement.

### BONNES PRATIQUES

Il faut privilégier les extracteurs d'air disposant d'un témoin de fonctionnement, d'une durée de vie élevée, et si besoin résistant à l'eau.

Il faut laisser l'extracteur accessible pour une vérification et un entretien régulier.

Il est conseillé aux maîtres d'ouvrage de souscrire à un contrat de maintenance du dispositif de protection contre le radon.



*Un témoin lumineux permet d'alerter les occupants d'un dysfonctionnement de l'extracteur ©AQC2015*

### C.3.3.2. Mise en dépression du sol sous le bâtiment

Le sol peut aussi être mis en dépression grâce à un puisard. Il s'agit d'un puits équipé d'un drain et d'un extracteur qui aspire l'air du sol. Pour les grands bâtiments, plusieurs puits sont parfois nécessaires. Plus le terrain est compact, plus les puits doivent être nombreux et rapprochés, et plus la puissance d'extraction doit être importante.

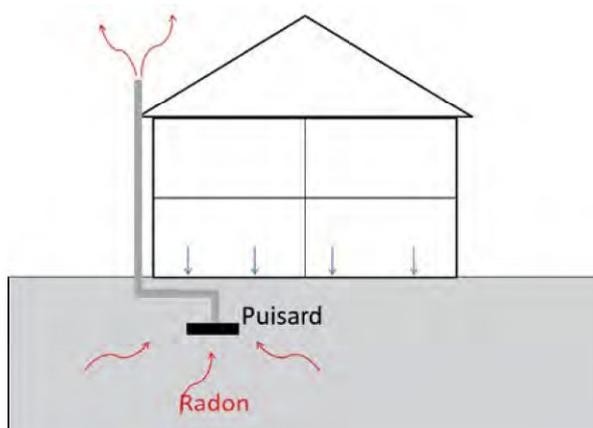


Figure 7 - Bonnes pratiques © Réseau Breton Bâtiment Durable

Bien que constaté dans la majeure partie des cas, le passage du tuyau d'extraction à l'intérieur du bâti est à éviter (Retour d'expérience 8), de manière à empêcher la réintroduction d'air chargé en radon. Cependant, s'il est nécessaire qu'au moins une partie de la conduite passe à l'intérieur de l'enveloppe, il faut s'assurer que la conduite soit parfaitement étanche à l'air (Retour d'expérience 9). L'extracteur doit aussi être situé en aval du tronçon passant à l'intérieur du bâti, afin que cette partie de tuyau soit en dépression. Ainsi, l'extracteur aura tendance à aspirer l'air de la maison par les défauts d'étanchéité de la conduite, plutôt que d'y souffler de l'air pollué en créant une surpression (Retour d'expérience 10).

Contrairement aux solutions de mise en dépression de l'interface sol/bâti, l'air extrait par le puisard provient uniquement du sol et son activité volumique peut être très élevée. Pour l'empêcher d'être directement respiré ou réintroduit dans le bâtiment, il doit être évacué à plus de trois mètres de hauteur. On veillera aussi à éloigner l'évacuation de cet air des entrées d'air du système de ventilation du bâtiment (Retour d'expérience 11).

Dans le cas de sols très perméables, un puisard peut mettre le sous-sol d'un bâtiment en dépression même s'il est situé à l'extérieur de ce bâtiment. Cette solution est alors très avantageuse puisqu'elle ne nécessite pas d'intervention directement sur le bâtiment.

## RETOUR D'EXPÉRIENCE 8 - ETANCHÉITÉ À L'AIR DU PASSAGE DE LA CONDUITE D'ÉVACUATION À TRAVERS LA DALLE

### DESCRIPTION

Le puisard est un système de mise en dépression du sol sous le bâtiment. Un groupe d'extraction relié à un puits aspire l'air chargé de radon du sous-sol avant qu'il ne s'introduise dans le bâtiment.

Il a été observé sur le terrain que les conduites d'évacuation des puisards, ainsi que leur passage à travers la dalle, ne sont pas toujours étanches à l'air.

### ORIGINE

#### Conception

Conception du puisard avec passage de la conduite à l'intérieur du bâtiment et évacuation du radon au niveau du toit.

### IMPACT

Introduction de radon dans le bâtiment.

Les défauts d'étanchéité d'un puisard peuvent aussi être à l'origine de déperditions thermiques.

### SOLUTION CORRECTIVE

Pose d'une membrane d'étanchéité à l'air et utilisation d'un manchon adapté pour le passage de la conduite à travers la dalle.

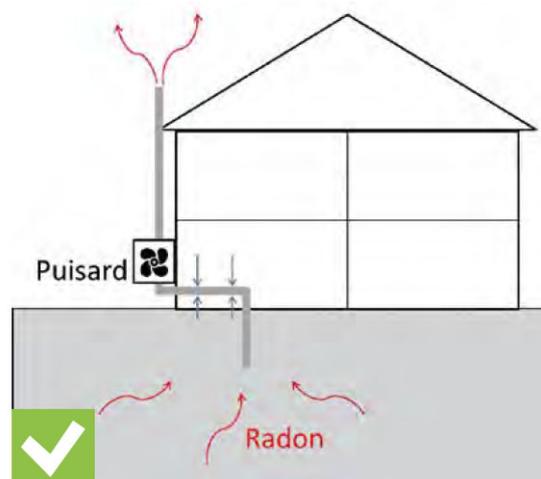
### BONNES PRATIQUES

**NEUF** : Concevoir le puisard sans passage de la conduite à l'intérieur du bâtiment.

**EXISTANT** : Lorsque le sol est très perméable, un puisard positionné à l'extérieur du bâtiment peut mettre le sol en dépression sous l'intégralité de la surface du bâtiment. Cette méthode allège grandement les travaux car elle ne nécessite pas d'intervenir directement sous le bâtiment.

#### Remarque :

En remédiation, le passage de la conduite à l'extérieur du bâtiment peut parfois être impossible à réaliser. On veillera alors à l'étanchéité de la conduite et du ventilateur, et à la bonne application des enseignements 9 et 10.



Bonne pratique : principe de fonctionnement d'un puisard, avec conduite passant à l'extérieur du bâtiment ©AQC2015



Mauvaise pratique : le passage de la conduite à travers la dalle n'est pas étanche ©CSTB

## RETOUR D'EXPÉRIENCE 9 - ETANCHÉITÉ À L'AIR DU GROUPE D'EXTRACTION D'UN PUISARD

### DESCRIPTION

Certains groupes d'extraction des puisards ne sont pas étanches à l'air. Lorsqu'ils sont positionnés à l'intérieur du bâtiment, du radon peut s'introduire par les défauts d'étanchéité de ces éléments.

### ORIGINE

#### Conception

Choix du positionnement de l'extracteur dans les locaux habités.

### IMPACT

Baisse d'efficacité du système de prévention.  
Introduction de radon dans le bâtiment.

### SOLUTION CORRECTIVE

Déplacement du groupe d'extraction dans les combles non aménagés ou à l'extérieur.  
Remplacement par un groupe d'extraction étanche à l'air et à l'eau pour l'extérieur (solution nécessaire en cas de niveau sonore important).

### BONNES PRATIQUES

**NEUF** : Concevoir le puisard sans passage de la conduite à l'intérieur du bâtiment. En cas de nécessité de passage du tuyau dans le bâtiment, positionner l'extracteur dans les combles ou à l'extérieur du bâtiment, et utiliser un groupe d'extraction étanche à l'air et à l'eau.

#### Remarque :

**NEUF** : Lorsque le sol est très perméable, un puisard positionné à l'extérieur du bâtiment peut mettre le sol en dépression sous l'intégralité de la surface du bâtiment. Cette méthode allège grandement les travaux car elle ne nécessite pas d'intervenir directement sur le bâtiment.



*L'extracteur aurait dû être positionné à l'extérieur des locaux ou dans les combles ©AQC2015*

## RETOUR D'EXPÉRIENCE 10 - MAUVAIS POSITIONNEMENT DU GROUPE D'EXTRACTION D'UN PUISARD

### DESCRIPTION

Lorsqu'une partie de la conduite d'évacuation d'un puisard passe à l'intérieur du bâtiment, le positionnement du groupe d'extraction en amont de ce tronçon met cette partie du tuyau en surpression

### ORIGINE

#### Conception

Mauvais positionnement du groupe d'extraction.

### IMPACT

En cas de fuite du réseau, la surpression créée dans le tronçon passant à l'intérieur du bâtiment aura tendance à souffler l'air provenant du sol et chargé de radon à l'intérieur du bâtiment.

### SOLUTION CORRECTIVE

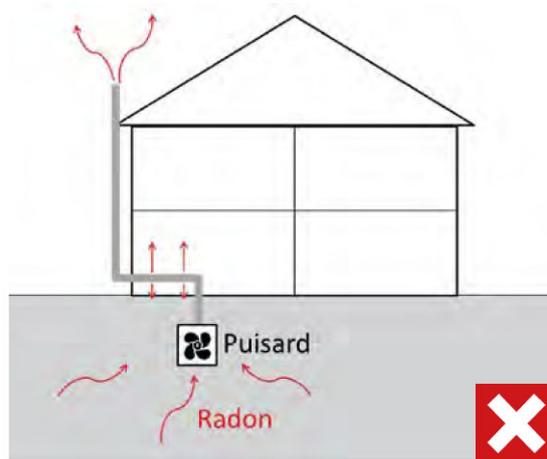
Déplacement du groupe d'extraction dans les combles non aménagés ou à l'extérieur du bâtiment.

### BONNES PRATIQUES

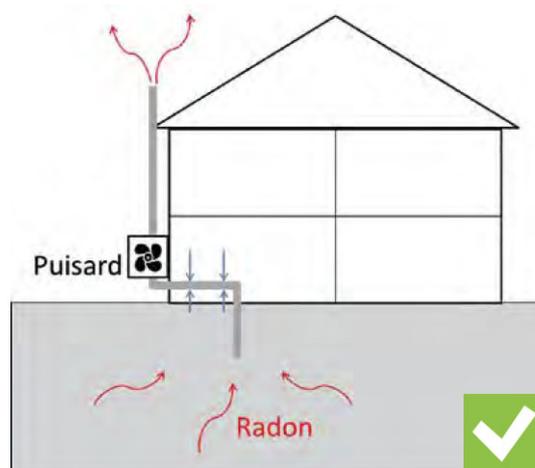
Le positionnement de l'extracteur en aval de la partie du tuyau passant à l'intérieur du bâtiment mettra ce tronçon en dépression (illustration 2). Si le réseau n'est pas parfaitement étanche, le ventilateur aspirera l'air du bâtiment par les défauts d'étanchéité de la conduite plutôt que d'y souffler de l'air chargé de radon. On limite ainsi le risque radon dans le bâtiment.

#### Remarque :

Cet enseignement est aussi applicable aux solutions de vide sanitaire ou de hérisson ventilé mécaniquement. Un ventilateur positionné en aval du réseau d'extraction, et donc orienté vers l'extérieur, mettra l'interface sol/bâti en dépression.



Mauvaise pratique : extracteur en amont du bâtiment ©AQC2015



Bonne pratique : extracteur en aval du bâtiment ©AQC2015

## RETOUR D'EXPÉRIENCE 11 - EMPLACEMENT ET HAUTEUR INADAPTÉS POUR LE REJET DE L'AIR EXTRAIT DU PUISARD

### DESCRIPTION

L'air extrait par un puisard est beaucoup plus chargé en radon que celui provenant d'un vide sanitaire ou d'un hériçon ventilé, puisqu'il n'est pas dilué par un apport d'air frais. Si l'évacuation de cet air est mal réalisée, il peut être directement respiré ou réintroduit dans le bâtiment.

### ORIGINE

#### Conception

Positionnement de l'évacuation de radon à hauteur humaine (<3 mètres), à proximité d'un lieu de passage, des fenêtres ou des entrées d'air du système de ventilation du bâtiment.

### IMPACT

Le radon peut être respiré directement, ou réintroduit dans l'enceinte du bâtiment par les fenêtres ou le système de ventilation.

### SOLUTION CORRECTIVE

Pose d'une cheminée d'évacuation d'au moins trois mètres de hauteur, et à distance des fenêtres et entrées d'air du bâtiment.

#### Remarque :

Lorsque le radon est évacué en hauteur, le tirage thermique contribue à la mise en dépression du sol. C'est pourquoi les cheminées d'évacuation sont aussi préconisées pour les hériçons ventilés..



Evacuation inappropriée de l'air chargé en radon  
©AQC2015



Cheminée d'évacuation adaptée  
©AQC2015

### C.3.3.3. Mise en surpression du bâtiment par rapport au sol

Lorsque le bâtiment dispose d'une VMC double-flux, celle-ci peut être réglée pour que le débit d'insufflation soit légèrement supérieur au débit d'extraction. Une surpression est ainsi créée dans le bâtiment par rapport au sol, ce qui empêche les infiltrations de radon. Cette méthode n'est efficace que si l'enveloppe est étanche à l'air.

Dans le cas de bâtiments non équipés d'une VMC double-flux, il est possible de créer une surpression du bâtiment avec une ventilation mécanique inversée ou à insufflation (VMI). Le principe de fonctionnement est inverse à la ventilation mécanique contrôlée. En effet, dans le cas de la VMC SF, l'air vicié est extrait mécaniquement dans les pièces humides et crée une dépression dans le bâtiment conduisant à l'entrée naturelle d'air neuf dans les pièces sèches grâce aux entrées d'air aménagées dans les menuiseries, volets roulants ou autres aménagements. Dans le cas de la VMI, l'air neuf est prélevé à l'extérieur en un seul point puis insufflé en un ou plusieurs points à partir desquels l'air balaye les pièces de vie et les pièces humides pour s'en échapper de manière naturelle via les bouches d'aération. Dans la pratique, la mise en œuvre d'une VMI a mis en évidence des effets collatéraux, comme par exemple :

- le soufflage centralisé (150 à 200 m<sup>3</sup>/h) en 1 seul point génère des courants d'air,
- l'humidité transportée par le flux d'air peut créer de la condensation au contact des parois froides,
- il est parfois difficile de gérer de forts débits d'air en sortie, dans la cuisine par exemple.

### C.3.3.4. Suppression des causes de dépression du bâtiment.

Dans les bâtiments existants, il arrive que l'installation d'une VMC simple flux (seule l'extraction est mécanisée) ne soit pas complétée par la réalisation d'entrées d'air, créant une dépression de plusieurs dizaines de pascals à l'intérieur du bâtiment. L'installation des entrées d'air est alors une des premières mesures à prendre quand d'importantes concentrations de radon sont détectées, et dans tous les cas pour assurer un renouvellement d'air hygiénique (Retour d'expérience 12).

Pour réduire la dépression créée par les flux ascendants partant du sous-sol et s'étendant sur plusieurs étages, les gaines techniques, les conduits de cheminée, les cages d'escalier et/ou d'ascenseur peuvent être étanchéifiés. Il est aussi possible de créer des ouvertures au niveau de la cave pour y réguler la pression.

Les poêles, cheminées ou autres appareils de combustion doivent disposer d'un apport direct d'air frais pour éviter de puiser l'air intérieur du bâtiment et créer une dépression.

### C.3.3.5. Ventilation et aération des locaux.

Dans les bâtiments existants, lorsque l'infiltration de radon ne peut pas être complètement éliminée, il est nécessaire de diluer le radon en augmentant le renouvellement de l'air intérieur. L'ouverture des fenêtres n'est efficace que sur une durée limitée. On considère que la concentration de radon est revenue à son état initial environ une heure après la fermeture des fenêtres. Cette solution est recommandée comme mesure d'urgence, mais reste provisoire.

Dans certains cas très spécifiques, un courant d'air traversant à l'étage peut même créer une légère dépression qui annule les bienfaits du renouvellement d'air.

L'installation d'un système de ventilation efficace est quant à elle une solution durable qui atténuera la concentration de radon, ainsi que des autres polluants de l'air intérieur.

## RETOUR D'EXPÉRIENCE 12 - ABSENCE OU INSUFFISANCE D'ENTRÉES D'AIR DANS LES BÂTIMENTS ÉQUIPÉS DE VMC SIMPLE-FLUX

### DESCRIPTION

Les bâtiments dépressurisés sont soumis à d'importantes entrées de radon par le sol.

### ORIGINE

#### Conception

Absence ou insuffisance d'entrées d'air au niveau des menuiseries.

Lors de la rénovation, les ouvertures sont occultées.

### IMPACT

Sans entrées d'air adaptées, ces bâtiments ont tendance à aspirer l'air du sol (chargé en radon) par les défauts d'étanchéité de son enveloppe au contact du sol. Le radon s'accumule à l'intérieur du bâtiment et l'exposition des occupants augmente fortement.

### SOLUTION CORRECTIVE

- Installation ou agrandissement des arrivées d'air frais ;
- Mise en place d'un système de ventilation par insufflation ou d'une ventilation double-flux réglée en légère surpression pour empêcher l'introduction de radon.

### BONNES PRATIQUES

Installation des systèmes de ventilation simple-flux selon le DTU68-3.

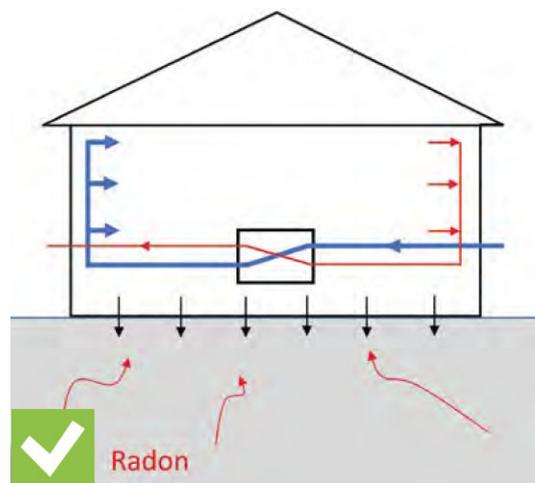
En cas de remplacement du système de ventilation existant, utilisation de VMC en légère surpression : VMI ou VMC double-flux.

#### Remarque :

Lorsque le bâtiment est mis en surpression, le risque de condensation dans les parois est plus important. Ce risque doit être pris en compte en conception.



*L'absence, la fermeture ou le mauvais dimensionnement des bouches d'entrée d'air frais peut être responsable de l'accumulation de radon*  
©AQC2015



*Mise en surpression de la VMC double-flux*  
©AQC2015

## C.4. Choix des actions de remédiation contre le radon

L'analyse de la mise en œuvre des méthodes précédemment décrites, de leur coût et de leur efficacité a permis d'établir une classification des systèmes de protection, couplée d'un diagramme d'aide à la décision. Ces éléments décrivent la succession d'étapes à suivre pour choisir la combinaison de systèmes de lutte contre le radon adaptée. Ces préconisations ne sont issues que d'un échantillon restreint d'opérations, mais elles fournissent néanmoins des éléments de comparaison et de priorisation des méthodes de protection contre le radon.

### C.4.1. Neuf

En construction neuve, différentes mesures permettent aux maîtres d'ouvrage de choisir la ou les solutions à adopter en fonction des objectifs visés et des moyens qu'ils souhaitent allouer à la lutte contre le radon.

Le tableau suivant propose une classification des méthodes de prévention du risque radon. Le niveau 0 correspond aux bonnes pratiques qui devraient être mises en œuvre dans toutes les constructions neuves, qu'il y ait ou non présence de radon. Le niveau 1 et 2 répondent à des situations où le risque d'exposition au radon est élevé ou très élevé.

	Conception	Travaux d'étanchéité	Travaux de ventilation
Niveau 0		<p>Etanchéité à l'air du bâtiment, y compris des parties enterrées</p> <p>Etanchéité à l'air des échangeurs géothermiques</p> <p>Etanchéité à l'air des passages de réseaux</p>	Système de VMC installé en respectant les règles de l'art
Niveau 1	<p>Proscription des passages ouverts entre le sous-sol et le RDC, et entre le sous-sol et la cage d'escalier</p> <p>Construction sur vide-sanitaire</p> <p>Conception des cheminées, gaines techniques, cages d'ascenseur et d'escalier de manière à ce qu'ils ne créent pas de dépression</p>	Pose d'une membrane d'étanchéité à l'air sous le radier	Ventilation de l'interface sol/bâti, avec possibilité de mécaniser l'aspiration si besoin
Niveau 2	<p>Agencement des pièces favorisant les chambres à coucher à l'étage</p> <p>Accès au sous-sol par l'extérieur uniquement</p>		Mise en dépression du sol à l'aide d'un puisard

Figure 8 - Classification des méthodes de prévention du risque radon © Réseau Breton Bâtiment Durable

Le diagramme ci-après est un outil d'aide à la décision qui permet de sélectionner des mesures de prévention adaptées à chaque nouveau projet.

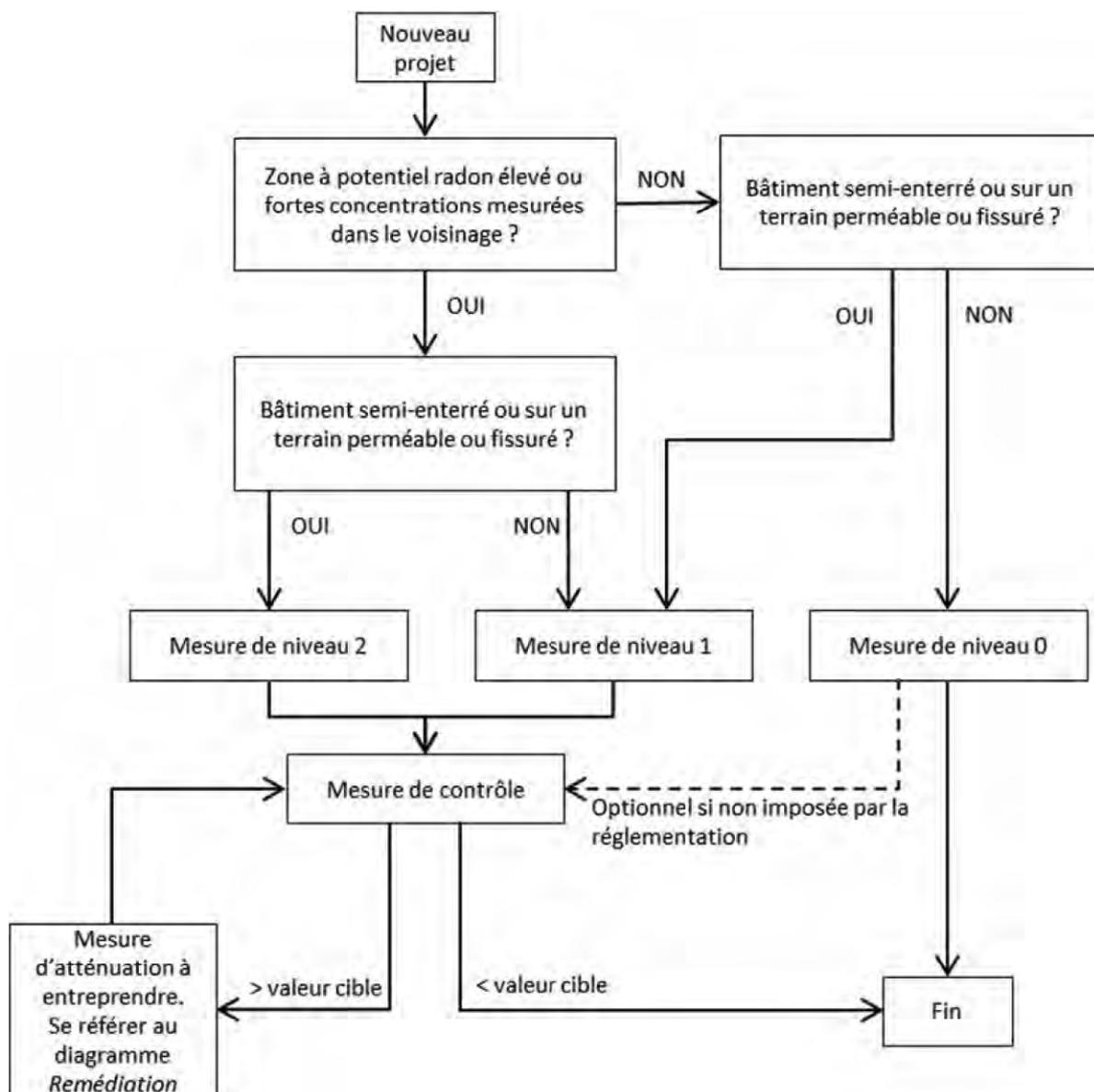


Figure 9 - Diagramme d'aide à la décision en construction neuve © Réseau Breton Bâtiment Durable

## C.4.2. Existant

La remédiation radon est préconisée lorsque des mesures ont mis en évidence de fortes concentrations de radon, ou en l'absence de mesure si des travaux de rénovation sont prévus et que le bâtiment semble vulnérable au risque radon. Quand les concentrations sont très élevées, la temporalité de l'atténuation est importante car il est contraignant d'évacuer un établissement recevant du public, et pour les bâtiments dont l'évacuation est impossible, les utilisateurs restent exposés au radon jusqu'à ce que des travaux soient réalisés.

De plus, compte-tenu du coût et de la complexité de la mise en œuvre de certaines méthodes d'assainissement, il est judicieux d'adopter des mesures d'assainissement progressives, de complexité, coût et efficacité croissants. La mesure de l'activité volumique entre chaque série de travaux permet de quantifier leur effet et de décider s'il y a lieu d'entreprendre une nouvelle série de travaux.

Le tableau ci-dessous présente une classification des solutions de remédiation. Le niveau 1 correspond aux méthodes simples, rapides et peu coûteuses ; elles peuvent être des mesures provisoires d'urgence destinées à abaisser les concentrations en attendant la mise en place de solutions plus complexes.

	Conception	Travaux d'étanchéité	Travaux de ventilation
Niveau 1	Réaffectation des locaux : déplacement des chambres à coucher à l'étage	Traitement des défauts d'étanchéité les plus simples (trous, fissures, passages de réseaux, trappes, etc.)	Aération naturelle fréquente Création ou agrandissement des entrées d'air Ventilation naturelle de la cave
Niveau 2	Séparation du sous-sol et du RDC, du sous-sol et de la cage d'escalier	Pose d'une membrane d'étanchéité sur toutes les parties enterrées	Installation d'un système de VMC efficace Installation d'apports d'air frais pour les appareils à combustion (poêle, cuisinière, cheminée, etc.)
Niveau 3	Accès à la cave par l'extérieur uniquement	Pose d'une membrane d'étanchéité sous la dalle	Mise en dépression du sol Mise en dépression de l'interface sol/bâti

Figure 10 - Classification des méthodes de remédiation du risque radon © Réseau Breton Bâtiment Durable

Le diagramme ci-dessous est un outil d'aide à la décision qui permet de choisir les mesures d'atténuation à adopter en fonction de la situation. L'étape de diagnostic, explicitée sur le schéma, est primordiale dans le choix de la méthode de remédiation, et déterminante pour son efficacité.

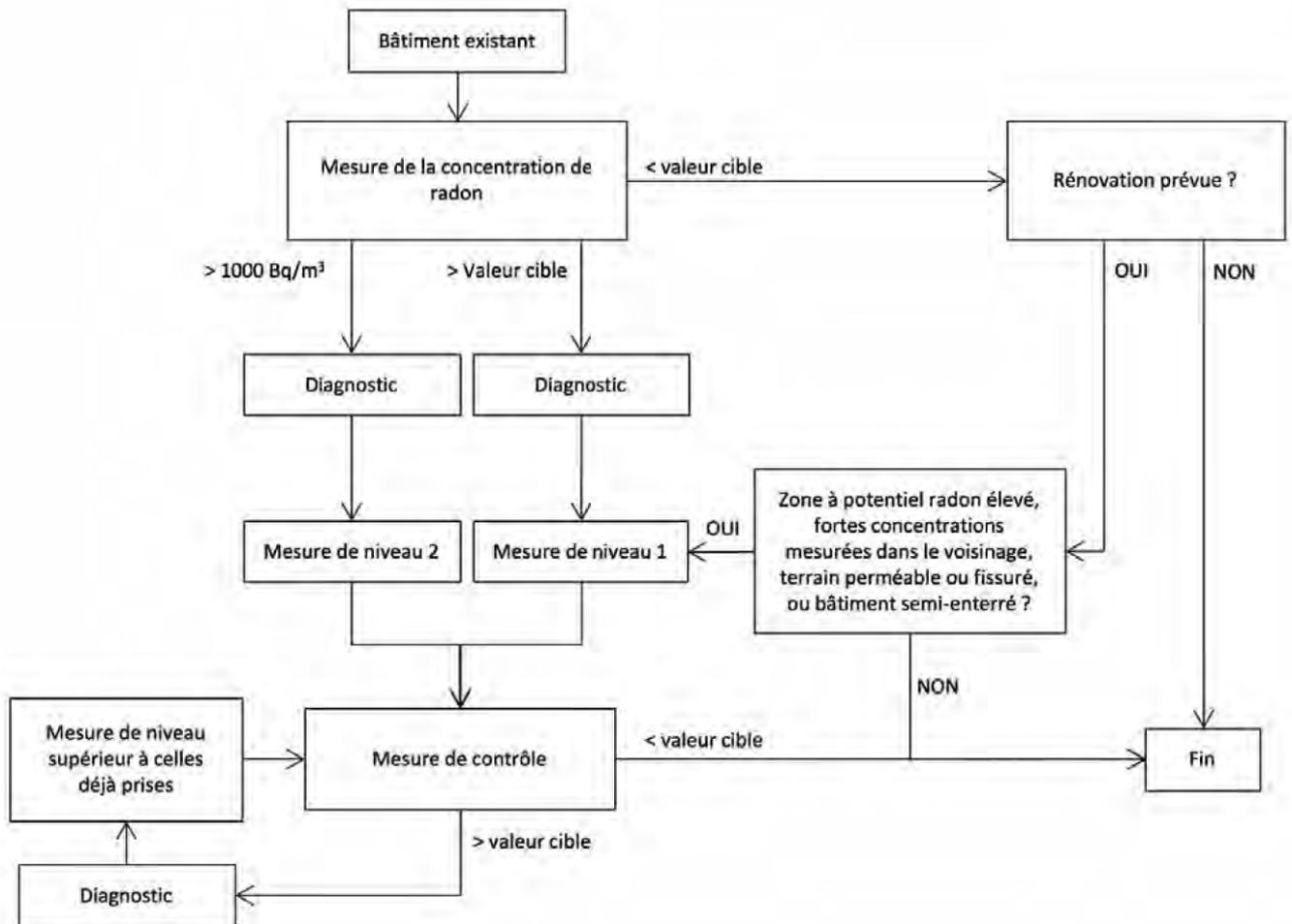


Figure 11 - Diagramme d'aide à la décision en rénovation © Réseau Breton Bâtiment Durable

## C.5. Efficacité des mesures de protection contre le radon

La concentration en radon dans l'air intérieur d'un bâtiment dépend de beaucoup de paramètres, et il est impossible de l'estimer a priori. En remédiation, on peut être confronté à des bâtiments où la mise en place de solutions contre le radon n'a pas eu d'influence sur les concentrations mesurées, ou a même aggravé la situation. Seules les mesures de concentration effectuées à la fin des travaux permettent d'évaluer l'efficacité des mesures de protection contre le radon. Il est préférable d'attendre l'emménagement des usagers pour effectuer les mesures en situation d'occupation normale, pendant la période de chauffe. Ces mesures décrivent l'efficacité d'une combinaison de solutions plutôt que d'une solution unique.

Le faible nombre de bâtiments ayant fait l'objet d'assainissement et la singularité de chacun de ces cas rendent difficile l'analyse statistique de l'efficacité. Cependant, le CCNSE (Centre de Collaboration National en Santé Environnementale – Canada) a rassemblé les cas d'atténuation disponibles dans la littérature, et a comparé leur efficacité relative (en pourcentage de réduction des concentrations de radon). Cette étude bibliographique conclut que les stratégies les plus efficaces sont celles qui consistent à ventiler ou dépressuriser le sol ou l'interface sol/bâti. L'efficacité de l'amélioration des systèmes de ventilation de l'air intérieur (mécanique ou naturelle) est plus modérée, et le simple colmatage des points d'entrée du radon est la méthode la moins efficace (CCNSE, 2008). Même si ces résultats doivent être interprétés avec des réserves, notamment car la diminution relative de concentration en radon d'une même mesure sera plus importante lorsque l'activité volumique initiale est élevée (les premiers becquerels par mètres cube sont plus simples à éliminer que les derniers) ; cette étude confirme l'insuffisance de la seule étanchéification des voies d'entrée du radon.

En construction neuve, l'absence de mesure de référence rend impossible l'évaluation quantitative de l'efficacité des méthodes de lutte contre le radon.

## C.6. Antagonismes et synergies

Les effets de la lutte contre le radon sur les autres aspects du bâtiment sont généralement positifs. Le renouvellement de l'air intérieur empêche l'accumulation de radon, mais aussi des autres polluants de l'air intérieur : composés organiques volatils, particules fines, biocontaminants, etc. Le principe d'étanchéité à l'air de l'enveloppe concorde avec les objectifs de performances thermiques, mais est aussi favorable au confort de l'utilisateur par l'absence de courants d'air et à la prévention des désordres liés à l'humidité.

Les défauts de mise en œuvre des méthodes de lutte contre le radon impliquant des extracteurs d'air mécanisés peuvent être à l'origine de déperditions thermiques ou de légères nuisances sonores. Mais ces systèmes ont un effet globalement positif lorsqu'ils sont correctement installés. En plus de prévenir les infiltrations de radon, ils peuvent prévenir les dégâts liés aux remontées capillaires.

Les vides sanitaires empêchent aussi les invasions de termites et réduisent la vulnérabilité du bâtiment aux mouvements de terrain.

Les joints d'étanchéité élastiques sont très inflammables, mais les quantités sont trop réduites pour qu'ils constituent un réel danger.

En période hivernale, l'aération intensive comme solution de remédiation d'urgence conduit à un grand inconfort thermique et à d'importantes déperditions énergétiques.

## CONCLUSION

Les retours d'expériences ont permis de mettre en évidence un manque de connaissance concernant la problématique du radon, et ce, aussi bien de la part des acteurs de la construction que des maîtres d'ouvrage privés. On dispose néanmoins des connaissances nécessaires pour traiter ce risque et des solutions existent. Celles-ci ne sont pas toujours compliquées à mettre en oeuvre, mais c'est la rigueur de leur réalisation qui déterminera leur efficacité.

La transversalité de la problématique du radon nécessite une approche systémique du bâtiment. En effet, de nombreux corps de métier (conception, bureau d'études, ventilation, chauffage etc.) sont amenés à travailler sur cette problématique, et la bonne mise en oeuvre de systèmes de prévention ou de remédiation du risque radon dépend largement de la coordination de ces acteurs. L'intégration des travaux de lutte contre le radon le plus en amont possible des projets de construction ou de rénovation permet de prévenir les désordres liés à des défauts de coordinations des acteurs, et peut considérablement réduire les coûts de mise en oeuvre. Même dans un bâtiment dont les concentrations en radon sont raisonnables, il peut être judicieux de profiter d'une rénovation pour mettre en place un système de remédiation, car avec le temps la dégradation des matériaux, les mouvements de terrain ou les rénovations peuvent perturber l'équilibre du bâtiment.

Les systèmes qui permettent de lutter efficacement contre le radon sont de natures différentes et il convient de choisir la ou les solutions à mettre en oeuvre après avoir réalisé un état des lieux du bâtiment et de son environnement proche (potentiel radon de la zone, nature du sol, bâtiments proches...). D'une façon générale, la limitation des flux d'air entre le sol et les parties basses du bâtiment est un point clé de la lutte contre le radon. Les solutions d'étanchéification des infiltrations de radon sont un prérequis indispensable mais rarement suffisant.

L'amélioration des systèmes de ventilation de l'air intérieur (mécanique ou naturelle) peut suffire à diluer le radon et contribuer à éliminer d'autres polluants de l'air intérieur. Le renouvellement de l'air hygiénique n'est cependant pas adapté à traiter des valeurs importantes ( $> 800 \text{ Bq/m}^3$ ). Néanmoins, comme le montre le CCNSE (Mesures efficaces pour réduire le niveau de radon à l'intérieur, 2008), les solutions qui consistent à ventiler ou dépressuriser le sol ou l'interface sol/bâti sont souvent les plus efficaces. En fonction du contexte, on choisira de mettre la partie basse de la structure ou le sol en dépression, voire de mettre le bâtiment en surpression. Cette solution présente quelques limites en termes de confort, de consommation d'énergie et de risques de condensations. Les solutions étudiées sont pour la plupart passives mais peuvent être renforcées par la pose d'un groupe d'extraction judicieusement positionné. En construction neuve, l'absence de mesure de référence rend impossible l'évaluation quantitative de l'efficacité des méthodes de lutte contre le radon.

La concentration en radon de l'air intérieur d'un bâtiment dépend de beaucoup de paramètres, et il est impossible de l'estimer a priori. C'est pourquoi seules les mesures de concentration effectuées à la fin des travaux permettent d'évaluer l'efficacité des systèmes de protection mis en oeuvre. Il est préférable d'attendre l'emménagement des usagers pour effectuer les mesures en situation d'occupation normale, pendant la période de chauffe. Ces mesures décrivent l'efficacité d'une combinaison de solutions plutôt que d'une solution unique, et dépendent aussi des habitudes de vie des usagers.

Il est primordial d'intégrer le radon dans une recherche d'amélioration de la qualité de vie et des performances environnementales du bâtiment. Cette approche globale du bâtiment permet de vérifier systématiquement la compatibilité de travaux de rénovation énergétique avec la problématique du radon, et à l'inverse d'estimer l'impact d'une remédiation sur les performances énergétiques du bâtiment. En parallèle, la mise en place d'une politique cohérente de sensibilisation du grand public, de formation des acteurs de la construction et de valorisation des travaux de prévention ou d'atténuation semble être la meilleure stratégie de lutte contre le radon à long terme.

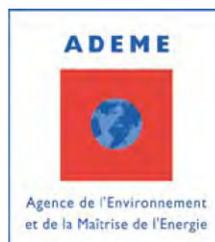
## GLOSSAIRE

Anah :	Agence Nationale de l'Habitat
AQC :	Agence Qualité Construction
ARS :	Agence Régionale de Santé
ASN :	Autorité de Sûreté Nucléaire
BIM :	Building Information Modeling
BEEP :	Bâtiment Environnement Espace Pro
DGS :	Direction Générale de la Santé (ministère de la santé)
DTU :	Documents Techniques Unifiés
CCNSE :	Centre de Collaboration Nationale en Santé Environnement
CEREMA :	Centre d'Etudes et d'expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement
CIRC :	Centre International de Recherche sur le Cancer
CLCV :	Consommation, Logement et Cadre de Vie
CSTB :	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
IFC :	Industry Foundation Classes
INCa :	Institut National du Cancer
InVS :	Institut de Veille Sanitaire
IPSN :	Institut pour la Protection de la Santé Naturelle
IRSN :	Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé
PNSE :	Plan National Santé Environnement
PRSE :	Plan Régional Santé Environnement
REX :	Retour d'EXpérience
RT2012 :	Réglementation Thermique 2012
VMC :	Ventilation Mécanique Contrôlée
VMI :	Ventilation Mécanique Inversée ou à Insufflation

## RÉPERTOIRE DES RETOURS D'EXPÉRIENCE

- 1- La concentration de radon mesurée dans une pièce ne doit pas être généralisée à tout le bâtiment \_\_\_\_\_ p. 21
- 2- Mise en dépression du bâtiment en saison hivernale par effet cheminée \_\_\_\_\_ p. 23
- 3- Prise en compte tardive de la problématique du radon sur un projet de construction neuve \_\_\_\_\_ p. 24
- 4- Défauts d'étanchéité de l'enveloppe vis-à-vis du passage du radon \_\_\_\_\_ p. 25
- 5- Ventilation insuffisante du vide sanitaire \_\_\_\_\_ p. 26
- 6- Nécessité d'une mécanisation de la ventilation du vide sanitaire \_\_\_\_\_ p. 30
- 7- Choix et pose du groupe d'extraction \_\_\_\_\_ p. 31
- 8- Etanchéité à l'air du passage de la conduite d'évacuation à travers la dalle \_\_\_\_\_ p. 32
- 9- Etanchéité à l'air du groupe d'extraction d'un puisard \_\_\_\_\_ p. 34
- 10- Mauvais positionnement du groupe d'extraction d'un puisard \_\_\_\_\_ p. 35
- 11- Emplacement et hauteur inadaptés pour le rejet de l'air extrait du puisard \_\_\_\_\_ p. 36
- 12- Absence ou insuffisance d'entrées d'air dans les bâtiments équipés de VMC simple-flux \_\_\_\_\_ p. 39

Réalisé avec le soutien de :



Partenaires de nos actions



Mission portée par :



Membre du :

