

RADON

GÉRER LE RISQUE POUR LA CONSTRUCTION
ET LA RÉNOVATION DE LOGEMENTS



SOMMAIRE

Introduction	5
<hr/>	
QU'EST-CE QUE LE RADON ?	6
Définition et risques	7
Radon et bâtiment	8
Réglementation	13
<hr/>	
COMMENT GÉRER LE RADON ?	16
État des lieux initial	18
> S'informer	18
> Mesurer	19
• Construction neuve : caractérisation du sol de la parcelle	19
• Bâtiment existant	20
Solutions techniques	23
> Principes généraux	23
• Ventilation du bâtiment	24
• Étanchéité de l'interface	26
• Traitement des soubassements	28
- Ventilation du soubassement	
- Système de dépressurisation du sol (SDS)	
• Maintenance et entretien	30
> Construction neuve	31
• Ventilation du bâtiment : mise en œuvre	31
• Étanchéité : mise en œuvre	32
• Traitement des soubassements : mise en œuvre	41
> Bâtiment existant	47
• Actions correctives	47
• Fiches cas pratiques	48
<hr/>	
Lexique	52
Remerciements	53
En savoir plus	54

L'Association QUALITEL a été créée au milieu des années 70 afin de répondre à de nouvelles préoccupations liées à la qualité de l'habitat. Depuis 45 ans, elle œuvre à trouver des solutions pour améliorer la qualité des logements en France. Pour cela, elle mène des programmes de recherche dans tous les domaines qui contribuent à cette qualité, en adéquation avec les attentes des habitants d'aujourd'hui : acoustique, thermique, ventilation, économie, respect de l'environnement... Pour viser un habitat meilleur, QUALITEL s'appuie aujourd'hui sur ses différentes filiales pour porter ses activités d'information du public, d'évaluation et d'expertise, de formation professionnelle, de certification de logements et de soutien aux structures œuvrant pour le logement des plus défavorisés.

L'Association QUALITEL s'est appuyée sur l'expertise du CSTB pour mener à bien ce travail sur le risque radon, notamment en ce qui concerne la présentation de solutions de protection adaptées à différents contextes : construction sur terre-plein, sur vide sanitaire, rénovation... Créé en 1947, le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) a pour mission de garantir la qualité et la sécurité des bâtiments, par le partage de connaissances scientifiques et techniques. Il mène des programmes de recherche et accompagne les acteurs dans la conception et le développement de solutions pour protéger les individus et leur assurer un environnement sûr et confortable, en lien avec les transitions environnementale, énergétique et numérique.

Introduction

L'air intérieur étant plus pollué que l'air extérieur, QUALITEL a placé la santé et la qualité de l'air intérieur (QAI) comme l'une de ses priorités afin de contribuer à l'amélioration de la qualité de vie des occupants au sein de leur logement. Depuis de nombreuses années, l'Association mène ainsi des programmes de recherche sur la ventilation, les émissions de composés organiques volatils (COV), l'amiante, la prédiction de la QAI en conception...

Parmi les polluants de l'air, le radon représente un enjeu sanitaire important. Ce gaz est en effet la première source d'exposition de la population française aux rayonnements ionisants et est reconnu par le Centre international de recherche sur le cancer comme « cancérigène pulmonaire certain ». QUALITEL a donc décidé de mener des travaux sur ce sujet afin d'accompagner les maîtres d'ouvrage à gérer ce risque dans le cadre de leurs programmes de construction et de rénovation.

Le risque sanitaire que représente le radon est encore souvent méconnu des professionnels et des propriétaires de logements, et sa dangerosité sous-estimée. Il existe à l'heure actuelle peu de sensibilisation auprès des acteurs de la construction sur le radon, sur les risques encourus et sur les méthodes de prévention et les actions correctives existantes. Une autre difficulté concerne la transversalité de ce sujet qui doit, pour être maîtrisé, mobiliser l'ensemble des professionnels intervenant dans la construction ou la rénovation de logements : bureaux d'études, maçons, plombiers-chauffagistes... Enfin, le radon est d'autant plus complexe à gérer qu'il n'existe pas de cause unique pour expliquer sa présence en concentrations élevées dans les bâtiments.

Pourtant, gérer le risque radon d'un projet permet aussi de traiter les autres sources de polluants de l'air intérieur de façon globale, en s'appuyant sur un système de ventilation performant et sur une étanchéité de l'enveloppe soignée.

Dès 2016, CERQUAL Qualitel Certification, l'organisme certificateur de logements du Groupe QUALITEL, a fait le choix d'aborder ce sujet dès la conception en introduisant, dans le référentiel NF Habitat, des exigences de prévention du risque radon dans les opérations de construction ou de rénovation. Ces exigences ont amené les maîtres d'ouvrage à se poser des questions sur la mise en œuvre opé-

rationnelle d'actions de prévention contre le radon. Pour y répondre, QUALITEL a missionné le CSTB afin de définir les solutions techniques que les maîtres d'ouvrage peuvent mettre en œuvre dans leurs projets pour se préserver du risque radon.

Avec ce guide technique, QUALITEL souhaite proposer aux professionnels du secteur une véritable boîte à outils précisant les différents procédés constructifs permettant de protéger les habitations vis-à-vis du radon venant du sol. Il s'agit bien d'accompagner au plus près la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre sur ce sujet encore méconnu. Ce document présente les solutions relatives à la construction neuve et doit permettre, en l'état des connaissances actuelles et des produits disponibles sur le marché, de fournir des techniques constructives permettant de protéger de manière optimale les bâtiments de logements vis-à-vis du radon.

En termes de démarche, le maître d'ouvrage doit intégrer le risque radon le plus en amont possible, soit dès l'avant-projet d'une opération de construction. Il est essentiel de prévoir la mise en œuvre de mesures et de choix constructifs de nature à réduire le risque d'entrée du radon. En procédant ainsi, le maître d'ouvrage évite les incidences techniques et financières induites par la mise en œuvre ultérieure de mesures correctives, rendues nécessaires lors de la détection de concentration de radon importante, une fois le bâtiment en usage.

En effet, pour réduire la présence de polluants dans des logements, il est plus facile d'intervenir en amont d'un projet de construction que dans le cadre d'un programme de rénovation.

Ce guide vise également à accompagner les professionnels pour la réalisation d'un état des lieux initial d'un parc existant, afin de caractériser la présence de radon dans les bâtiments et de déterminer les travaux adéquats à réaliser. Dans le cas de projet de rénovation, ce guide présente quelques exemples de cas concrets de solutions mises en œuvre.



QU'EST-CE QUE LE RADON ?

Définition et risques	8
Radon et bâtiment	9
> D'où vient le radon ?	9
> Des modes constructifs qui peuvent intensifier le phénomène	11
Réglementation	13
> Maîtriser le risque radon dans les bâtiments tertiaires ou accueillant du public	13
> Des évolutions réglementaires en 2018	13
> Pour les bâtiments résidentiels	15

Définition et risques

Le radon est un gaz radioactif qui provient de la dégradation de l'uranium et du radium présents dans la croûte terrestre, principalement dans les sols granitiques et volcaniques. Ce gaz incolore et inodore est présent dans le sol et dans l'eau et se diffuse dans l'air. Par effet de confinement, on le retrouve à des concentrations plus élevées à l'intérieur des bâtiments qu'à l'extérieur.

QUELS SONT LES RISQUES POUR LA SANTÉ ?

Le radon représente un véritable enjeu de santé publique :

- > **Principale source d'exposition aux rayonnements ionisants** pour la population française ;
- > **Classé « Cancérogène pulmonaire certain » pour l'homme** par le centre international de recherche sur le cancer (CIRC) de l'Organisation mondiale pour la santé (OMS) depuis 1987 ;
- > **Deuxième cause de cancer du poumon** avec en moyenne 2 000 cas/an en France. Le radon reste toutefois loin derrière le tabac qui est responsable de 8 cancers sur 10 chez les hommes (83 %) et de 7 cancers sur 10 chez les femmes (69 %) (CIRC). 5 à 10 % des cancers du poumon sont ainsi attribuables au radon, ce qui représente 1 200 à 2 900 décès/an (InVS, Impact sanitaire du radon domestique : de la connaissance à l'action, Bulletin épidémiologique hebdomadaire, numéro thématique, n°18-19, 2007).

Pour évaluer l'impact du radon sur la santé, on s'intéresse à sa concentration dans l'air qui se mesure en Becquerel (Bq)/m³. En 2009, l'Organisation mondiale de la santé a recommandé un niveau de référence de 100 Bq/m³, et dans tous les cas de rester en deçà de 300 Bq/m³.

Pour aller plus loin : [Évaluation de l'impact sanitaire de l'exposition domestique au radon en France, Santé publique France](#)

Radon et bâtiment

Afin de limiter la présence de radon dans un bâtiment, il faut à la fois bloquer sa pénétration et diluer sa concentration à l'intérieur du logement.

D'OÙ VIENT LE RADON ?

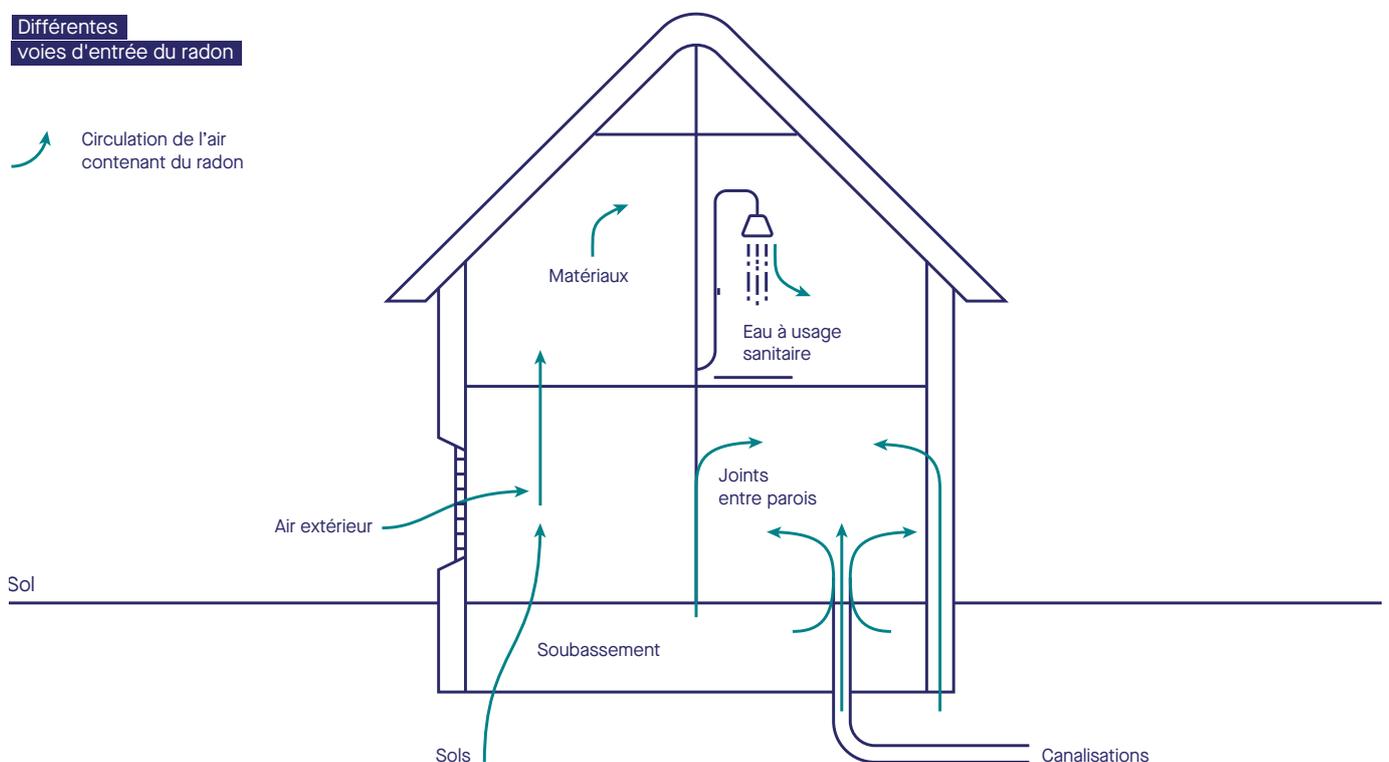
Le radon ne se trouve pas de façon uniforme dans les sols, certaines zones sont particulièrement concernées. En effet, la présence de radon et sa concentration plus ou moins élevée dépendent à la fois de la présence de radium dans les roches et de la perméabilité du sol. Ainsi, une faible concentration 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.

Les voies d'entrées du radon dans un bâtiment

Le radon présent dans l'air des bâtiments provient en majorité du sous-sol (près de 80 %), et de façon plus réduite d'autres sources (matériaux de construction, air extérieur, eau).

Différentes voies d'entrée du radon

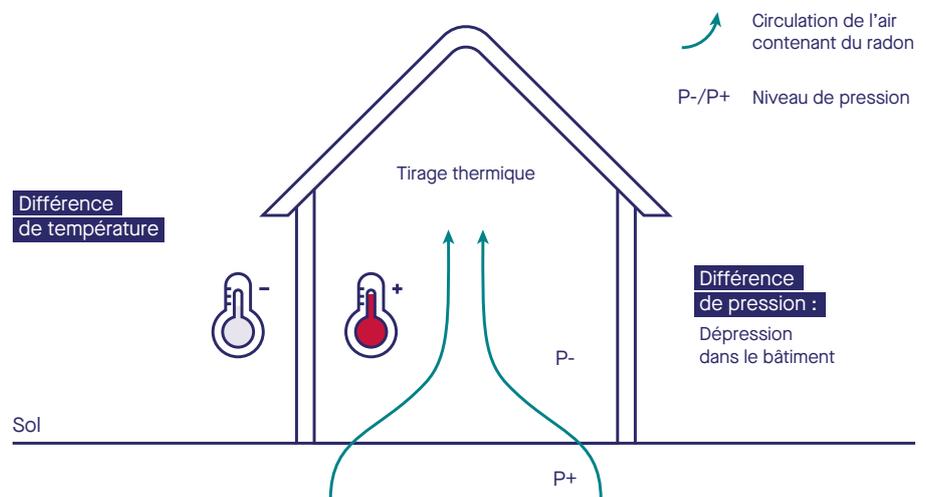
 Circulation de l'air contenant du radon



L'entrée du radon dans le bâtiment peut se faire selon deux processus :

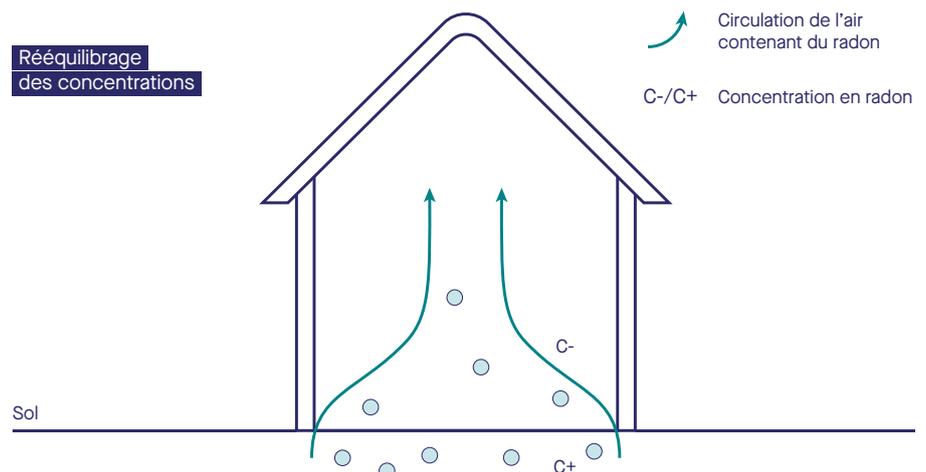
> Transfert convectif

La différence de température entre l'air intérieur, plus chaud, et l'air extérieur d'un bâtiment crée un effet de « tirage thermique », renforcé en période de chauffage. Ce tirage thermique génère une « dépression » au niveau du sol du bâtiment vis-à-vis de son environnement extérieur et notamment du sol sous le bâtiment. Cette différence de pression entre l'intérieur du bâtiment et l'extérieur provoque un mouvement d'air : l'air présent dans le sol, qui peut contenir du radon, est aspiré vers l'intérieur du bâtiment, et pénètre notamment par les défauts d'étanchéité.



> Transfert diffusif

Le radon s'infiltré presque exclusivement en étant transporté par l'air mais lorsqu'il est en concentration élevée dans le sol ou dans un matériau de construction par exemple, un phénomène de « diffusion moléculaire » peut avoir lieu. Le radon va alors se diffuser vers l'extérieur ou vers l'air intérieur du bâtiment par « transfert diffusif ». Selon la loi Fick, deux volumes d'air avec des concentrations en polluants différentes vont tendre vers une concentration homogène et induire un déplacement de ces polluants. Ainsi, même en l'absence de différence de pression entre le volume d'air intérieur et le sol, le radon peut pénétrer dans le bâtiment.



Il est indispensable de comprendre ces mécanismes de convection, liée à la dépression du bâtiment, et de diffusion, par différence de concentration, pour déterminer comment gérer le risque radon dans un projet.

Qu'il soit issu du sol ou d'autres sources, le radon dans le bâtiment présente une concentration d'autant plus élevée que le renouvellement d'air est faible.

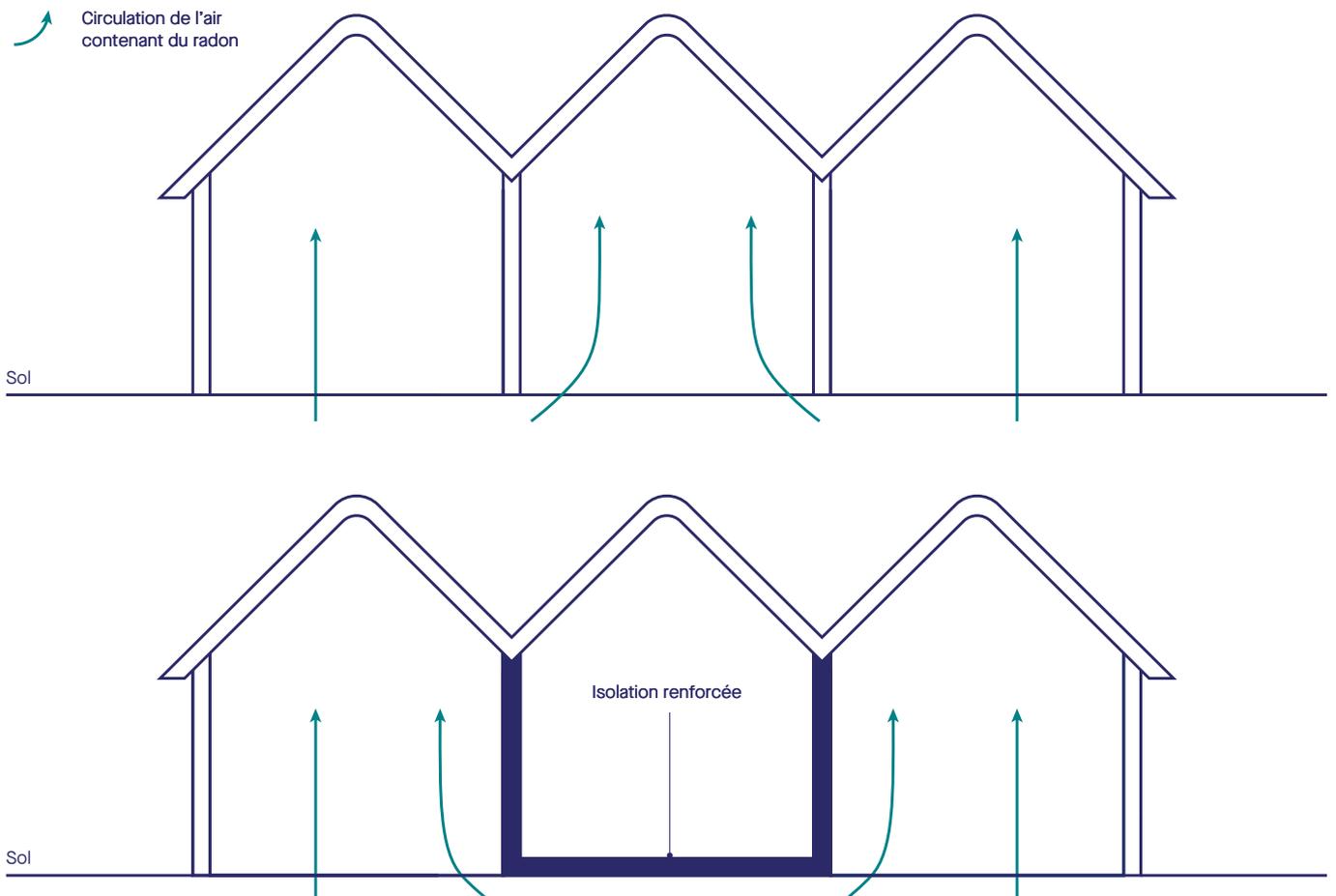
DES MODES CONSTRUCTIFS QUI PEUVENT INTENSIFIER LE PHÉNOMÈNE

Bâtiments neufs : un risque lié à la perméabilité à l'air

Depuis les années 70, les réglementations thermiques successives ont imposé de construire des bâtiments de plus en plus étanches afin de réduire les consommations d'énergie. Or une meilleure isolation et la perméabilité à l'air des bâtiments neufs réduite peuvent entraîner une augmentation du confinement de l'air et « piéger » le radon à l'intérieur des logements si le système de ventilation associé n'est pas suffisamment performant.

Dans le cadre de bâtiments mitoyens, une attention accrue doit être portée sur cette problématique car l'isolation renforcée, notamment aux niveaux des planchers en contact avec le sol, a pour conséquence de réduire la pénétration du radon dans le bâtiment isolé mais peut exacerber le risque de propagation du gaz vers les bâtiments mitoyens non protégés.

Transfert du radon dans des bâtiments mitoyens



Parc existant : un potentiel impact négatif des rénovations thermiques

Les travaux de rénovation d'un bâtiment, notamment lorsqu'ils visent à améliorer le confort thermique et à réduire les consommations d'énergies, consistent souvent à changer les fenêtres et portes extérieures, à renforcer l'isolation thermique de l'enveloppe du bâtiment et à installer des systèmes de chauffage performants. Ces types d'interventions peuvent avoir un impact positif ou négatif sur la qualité d'air intérieur (QAI), selon qu'ils prennent en compte ou non le maintien ou l'amélioration des performances de la ventilation initiale du bâtiment. Un système de ventilation performant est indispensable pour permettre un bon renouvellement d'air. Il est donc recommandé de réaliser une mesure de dépistage du radon en amont d'une opération de rénovation. En fonction du résultat obtenu, les travaux prévus pourront être adaptés afin de ne pas dégrader la QAI, en particulier concernant les niveaux de radon, voire d'améliorer la QAI globale du logement.

Par ailleurs, lors de ces rénovations énergétiques, les défauts d'étanchéité (fissures, traversées de canalisations...) à l'interface sol-bâtiment doivent être traités, pour ne pas laisser au radon la possibilité de s'infiltrer à l'intérieur des logements.

L'étanchéité des surfaces en contact avec le sol et l'efficacité de l'isolation et du système de ventilation mis en œuvre sont des aspects essentiels à prendre en compte pour gérer le risque radon des logements.

“ + 40 %, c'est l'augmentation moyenne observée de radon après une rénovation énergétique globale. Il n'y a pas plus de radon qui pénètre dans le bâtiment après la rénovation, en revanche, après cette rénovation, il est piégé à l'intérieur. Ainsi, pour les logements anciens qui sont peu équipés de systèmes de renouvellement d'air, la concentration de radon augmente, mais pas seulement : c'est aussi vrai pour les COV, l'humidité, le développement des moisissures... »

Joëlle Goyette Pernot, déléguée radon de l'Office fédéral de la santé publique en Suisse, [extrait interview Défis Bâtiment Santé 2019](#)

Réglementation

Il n'existe pas à l'heure actuelle de réglementation concernant le risque radon dans le parc résidentiel. Cependant, plusieurs textes définissent un cadre portant sur l'identification des zones concernées, la définition d'un seuil de référence et des mesures à mettre en place pour certains types de bâtiments.

MAÎTRISER LE RISQUE RADON DANS LES BÂTIMENTS TERTIAIRES OU ACCUEILLANT DU PUBLIC

Une réglementation a été mise en place dès 2004 dans les départements les plus concernés par le risque radon. Ainsi, pour ces 31 départements jugés prioritaires, le code de la santé publique impose que certaines catégories d'établissements recevant du public effectuent des mesures de radon tous les dix ans et lors de travaux modifiant la ventilation ou l'étanchéité du bâtiment.

Depuis un arrêté de 2008, dans ces mêmes départements, le code du travail oblige les employeurs à effectuer des mesures tous les cinq ans dans certaines catégories de lieux souterrains et dans les établissements thermaux où interviennent certains professionnels. Si le résultat des mesures excède un certain seuil, des actions correctives doivent alors être mises en place pour abaisser cette valeur.

DES ÉVOLUTIONS RÉGLEMENTAIRES EN 2018

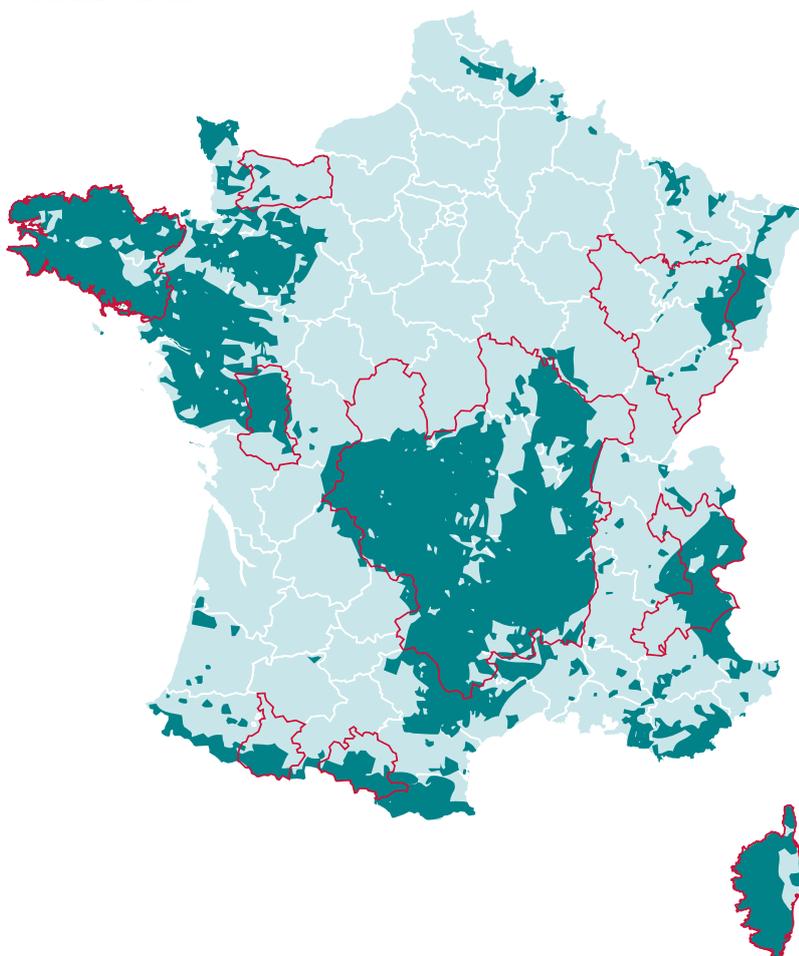
Avant 2018, 31 départements étaient identifiés comme présentant des concentrations élevées en radon dans le sol. L'arrêté du 27 juin 2018 a revu cette cartographie pour définir des zones à potentiel radon sur le territoire national en lieu et place de ces 31 départements jugés prioritaires. Réalisé par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), sur la demande de l'Autorité de sûreté nucléaire, ce zonage permet une prise en compte plus fine (au niveau communal) du risque radon afin de mieux protéger le public.

Il existe 3 catégories de zones à potentiel radon :

- 1 Communes des zones à potentiel radon faible
- 2 Communes des zones à potentiel radon faible mais sur lesquelles des facteurs géologiques particuliers peuvent faciliter le transfert du radon vers les bâtiments
- 3 Communes des zones à potentiel radon significatif

ÉVOLUTION DE LA CARTOGRAPHIE DU RISQUE RADON : DES 31 DÉPARTEMENTS PRIORITAIRES AUX COMMUNES À POTENTIEL RADON

- 31 départements prioritaires pour la mesure du radon
- Zones du potentiel d'exhalation du radon



La Directive européenne 2013/59/Euratom a introduit de nouvelles obligations vis-à-vis de la gestion du risque en fixant notamment le niveau de référence de la concentration du radon dans l'air à 300 Bq/m³ en moyenne annuelle. Le décret n°2018-434 du 4 juin 2018 a introduit de nouvelles obligations dans le domaine de la radioprotection et de la sécurité permettant une meilleure prise en compte de la protection de la population vis-à-vis des rayonnements ionisants et notamment de la gestion du risque radon.

Le niveau de référence pour le radon a ainsi été abaissé à 300 Bq/m³ au lieu de 400 Bq/m³ en valeur moyenne annuelle, et ce, pour tous les lieux ouverts au public concernés par la réglementation. De plus, le contrôle des expositions au radon est étendu à tous les lieux de travail : sous-sol et rez-de-chaussée. En cas d'exposition des travailleurs dépassant 6 mSv/an, l'employeur doit mettre en place une organisation de la radioprotection, un zonage « radon », un dépistage des travailleurs et un suivi « renforcé » de leur état de santé par un médecin du travail.

POUR LES BÂTIMENTS RÉSIDENTIELS

S'il n'existe pas de réglementation de la gestion du risque radon dans l'habitat privé, les acteurs du bâtiment peuvent cependant s'appuyer sur plusieurs éléments :

- > Un seuil de référence à 300 Bq/m³ ;
- > La cartographie des zones concernées ;
- > L'information préventive de la population :
 - le code de l'environnement intègre le radon comme aléa naturel et impose donc l'information acquéreur - locataire dans les zones de catégorie 3 ;
 - l'arrêté du 20 février 2019 impose aux acteurs locaux, situés dans les zones 3, d'informer sur la pollution de l'air intérieur et plus particulièrement sur le radon et ses risques sanitaires, et de fournir des recommandations sanitaires à la population en vue de prévenir leur exposition au radon et les risques associés.

Pour en savoir plus sur la réglementation liée au radon

- Articles L. 1333-10 et R. 1333-15 à R. 1333-16 du Code de la santé publique
- Articles R. 4451-136 à R. 4451-139 du Code du travail relatifs à la protection des travailleurs vis-à-vis de l'exposition au radon d'origine géologique
- Arrêté du 22 juillet 2004 relatif aux modalités de gestion du risque lié au radon dans les lieux ouverts au public
- Arrêté du 7 août 2008 relatif à la gestion du risque lié au radon dans les lieux de travail
- Directive européenne 2013/59/Euratom1 du Conseil du 5 décembre 2013
- Arrêté du 22 juillet 2015 relatif à la mesure de l'activité du radon
- Décret n° 2018-434 du 4 juin 2018 portant diverses dispositions en matière nucléaire
- Décret n° 2018-437 du 4 juin 2018 relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux rayonnements ionisants
- Arrêté du 27 juin 2018 portant délimitation des zones à potentiel radon sur le territoire national, pris en application des décrets n° 2018-434 et 2018-437 du 4 juin 2018
- Avis n° 2018-AV-0309 de l'ASN du 3 juillet 2018
- 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



COMMENT GÉRER LE RADON ?

État des lieux initial	18
> S'informer	18
> Mesurer	19
Solutions techniques	23
> Principes généraux	23
> Construction neuve	31
> Bâtiment existant	47

État des lieux initial

La méthodologie pour prendre en compte le radon dans les projets de construction ou de rénovation de logements passe par différentes étapes clés :

- > **S'informer sur le potentiel** radon de la commune sur laquelle est implanté le projet et identifier les caractéristiques environnantes qui auront un impact sur la qualité de l'air intérieur du bâtiment ;
- > **Réaliser des mesures (dépistage)**, dans les logements pour le cas des bâtiments existants et dans le sol de la parcelle pour les projets de construction neuve, voire un diagnostic plus poussé ;
- > **Déterminer des actions** préventives ou correctives.

S'INFORMER

En se basant sur les caractéristiques des formations géologiques, l'IRSN a établi une cartographie du potentiel radon du territoire métropolitain et de l'Outre-mer. Sont ainsi identifiées des zones sur lesquelles la présence de radon à des concentrations élevées dans les bâtiments est la plus probable. Les communes sont classées selon 3 catégories qui correspondent aux zones définies dans la réglementation actuelle sur le radon et sont disponibles grâce à une [carte interactive sur le site de l'IRSN](#) :

Tout particulier peut ainsi vérifier si son logement est concerné par la présence de ce polluant. Les professionnels peuvent quant à eux déterminer le risque radon de leur projet et prévoir les actions à mettre en place pour le maîtriser.



Même s'il n'existe pas de réglementation à respecter pour le parc résidentiel, les professionnels peuvent s'appuyer sur les obligations que doivent respecter les bâtiments recevant du public et le secteur tertiaire. Par exemple, si un dépistage est réalisé, celui-ci peut être effectué par un organisme agréé par l'ASN et selon un protocole normalisé.

MESURER

La mesure a pour objectif d'estimer la concentration moyenne annuelle du radon susceptible d'être inhalée par les occupants. Cependant, les mesures ne seront pas les mêmes pour un programme de construction ou lors d'une opération de rénovation de logements. Dans le cas de la construction, il s'agit de déterminer s'il y a du radon dans le sol du futur bâtiment, afin d'affiner les choix de conception. Pour le parc existant, des mesures peuvent être effectuées dans les logements à rénover, pour vérifier les concentrations en radon à l'intérieur du bâtiment et déterminer les actions correctives à mettre en œuvre.

Construction neuve : caractérisation du sol de la parcelle

Dans le cadre d'un programme de construction, il est possible de réaliser des mesures de concentration en radon dans les sols. Les résultats de ces mesures permettent d'orienter les choix de conception.

Des protocoles normalisés existent déjà à l'étranger, comme en République Tchèque par exemple. Cependant, en France, il n'existe à l'heure actuelle aucun protocole reconnu, normalisé ou harmonisé. Un protocole permettrait pourtant de réduire les incertitudes que peuvent présenter les résultats et l'interprétation de ces mesures.

Les concentrations en radon dépendent à la fois de la présence de radium dans les roches, de la perméabilité à l'air des sols ou encore de la présence d'une nappe souterraine. Les conditions météorologiques telles que la température peuvent également entraîner des variations saisonnières et journalières des concentrations de radon dans l'air présent dans le sol (Chené et al.,1989). En effet, selon l'IRSN, « l'activité volumique du radon peut varier d'un facteur 10 à 100 selon la période de l'année et l'heure de la journée ». Sur une même parcelle, on peut aussi trouver des concentrations en radon différentes. De plus, les travaux d'aménagement (terrassment, déblaiement, excavation, etc.) qui seront effectués ultérieurement peuvent modifier les concentrations de radon et ses conditions de transfert.

Bâtiment existant

Lors de travaux de rénovation, pour les bâtiments situés dans des zones à risque concernant le potentiel radon, la mesure (ou dépistage) de la concentration en radon s'avère nécessaire et peut être complétée par un diagnostic ou expertise technique du bâtiment, pour identifier les sources de pollution et définir les dispositions à mettre en œuvre afin de remédier à cette pollution.

> Comment mesurer ?

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

- > **Le potentiel radon** de la zone géologique sur laquelle le bâtiment est implanté ;
- > **Les caractéristiques du bâtiment** : son mode constructif, les matériaux utilisés, son étanchéité à l'air et sa ventilation ou encore le comportement des occupants dans leurs logements ;
- > **Les conditions météorologiques.**

Pour connaître véritablement l'exposition au radon d'un bâtiment, il est nécessaire de réaliser des mesures du radon à l'intérieur de celui-ci à l'aide d'un détecteur passif. La « mesure intégrée » est celle requise par les différentes réglementations relatives au radon dans les bâtiments et conforme à la norme NF ISO 11665-8.

Pour réaliser des mesures dans des bâtiments d'habitation, deux possibilités existent :

- > Faire appel à un organisme agréé pour réaliser la mesure du radon dont la liste est disponible sur le site de l'Autorité de Sécurité Nucléaire (ASN) (niveau 1-option A).
- > Utiliser « soi-même » des détecteurs passifs conformément à certaines recommandations.

MÉTHODOLOGIE

La mesure doit être :

- > Réalisée sur une période de l'ordre de 2 mois ;
- > En saison de chauffage ;
- > En conservant les mêmes habitudes d'utilisation du bâtiment (chauffage, aération), pour donner un résultat représentatif de la valeur moyenne annuelle.

Les détecteurs sont placés dans les pièces de vie (salon, chambre), en évitant les longues périodes d'inoccupation pour être représentatif de l'exposition. Leur nombre dépend de la taille de l'habitation ou du bâtiment et de ses particularités (cave, sous-sol, étage...). Au moins un détecteur est à prévoir pour 200 m² d'une « zone homogène » et au moins deux détecteurs par bâtiment au niveau le plus bas occupé. Une zone homogène correspond à un espace dont les caractéristiques sont identiques ou proches en prenant en compte le système constructif (vide sanitaire, terre-plein...), la ventilation et la température.

Il faut veiller à choisir un emplacement :

- > À l'abri de chutes, des animaux, de la curiosité des enfants...
- > Représentatif des conditions d'inhalation, par exemple sur un meuble entre 80 cm et 1 m 50 du sol ;
- > À l'abri du rayonnement solaire, d'une source de chaleur (radiateur, cheminée, appareil électrique, téléviseur...);
- > Dans la mesure du possible, en dehors des cuisines, en raison des dépôts de graisse.

Le détecteur doit rester bien ouvert et les conditions de pose doivent être vérifiées régulièrement. À l'issue de la mesure, le détecteur doit être renvoyé au fournisseur pour analyse.

— À savoir

Les propriétaires ou locataires de résidences privées ont la possibilité de faire mesurer, à leur frais, la concentration de radon dans leur habitation et, le cas échéant, de demander un diagnostic ou expertise technique du bâtiment. Ce diagnostic technique permettra de définir les travaux à réaliser pour diminuer les concentrations en radon.

Dans le cadre des locaux soumis à la réglementation, la mise en œuvre de travaux correctifs s'impose lorsque la concentration en radon excède 300 Bq/m³. L'efficacité des travaux doit ensuite être vérifiée par une nouvelle mesure de la concentration en radon, réalisée dans des conditions analogues aux mesures initiales.

> L'expertise technique du bâtiment

Lorsque les mesures révèlent une concentration élevée en radon, une expertise (ou diagnostic) technique du bâtiment permet de définir les causes de la présence de radon dans le bâtiment. **En identifiant plus précisément les sources de pollution, l'objectif est de proposer les solutions les mieux adaptées** en fonction de la typologie du bâtiment, des systèmes en place et de l'environnement immédiat, en tenant compte de l'impact global sur le bâtiment du choix de solutions.

Depuis le 1^{er} février 2011, la norme AFNOR NF X 46-040 « Traitement du radon dans les immeubles bâtis - Référentiel de diagnostic technique relatif à la présence de radon dans les immeubles bâtis » définit les missions et la méthodologie de l'expertise technique. L'Arrêté du 26 février 2019 définit la mission d'expertise technique dans le cadre réglementaire.

L'expertise technique doit intégrer :

- > **Des informations générales sur le bâtiment et son environnement :** année et type de construction, matériaux constitutifs, surface, nombre d'étages, mitoyenneté, historique de construction (réhabilitations antérieures éventuelles), climat, géologie... ;
- > **Une description du soubassement :** types et matériaux constitutifs du soubassement, surface, étanchéité, identification des voies potentielles d'entrée du radon par l'interface sol/bâtiment (porte de cave, trappes, réseaux fluides) ;
- > **Une description du système de ventilation** et une évaluation du niveau d'aération des espaces de vie du bâtiment ;
- > **Une description des systèmes du bâtiment** (chauffage, eau chaude sanitaire, climatisation...).

Une visite sur site permet de compléter la revue documentaire en évaluant les différents produits et systèmes (état des murs, des planchers, éventuels défauts d'étanchéité, mesures débit/pression, mesures de dépression, recueil des comportements des occupants : aération, chauffage...).

Pour en savoir plus

- Norme NF X 46-040 « Traitement du radon dans les immeubles bâtis - Référentiel de diagnostic technique relatif à la présence de radon dans les immeubles bâtis »
- Arrêté du 26 février 2019 relatif aux modalités de gestion du radon dans certains établissements recevant du public et de diffusion de l'information auprès des personnes qui fréquentent ces établissements
- Guide technique du CSTB « Le radon dans les bâtiments : Guide pour la remédiation des constructions existantes et la prévention des constructions neuves » (2008)
- Grille d'audit simplifié du Cerema relatif à la présence de radon dans les bâtiments à destination des professionnels (logements et ERP) (2019)

Solutions techniques

Cette partie du guide précise les différentes techniques constructives permettant de protéger les bâtiments de logements collectifs et les maisons individuelles vis-à-vis du radon venant du sol, pour les opérations de construction et de rénovation, ainsi que des recommandations concernant le choix de produits à mettre en œuvre.

PRINCIPES GÉNÉRAUX

— À noter

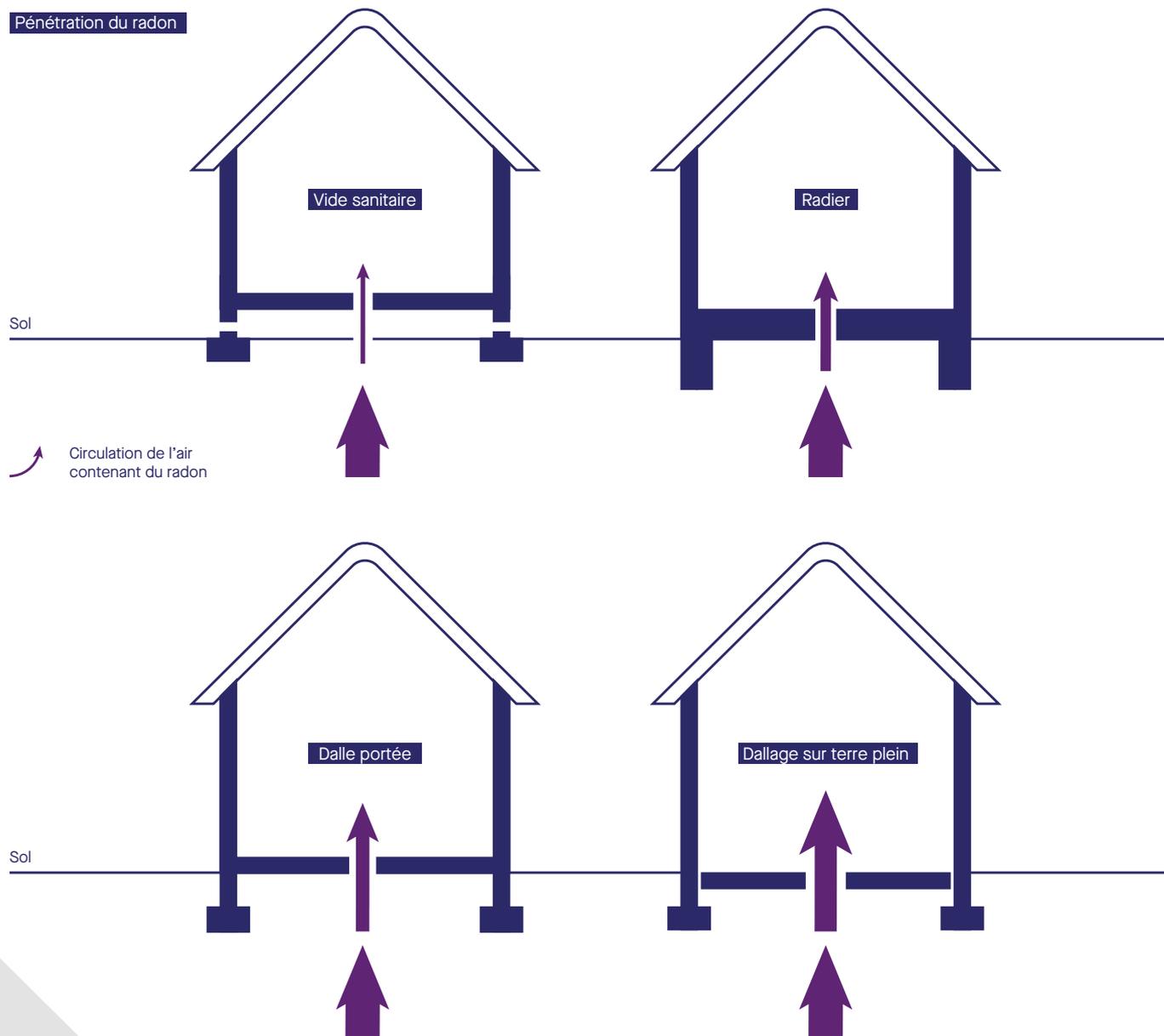
Pour que les solutions techniques mises en œuvre soient efficaces, il est important que les produits utilisés soient de qualité et répondent aux critères de performance visés.

Trois grandes typologies de solutions techniques permettent de protéger un bâtiment :

- > **Ventilation du bâtiment**
- > **Étanchéité au radon de l'interface du bâtiment avec le sol**
- > **Traitement des soubassements** (par ventilation ou par système de dépressurisation des sols)

Ces solutions ne s'additionnent pas systématiquement mais peuvent se compléter. Dans tous les cas, leur utilisation conjointe se montre plus efficace pour limiter la pénétration du radon dans un bâtiment. En effet, un soubassement bien ventilé sera d'autant plus efficace que l'étanchéité du plancher bas sera traitée.

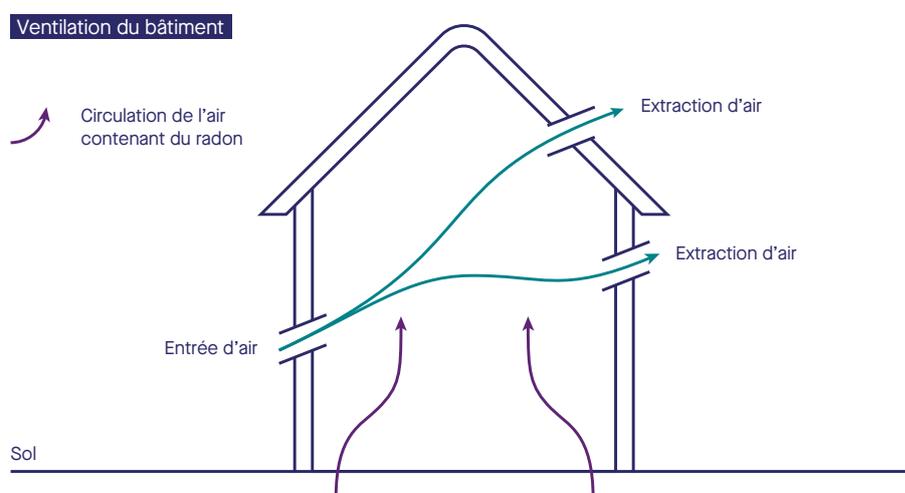
D'autre part, plus le bâtiment sera mis à distance du sol, plus le radon aura des difficultés à y pénétrer. Ainsi, les choix constructifs ont une forte incidence sur la pénétration du radon : un vide sanitaire ventilé sera plus efficace pour contrer l'entrée du radon qu'un radier, lui-même plus efficace qu'une dalle portée et elle-même plus efficace qu'un dallage indépendant sur terre-plein.



La ventilation générale et permanente du bâtiment permet d'évacuer les polluants, y compris le radon venant du sol, en assurant un renouvellement de l'air intérieur.

Ventilation du bâtiment

Les techniques de ventilation qui consistent à renforcer le renouvellement d'air peuvent éventuellement être utilisées seules pour réduire des concentrations en radon faibles (inférieures à 50 %) et pour des climats tempérés. Pour les autres cas, ces techniques doivent être associées à d'autres solutions (étanchéité, traitement des soubassements) car elles ne sont pas forcément assez efficaces pour réduire de fortes concentrations de radon dans le bâtiment. En effet, elles dépendent à la fois du comportement des occupants et du climat. De plus, elles induisent une augmentation du coût énergétique.



Le type de système de ventilation installé, ainsi que son dimensionnement et son réglage, influencent les niveaux de pression dans le bâtiment, et donc favorisent ou limitent l'entrée du radon :

TYPE DE VENTILATION	DESCRIPTIF	EFFET
Ventilation naturelle	<ul style="list-style-type: none"> > Permet de réduire la concentration en radon par le renouvellement d'air > Ne permet pas de bloquer l'entrée du radon dans le bâtiment 	<ul style="list-style-type: none"> > Efficacité qui dépend des conditions climatiques (vent, tirage thermique) et du comportement des occupants (aération manuelle)
Ventilation mécanique contrôlée (VMC) simple flux par extraction	<ul style="list-style-type: none"> > Peut accentuer la dépression du bâtiment et donc favoriser l'entrée du radon > Dépression renforcée si le bâtiment est peu perméable à l'air (très étanche) 	<ul style="list-style-type: none"> > Efficacité limitée qui dépend de la perméabilité du bâtiment et du tirage thermique > La dépression est d'autant plus marquée que les entrées d'air ne sont pas ajoutées/dimensionnées correctement
VMC simple flux par insufflation	<ul style="list-style-type: none"> > Diminue la dépression naturelle dans le bâtiment, ce qui permet de limiter l'entrée du radon 	<ul style="list-style-type: none"> > Cette technique peut exacerber des risques de condensation dans les murs dans certaines conditions > Efficacité qui dépend de la perméabilité du bâtiment et du comportement des occupants (surpression rendue inefficace lors de l'ouverture manuelle des fenêtres) > Système incompatible avec des appareils à combustion raccordés
VMC double flux équilibré	<ul style="list-style-type: none"> > Un débit de soufflage identique au débit d'extraction n'a pas d'impact sur les pressions intérieures liées au tirage thermique 	<ul style="list-style-type: none"> > Cette technique est efficace pour diminuer la concentration en radon dans le bâtiment
VMC double flux déséquilibré	<ul style="list-style-type: none"> > Un débit insufflé supérieur au débit extrait permet de diminuer la dépression du bâtiment, à condition que l'enveloppe soit bien étanche à l'air 	<ul style="list-style-type: none"> > Cette technique peut exacerber des risques de condensation dans les murs dans certaines conditions > Efficacité qui dépend de la perméabilité du bâtiment et du comportement des occupants (surpression rendue inefficace lors de l'ouverture manuelle des fenêtres)

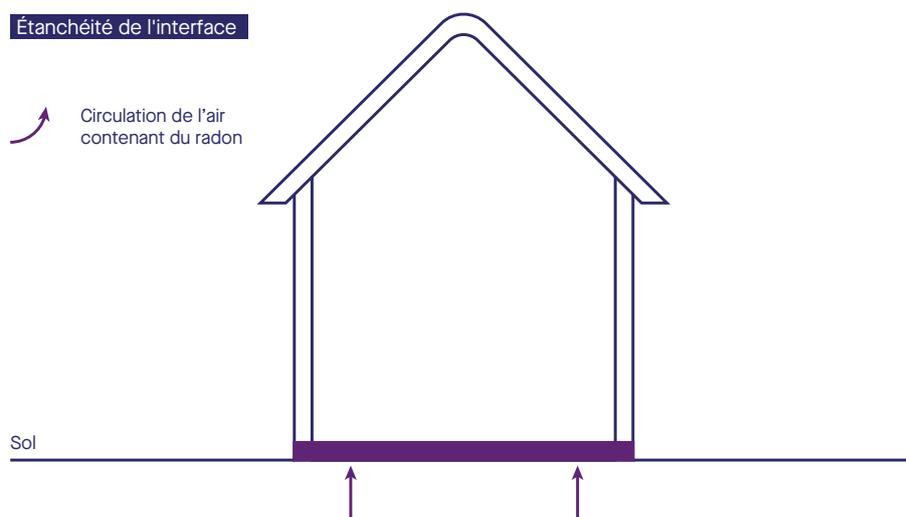
L'impact significatif du système de ventilation sur les niveaux de pression intérieure est donc à relativiser en fonction des caractéristiques du bâtiment (hauteur du bâtiment, perméabilité à l'air de l'enveloppe), du bon dimensionnement du système et de sa bonne mise en œuvre, ainsi que du comportement des occupants.

L'objectif est de minimiser les transferts convectifs et diffusifs de radon venant du sol en assurant la meilleure étanchéité possible entre le bâtiment et le sol, qu'il s'agisse du terrain sous-jacent ou d'un sous-sol.

Étanchéité de l'interface

Les solutions pour améliorer l'étanchéité différeront selon le système constructif du bâtiment : dallage sur terre-plein, présence d'un sous-sol, d'un vide sanitaire...

Les solutions techniques pour traiter l'étanchéité à l'air rejoignent le principe de traitement de l'étanchéité à l'eau. Ces travaux peuvent s'apparenter aux travaux de cuvelage, d'étanchéité à l'eau de parois enterrées et d'étanchéité à l'eau de toitures terrasses en termes de mise en œuvre.



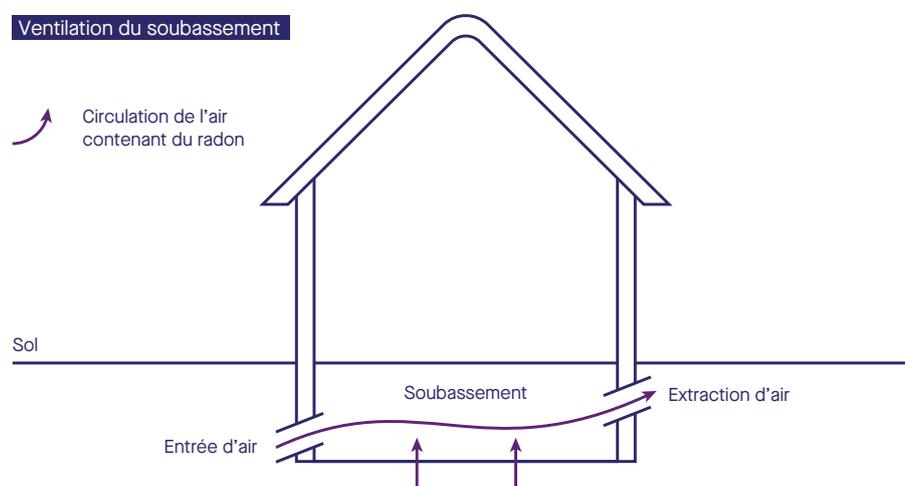
Selon les caractéristiques du soubassement, deux techniques permettent de réduire la présence de radon : la ventilation du soubassement et un système de dépressurisation du sol, aussi appelé « SDS ».

Traitement des soubassements

> Ventilation du soubassement

Selon la nature du soubassement (cave, sous-sol ou vide sanitaire), il est possible de traiter ce dernier par ventilation naturelle ou mécanique afin de diminuer les niveaux de radon dans ces espaces. Cela réduit d'autant l'entrée du radon venant du sol vers l'intérieur du bâtiment. Il est alors important d'éviter des « zones mortes » (peu ventilées) en assurant un bon « balayage » de la ventilation : en positionnant les ouvertures sur les façades opposées autant que possible et en tenant compte des vents dominants. Ainsi, le radon est évacué vers l'extérieur.

Ventilation du soubassement



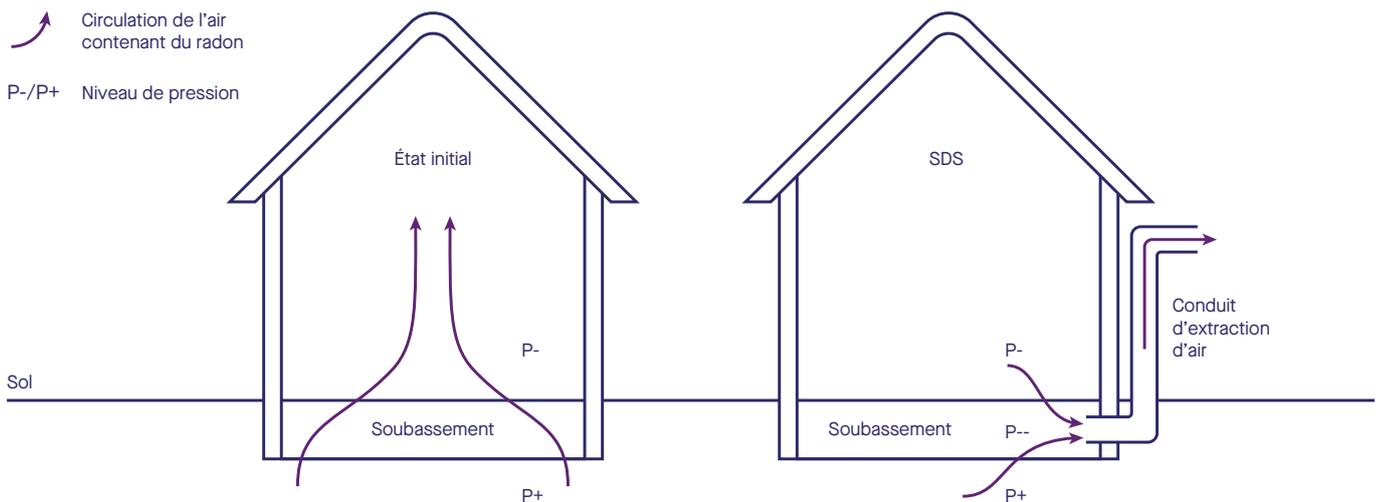
> Système de dépressurisation du sol (SDS)

Ce système consiste à extraire l'air présent sous le dallage et contenant du radon, et à l'évacuer via un conduit d'extraction étanche vers l'environnement extérieur. En générant une légère dépression du soubassement vis-à-vis du bâtiment, le SDS permet de bloquer les remontées de radon venant du sol vers le bâtiment liées au transfert convectif.

Son efficacité va dépendre de nombreux facteurs comme les caractéristiques physiques du sol, l'efficacité de l'extracteur, le niveau de pression dans le bâtiment dû au tirage thermique, la pression du vent sur l'enveloppe du bâtiment ou encore le système de ventilation en place.

L'extraction d'air sous le plancher bas peut être amplifiée à l'aide d'un ventilateur. Néanmoins, il est également possible de générer une extraction sous plancher bas en se servant seulement des forces naturelles : tirage thermique et vent. Cela réduit les coûts de fonctionnement du système (absence de ventilateur) et la maintenance.

Système de dépressurisation du sol



L'efficacité dans le temps des différentes solutions mises en place pour contrer le risque radon dépend du suivi effectué en termes d'entretien (nettoyage) et de maintenance (réparation).

Maintenance et entretien

Lorsque des techniques spécifiques de protection contre le radon sont installées dans un bâtiment, il est recommandé d'en assurer régulièrement un contrôle d'efficacité. Un système de contrôle de fonctionnement peut d'ailleurs être intégré (voyant, jauge...) afin de permettre une surveillance régulière. Dans tous les cas, il est conseillé de réaliser une mesure de contrôle des niveaux de radon régulièrement.

Dans le cas de travaux ultérieurs sur le bâtiment, il est important de vérifier que ces interventions n'altèrent pas la protection initiale du bâtiment contre le radon : déséquilibre d'un système de ventilation, intégrité d'une étanchéité...

La certification NF Habitat aide les maîtres d'ouvrage à prendre en compte le radon

Le sujet du radon est traité dès le niveau d'entrée de la certification NF Habitat en Construction au travers de la rubrique Qualité de l'air intérieur. Une exigence demande que, dans les communes à potentiel radon classées en catégorie 2 ou 3 (selon la carte de l'IRSN), des dispositions de traitement et/ou de prévention soient mis en place (surface en contact avec le sol limitée, étanchéité entre le bâtiment et son sous-sol assurée, bâtiment et soubassement ventilés).

Cette même exigence est demandée en Rénovation dans le cadre de la certification NF Habitat HQE.

Dans la rubrique « système de management responsable », le maître d'ouvrage doit recenser la catégorie du potentiel radon de la commune où est situé le projet (avec la carte de l'IRSN), au travers de l'analyse de site.

Enfin, le radon est un des polluants de l'air intérieur faisant l'objet de mesures dans le protocole HQE Performance. Ces mesures sont valorisées dans la certification NF Habitat HQE en niveaux supérieurs avec la valeur de 100 Bq/m³ à ne pas dépasser.

Le cas de la construction neuve est plus facile à traiter que celui de la rénovation car les solutions préventives contre le risque radon peuvent être intégrées dès la conception du bâtiment. Leur efficacité est donc optimisée et le coût minimisé.

CONSTRUCTION NEUVE

Des précautions simples peuvent ainsi être prises :

- > **La ventilation doit être correctement conçue et mise en œuvre** selon la réglementation en vigueur afin d'assurer un bon renouvellement d'air ;
- > **La surface du bâtiment en contact avec le sol doit être réduite** ;
- > **Les points de traversée des réseaux fluides** dans le dallage doivent aussi être limités.

Ventilation du bâtiment : mise en œuvre

Le système de ventilation doit être correctement dimensionné par un bureau d'études spécialisé et correctement mis en œuvre (respect de la norme NF DTU 68.3 pour les systèmes VMC par exemple). En effet, il est important d'éviter d'accentuer la dépression naturelle du bâtiment qui peut entraîner des concentrations élevées de radon.



Les systèmes de ventilation et groupes ventilateurs sont des produits courants. Hormis un dimensionnement spécifique qui peut être associé à la protection contre le radon, les produits à utiliser sont ceux disponibles dans le commerce.

— À savoir

La problématique d'étanchéité au radon n'est actuellement pas évaluée dans les Avis Techniques.

— À noter

Les solutions techniques pour traiter l'étanchéité à l'air rejoignent le principe de traitement de l'étanchéité à l'eau. Ces travaux peuvent s'apparenter aux travaux de cuvelage, d'étanchéité à l'eau de parois enterrées et d'étanchéité à l'eau de toitures terrasses en termes de mise en œuvre.

Étanchéité : mise en œuvre

Les procédés d'étanchéité au radon doivent répondre à deux objectifs : **bloquer les flux convectifs et diffusifs du radon, circulant du sol vers l'intérieur du bâtiment**. Pour cela, deux produits peuvent être utilisés : des membranes et des revêtements à base de produits liquides.

L'étanchéité au radon sera ainsi travaillée à l'aide de membranes spécifiques, et de façon adaptée à chaque typologie constructive du soubassement. Dans la mesure où des membranes peuvent être intégrées dans les soubassements pour d'autres fonctions (étanchéité à l'eau, traitement anti-termite), il peut être envisagé d'identifier des membranes pouvant associer différentes fonctions.

Au-delà des membranes, il est possible d'envisager des traitements avec des produits d'étanchéité du type époxy ou polyuréthane, utilisés côté intérieur, en application en tant que revêtement de sol des dallages sur terre-plein ou sur vide sanitaire. Là aussi, les conditions de mise en œuvre sont déterminantes pour assurer une étanchéité au radon efficace des éléments en contact avec le sol (plancher bas, mur enterré). Dans tous les cas, les notions de compatibilité entre matériaux utilisés ainsi que de durabilité des performances sont des éléments déterminants.



Il n'existe pas à l'heure actuelle de norme produit ni d'évaluation technique relatives à des caractérisations des performances et de l'aptitude à l'emploi des produits vis-à-vis de l'étanchéité des bâtiments au radon.

> Revêtements à base de produits liquides

Des revêtements d'étanchéité à base d'époxy ou de polyuréthane peuvent être utilisés pour des traitements de surface, de fissures ou en finition de traitement de comblement de points singuliers (perforation, trous, cavités...). Pour ces produits, **les critères de performance sont le coefficient de diffusion au radon et la**

résistance au radon. Ils doivent avoir une élasticité pour s'accommoder d'une expansion ou d'une contraction liée à une variation thermique ou à un mouvement de terrain. L'obturation de trous plus larges peut être par exemple réalisée avec du ciment ou du sable associé à une émulsion de polymère qui renforce l'adhésion, rend plus élastique et prévient les fissures ultérieures du mortier.



> Membranes

Les critères d'efficacité des membranes sont :

> **Le coefficient de diffusion au radon** qui doit être faible : de l'ordre de 10-11 à 10-14 m²/s (normes ISO/TS 11665-12 et ISO/TS 11665-13),

> **La « résistance au radon »** : cette notion correspond au rapport entre l'épaisseur du produit et son coefficient de diffusion (en s/m).

Au-delà de ces critères spécifiques, les membranes doivent avoir des caractéristiques mécaniques relatives à l'ensemble des contraintes qu'elles peuvent subir (allongement à la rupture, poinçonnement, résistance à la déchirure...) afin de maintenir leur intégrité et de rester efficaces dans le temps. Enfin, au-delà des caractéristiques du produit utilisé, les conditions de mise en œuvre sont déterminantes pour assurer l'efficacité de l'étanchéité au radon. Il est donc impératif de suivre les prescriptions de mise en œuvre des fabricants.



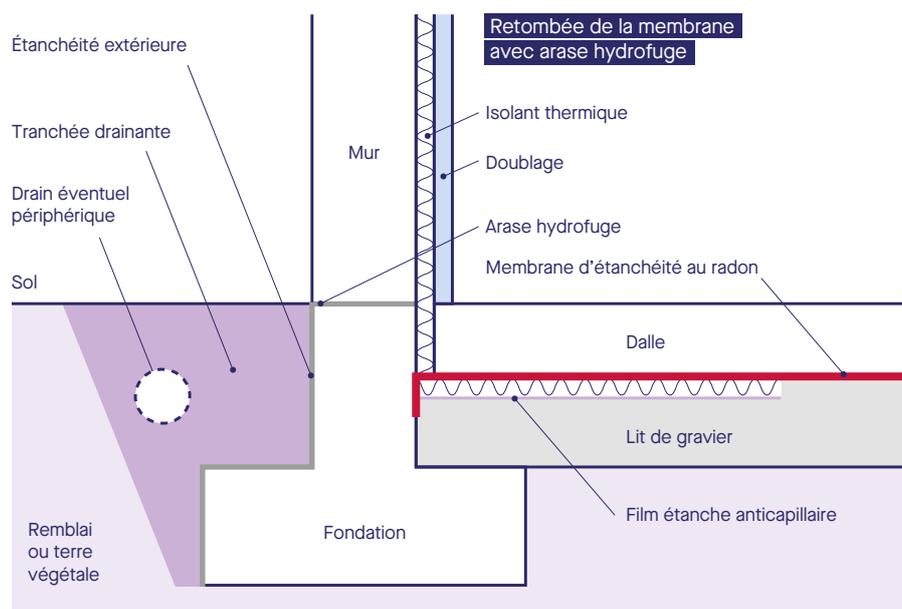
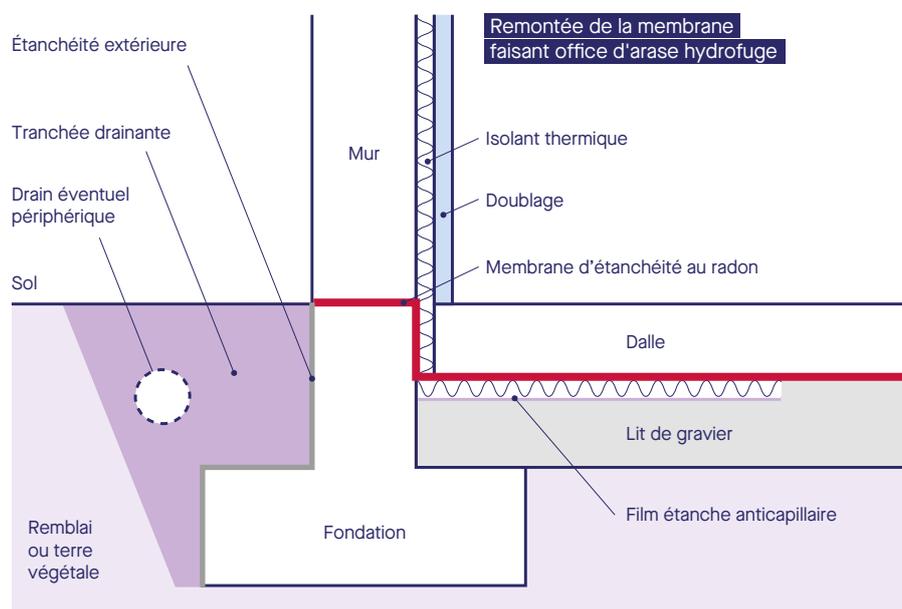
La notion d'étanchéité au radon n'est pas normalisée mais on trouve dans le [Manuel suisse du radon](#) une liste présentant des membranes d'étanchéité considérées comme étanches au radon selon leur épaisseur :

MATÉRIAU	ÉPAISSEUR EN MM	ÉTANCHÉITÉ AU RADON
FEUILLES D'ÉTANCHÉITÉ		
PEHD	1,5	Oui
PVC armé	1	Oui
Polymères bitumineux	3,8	Oui
PEINTURES, REVÊTEMENTS		
Peintures synthétiques	0,2	Non
Résines époxy	3	Oui
MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION		
Béton armé	100	Partiellement
Briques silico-calcaire	150	Non
Plâtre	100	Non
Terre cuite	150	Non

DALLAGE INDÉPENDANT SUR TERRE-PLEIN

Lorsque la conception du dallage prévoit la mise en œuvre d'une membrane d'étanchéité au radon, il est nécessaire d'ancrer cette dernière à la fondation. Voici deux exemples de principe de mise en œuvre :

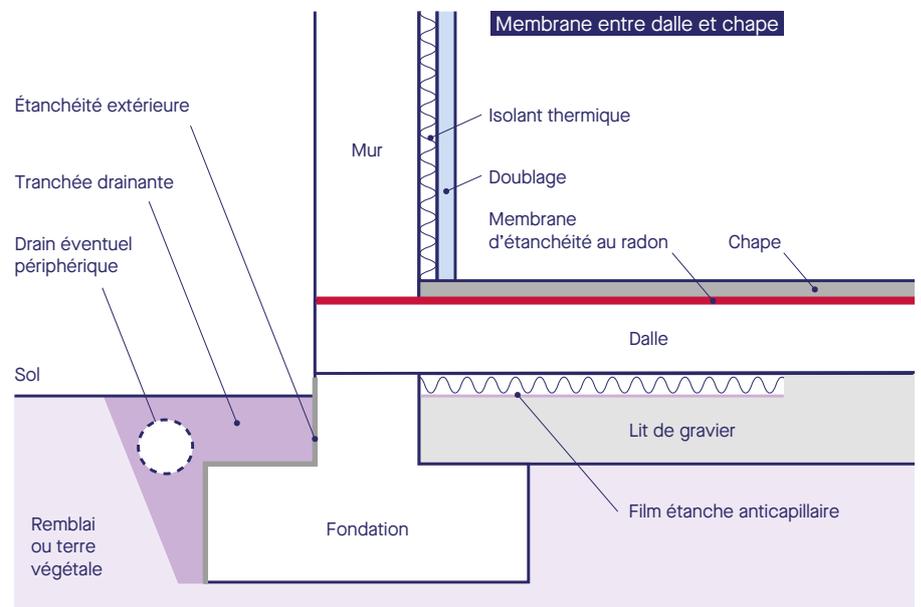
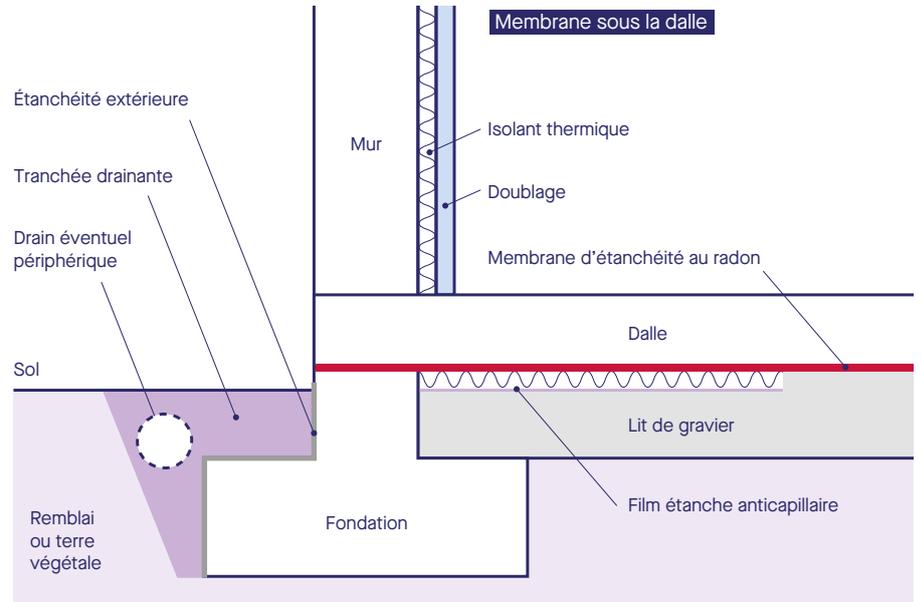
- > **Remontée de la membrane** sur la partie supérieure de la fondation, membrane faisant office d'arase hydrofuge ;
- > **Retombée de la membrane** sur la partie intérieure de la fondation, fixation de la membrane à la fondation avec un mastic adhésif, traitement hydrofuge de l'arase supérieure de la fondation.



La mise en œuvre d'une isolation thermique continue sous dallage est compatible avec la mise en œuvre des membranes d'étanchéité. Ces dernières sont alors placées sur la couche isolante afin d'éviter les risques de condensation.

DALLE PORTÉE

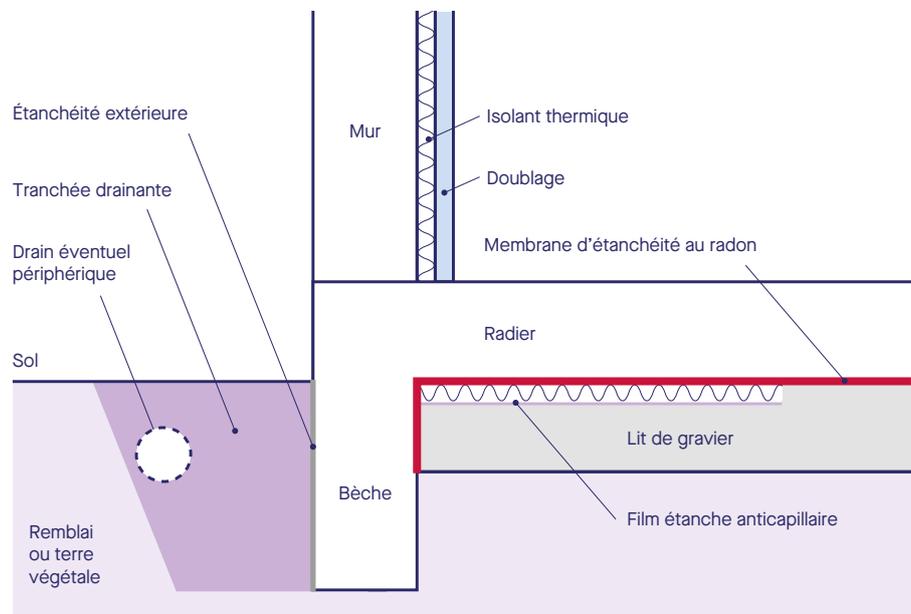
L'étanchéité au radon doit être positionnée sous la dalle ou intercalée entre la dalle et la chape.



Attention : il est important de poser la membrane d'étanchéité avant de couler la chape.

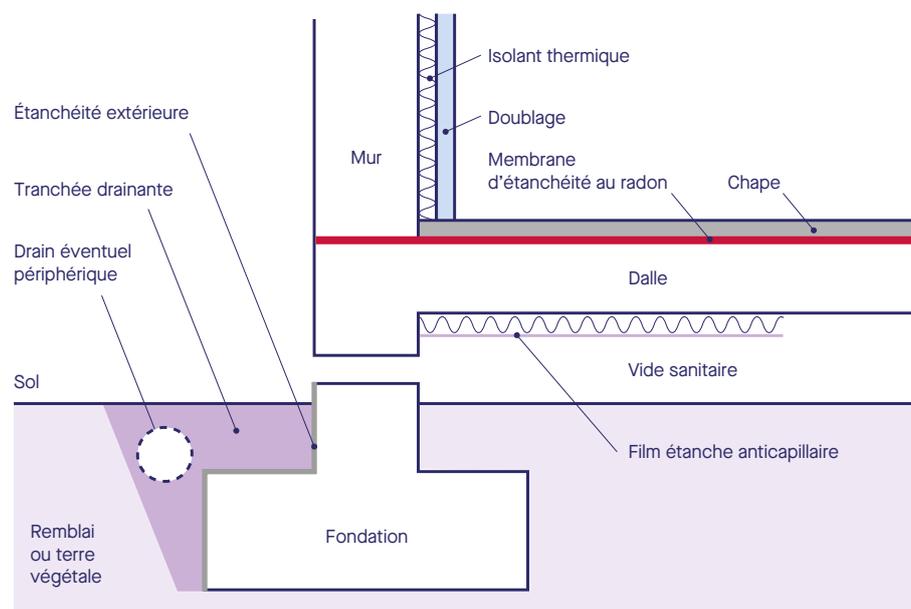
RADIER

En présence de radier, il est possible d'associer une étanchéité au radon sous la structure.



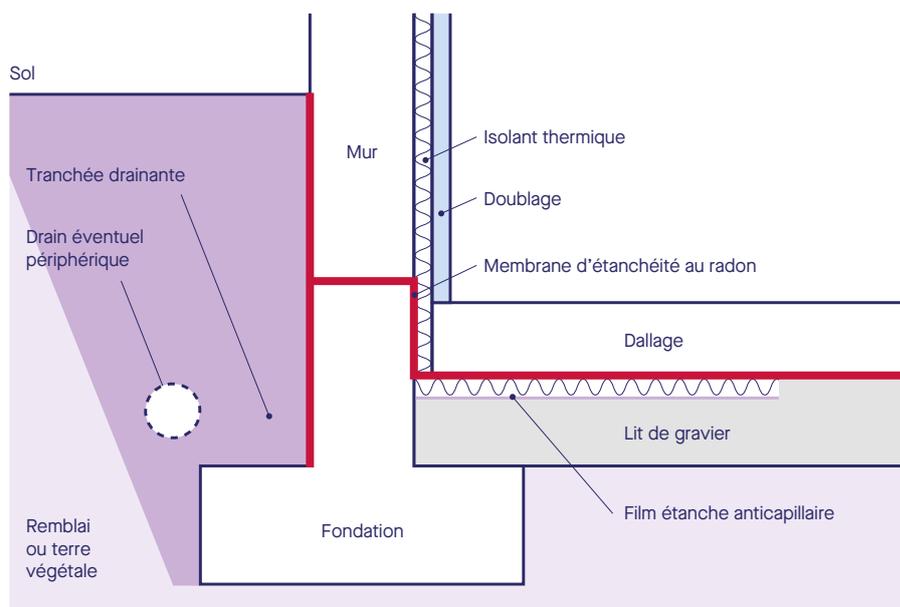
VIDE SANITAIRE

Dans le cas d'une construction sur vide sanitaire, avec un plancher bas étanche à l'air, le vide sanitaire doit être aéré naturellement dans les règles de l'art. L'étanchéité au radon peut être positionnée sous la dalle ou intercalée entre la dalle et la chape.



MURS ENTERRÉS

Dans le cas de murs enterrés, une membrane d'étanchéité sur l'extérieur du mur de fondation doit être ajoutée.

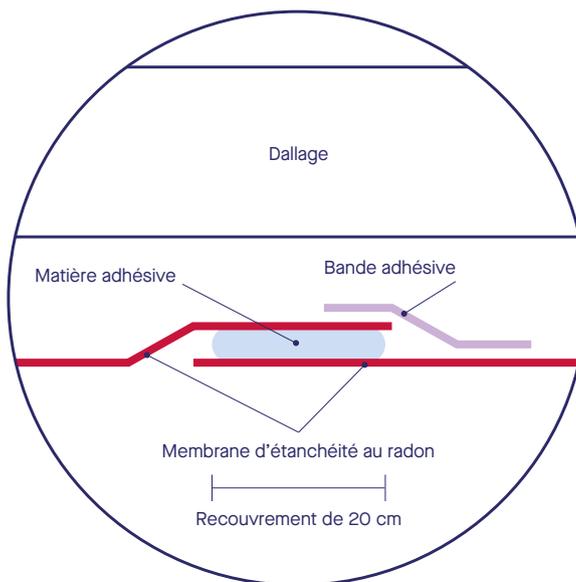


CAVES ET SOUS-SOLS

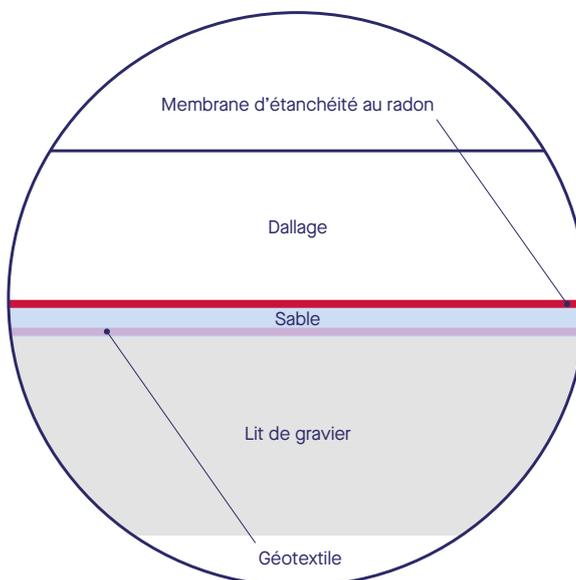
Dans le cas particulier d'une cave ou sous-sol non occupé, il est conseillé de traiter d'une part, les éléments constructifs en contact avec le sol (dallages, murs enterrés), mais également le plancher intermédiaire entre ce volume et le rez-de-chaussée occupé du bâtiment. Ce dernier peut être traité comme pour un dallage sur terre-plein ou sur vide sanitaire. Une aération naturelle du sous-sol doit être prévue et il est préférable d'en prévoir un accès par l'extérieur. Dans le cas contraire, cet accès est réalisé de façon étanche au radon.

SPÉCIFICITÉS PARTICULIÈRES**— Recouvrement entre lés**

Le recouvrement entre lés de membrane doit être soigné afin d'éviter tout défaut d'étanchéité lors de la mise en œuvre ainsi que le traitement des angles entrant ou sortant des fondations.

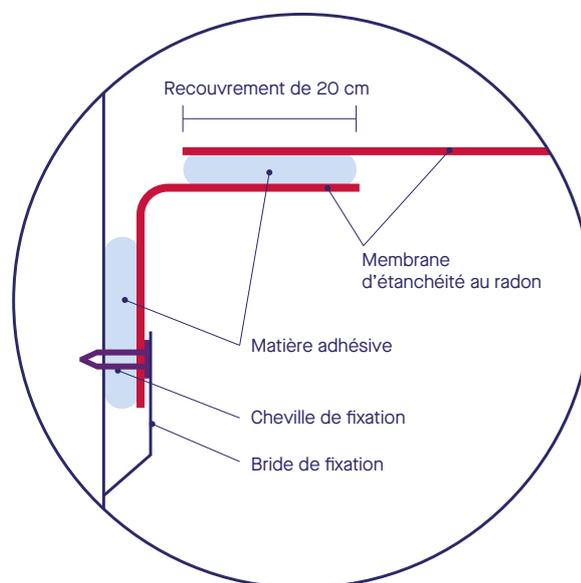
**— Protection de la membrane d'étanchéité**

Afin de limiter les risques de perforations, notamment lors de la mise en œuvre de membrane, il est recommandé d'adjoindre une couche protectrice de type film géotextile en intercalant une couche de sable (de quelques millimètres) ou en utilisant des nappes de protection spécifiques pour cet usage.



— Traitement des percements

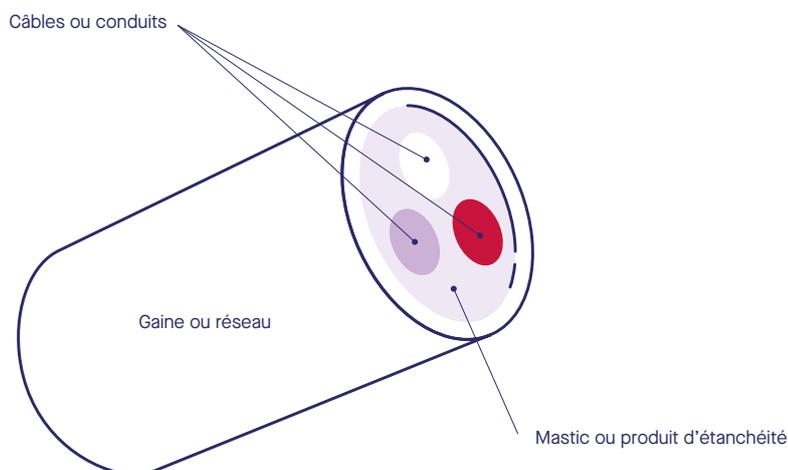
Tout percement réalisé (point de fixation mécanique, cheville...) doit être traité pour être étanche à l'air.



— Traitement intérieur des points singuliers

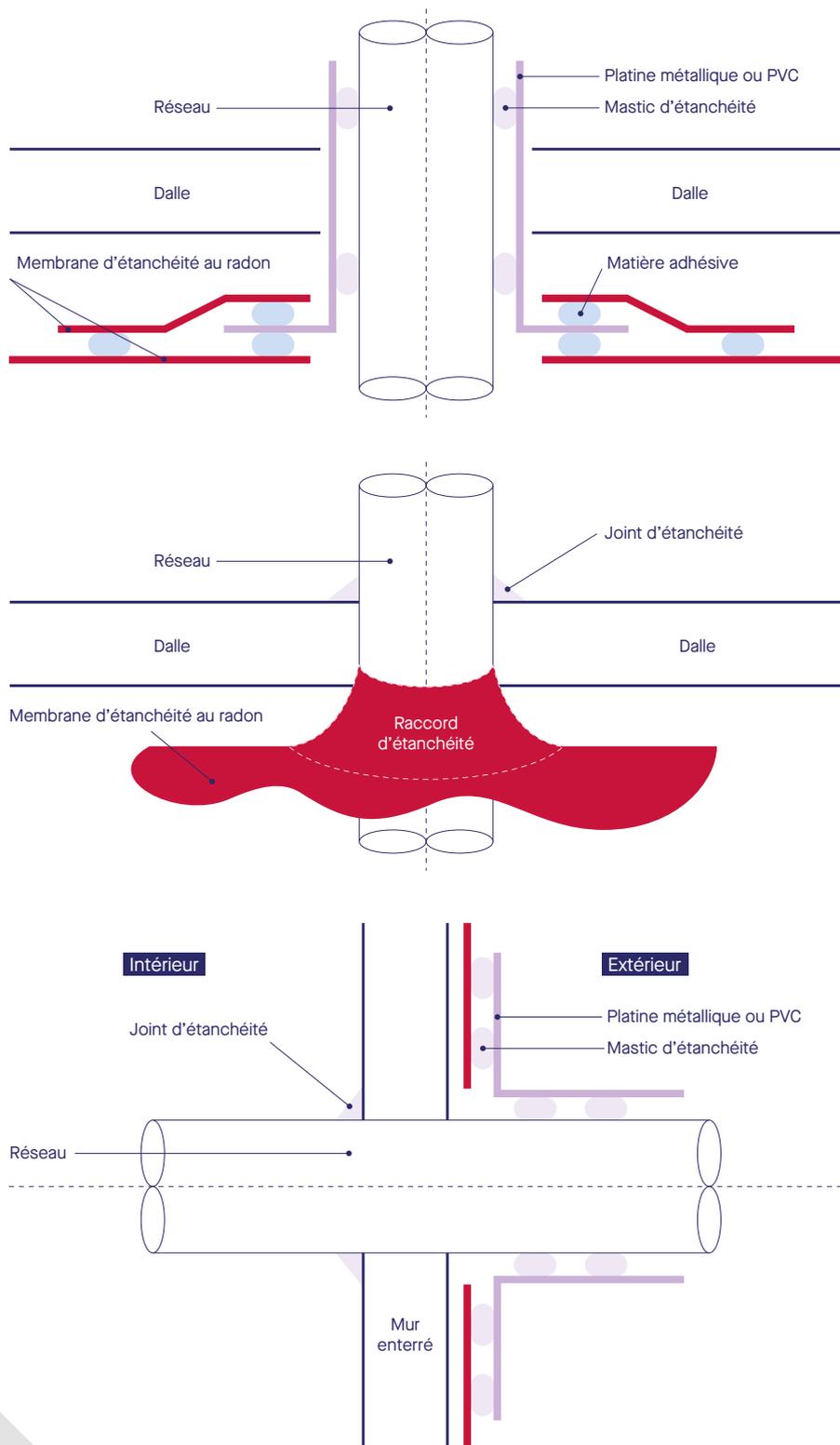
L'étanchéité à l'intérieur des traversées de réseaux doit également être traitée si ces dernières risquent de mettre en connexion l'environnement intérieur avec le sol, comme pour les gaines électriques par exemple.

Pour ce qui concerne la mise en œuvre, il est conseillé de se rapprocher des exigences relatives à l'imperméabilité à l'air des réseaux dans le cadre de la réglementation thermique.



— Traitement périphérique des points singuliers

L'étanchéité doit être traitée lors des traversées de réseaux et réalisée conformément aux prescriptions relatives aux travaux de cuvelage (NF DTU 14.1) et aux travaux d'étanchéité des toitures terrasses (NF DTU 43.1). Les Avis Techniques particuliers de ces procédés d'étanchéité, même s'ils ne sont pas spécifiés vis-à-vis de l'étanchéité au radon, définissent néanmoins les dispositions spécifiques selon chaque procédé.



Traitement des soubassements : mise en œuvre

> Ventilation du vide sanitaire

Ventiler le vide sanitaire contribue à faire disparaître l'humidité dans les soubassements et les risques de remontées capillaires, préservant ainsi la salubrité du bâti et la stabilité des fondations.

Le principe d'aération est d'assurer un bon balayage du vide sanitaire, afin d'éviter les zones mortes et donc la stagnation du radon. Le débit de l'air dépend de l'exposition du bâtiment et de la vitesse du vent qui souffle au niveau du sol. Il sera donc optimisé en fonction du positionnement des différentes ouvertures et en tenant compte de cloisonnements éventuels.

Pour le dimensionnement de la ventilation d'un vide sanitaire, la norme NF DTU 61.1 mentionne qu'« un vide sanitaire est considéré comme ventilé si la section totale libre des ouvertures, exprimée en centimètres carrés est au moins égale à 5 fois la surface au sol du vide sanitaire exprimée en mètres carrés ». A titre d'exemple, pour une surface au sol de 100 m², la surface totale des ouvertures sera de 500 cm².

L'aération du vide sanitaire est obligatoire avant l'installation des canalisations de gaz. Il est possible de faire passer les tuyaux de gaz à travers un vide sanitaire à condition que celui-ci soit bien ventilé et qu'il soit accessible. Une autre condition à remplir est de ne réaliser aucun raccord mécanique dans cette zone.



> Ventilateur pour vide sanitaire

Pour la ventilation du vide sanitaire, il est préférable d'utiliser un **ventilateur axial** en général moins bruyant qu'un ventilateur centrifuge. Ce ventilateur doit pouvoir extraire entre 1 et 2 m³/h par m² de surface au sol du vide sanitaire. Pour une maison individuelle, un ventilateur d'une puissance de 30 à 75 W est en général suffisant.



> Système de dépressurisation des sols (SDS)

Le SDS sous plancher bas intègre un système d'extraction d'air, situé dans un lit de gravier, avec soit un puisard, soit un réseau de drain.

LIT DE GRAVIER

L'épaisseur du lit de gravier est d'environ 30 cm, en conformité avec la norme NF DTU 13.3. Le diamètre moyen du gravier est de 30 mm minimum mais surtout, les graviers doivent être de taille homogène afin d'assurer une bonne perméabilité du lit de gravier. Dans le cas d'un système utilisant un réseau de drains, on peut concevoir une épaisseur de gravier moindre, de l'ordre de 20 cm. Néanmoins, les drains doivent être bien recouverts par le gravier.

POINT D'EXTRACTION

Un point d'extraction connecté à un lit de gravier de perméabilité à l'air homogène peut permettre de générer une dépression relativement homogène sur environ 200 m² de surface au sol. Le débit à extraire est de l'ordre de 0.5 m³/h/m². En cas de cloisonnement sous plancher bas, lié à la présence de mur de refend (mur porteur intérieur), il est nécessaire d'assurer la connexion entre les différents volumes.

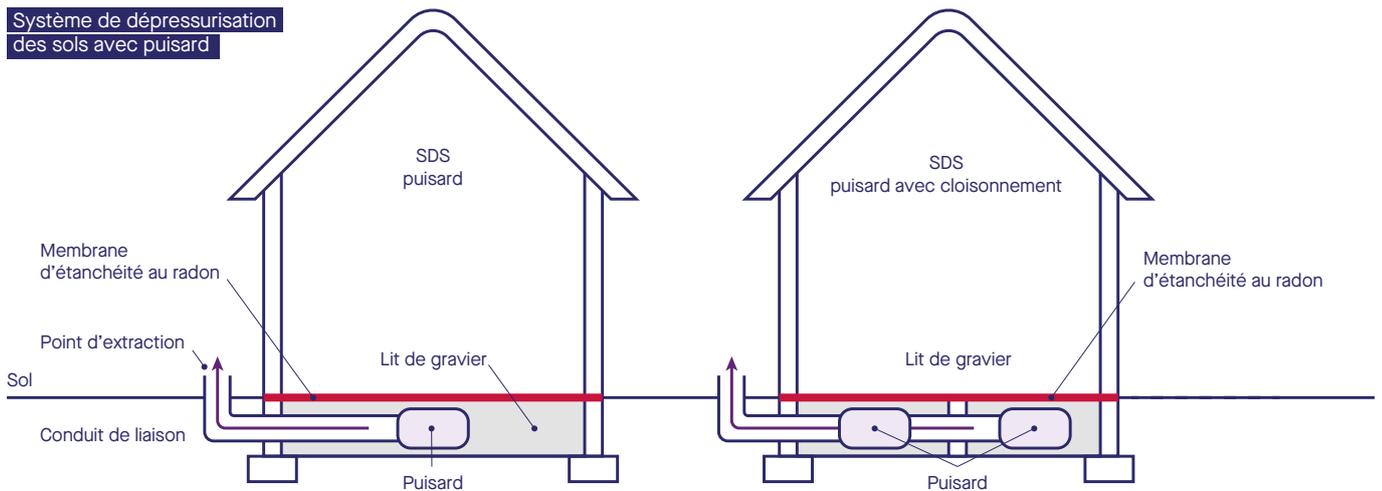
REJET D'AIR

En cas d'activation d'un système d'extraction, et conformément au Règlement Sanitaire Départemental Type (RSDT – article 63.1), l'air extrait doit être rejeté à au moins 8 m de toutes fenêtres ou de toutes prises d'air neuf sauf s'il existe un aménagement empêchant une reprise d'air pollué. Idéalement, le point de rejet sera situé en toiture et à une hauteur minimale de 3 m.

PUISARD OU RÉSEAU DE DRAINS

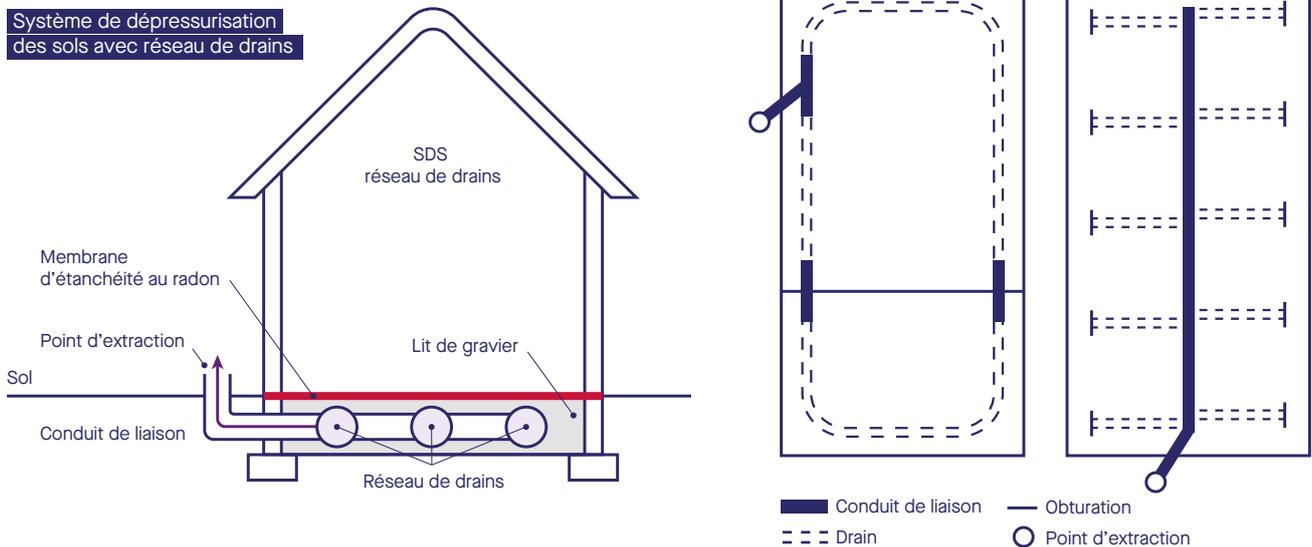
Le puisard correspond à un élément cubique ou cylindrique, d'une hauteur inférieure à l'épaisseur du lit de gravier dans lequel il est intégré, et d'une surface carrée d'environ 50 cm de côté ou un diamètre d'environ 50 cm. La surface totale des ouvertures est d'environ 1/3. Il est conseillé que le puisard soit équipé d'un orifice bas permettant l'évacuation d'éventuels condensats (eau formée par condensation de la vapeur d'eau).

Système de dépressurisation des sols avec puisard



Le puisard est a priori plus simple à mettre en œuvre, néanmoins, le réseau de drains peut être choisi, notamment lorsque le sol sous le lit de gravier est considéré comme plutôt perméable. L'utilisation d'un réseau de drains facilite alors la mise en dépression du lit de gravier. Des drains de diamètre 80 à 100 mm peuvent convenir. Dans le cas d'une mise en œuvre en râteau, la distance inter drain est comprise entre 2 m et 4 m. La distance à la fondation est d'environ 1,5 m (mise en œuvre circulaire ou drain proche fondation).

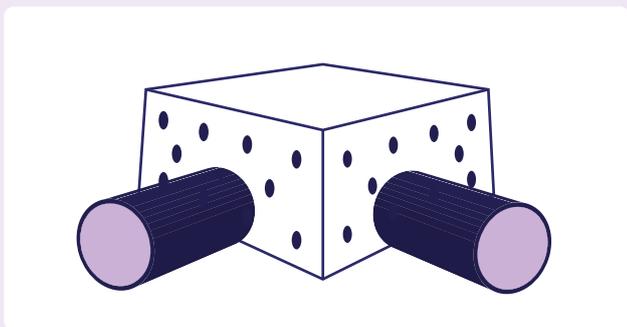
Système de dépressurisation des sols avec réseau de drains





> Puisards

Il existe dans le commerce des puisards spécifiques répondant aux recommandations de dimensionnement pour une mise en dépressurisation des sols.



> Drains

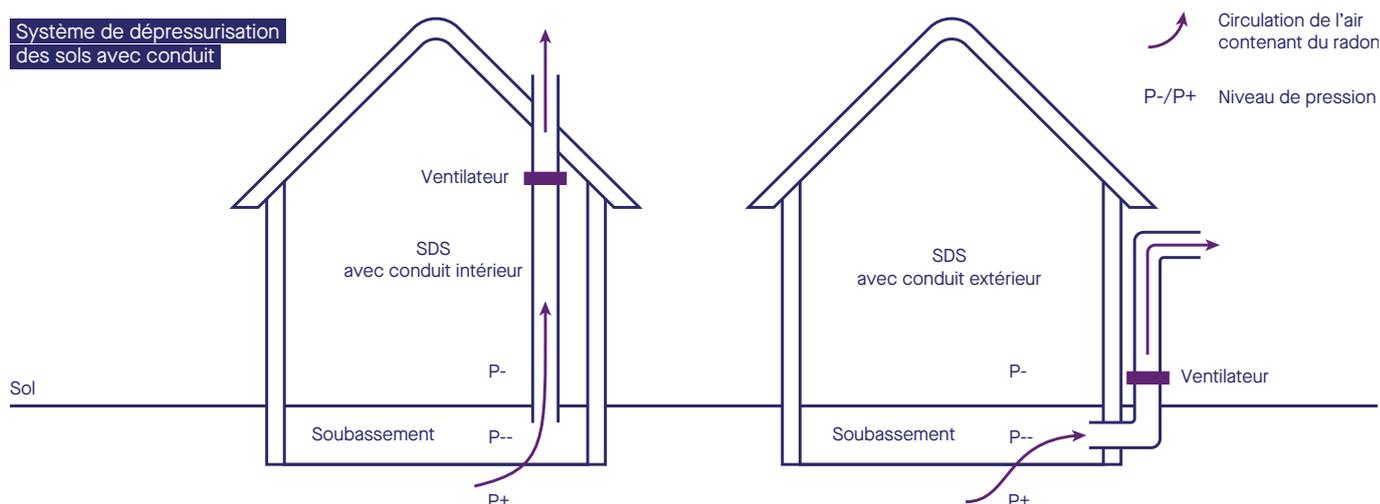
Les drains utilisés peuvent être des conduits en PVC percés sur toute leur circonférence (perforation ou fentes), utilisés habituellement pour le drainage de l'eau. Il est conseillé d'entourer le drain d'un géotextile qui retiendra les impuretés à l'extérieur de celui-ci, afin d'éviter l'obturation de ses ouvertures. Les conduits de liaison peuvent être en PVC.



CONDUITS D'EXTRACTION

Lors de l'installation de conduits d'extraction, des produits classiques métalliques ou en PVC peuvent être utilisés. Afin de se prémunir des risques de condensation à l'intérieur des conduits, il est recommandé d'installer une isolation thermique autour de ces derniers lors de leur passage dans des volumes non chauffés (cave, buanderie, combles...). En installation extérieure, le conduit en aval du ventilateur doit disposer d'un système d'évacuation des condensats.

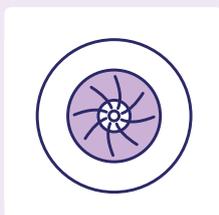
Système de dépressurisation des sols avec conduit



> Ventilateur pour SDS



Les ventilateurs adaptés pour le système de dépressurisation des sols (SDS) ou de mise en dépression d'un vide sanitaire sont les **ventilateurs hélico-centrifuges** qui permettent de réaliser des dépressions à moindre débit sans être trop encombrants. Pour générer une dépression d'environ 5 Pascals dans un lit de gravier sous le plancher bas d'une surface d'environ 250 m², il faut utiliser un ventilateur avec une puissance comprise entre 30 et 100 Watts.



Les critères de qualité d'un ventilateur sont la **durée de vie** (utilisation en continu), la possibilité de réguler le fonctionnement, le **témoin de fonctionnement** afin d'être averti de tout dysfonctionnement, la bonne **étanchéité à l'air** afin d'éviter des fuites d'air chargé en radon. Si le ventilateur est placé en extérieur, il doit pouvoir **résister aux intempéries** ainsi qu'aux condensations dans les conduits. Enfin, une attention particulière doit être portée sur l'**isolation acoustique** lors de l'installation, afin d'éviter les nuisances sonores vis-à-vis de l'occupant et chez le voisin (arrêté du 30 juin 1999) et en limite extérieure de propriété (Décret du 31 août 2006).

ACTIVATION ULTÉRIEURE DU SYSTÈME

Dès la conception, il faut prévoir un système d'activation du SDS. Ainsi, si on constate des concentrations en polluants élevées dans le bâtiment après la construction ou au cours du temps, et notamment de radon, la mise en route du système permettra d'obtenir une solution de protection efficace.

Pour en savoir plus : Guide pratique de l'ADEME « Protection des bâtiments vis-à-vis des remontées de gaz du sol. Recommandations pour la réalisation d'un système de dépressurisation des sols à fonctionnement naturel, de la conception à la maintenance » (2015).

“ La protection des bâtiments vis-à-vis du radon peut s'avérer relativement simple et efficace. Il s'agit d'une part de minimiser son entrée dans le bâtiment et d'autre part de diluer sa présence dans les environnements intérieurs. Pour les bâtiments existants, les mesures de protection correctives sont à adapter au cas par cas selon la situation rencontrée. Pour les bâtiments à construire, il s'agit d'intégrer dans le projet de construction des mesures de protection préventives notamment au niveau du soubassement. »

Bernard COLLIGNAN, ingénieur de recherche, PhD, expert physico-chimie, Direction santé et confort du CSTB

“ La qualité de l'air intérieur est un élément essentiel de santé et de qualité de vie dans un logement, c'est pourquoi QUALITEL porte ce sujet depuis de nombreuses années. Parmi les polluants de l'air intérieur, le radon reste encore méconnu du grand public comme des professionnels, alors que ce gaz impacte la santé des occupants. Il est d'ailleurs classé « cancérogène pulmonaire certain » par le CIRC. QUALITEL, en tant qu'association qui promeut la qualité de l'habitat depuis plus de 45 ans, a donc un double rôle à jouer : sensibiliser les particuliers sur ce sujet de santé publique et accompagner les acteurs du secteur pour viser des logements sains et de qualité. »

Jean-Frédéric BAILLY, directeur Études et recherche du Groupe QUALITEL

Chaque projet de rénovation est spécifique et nécessite d'identifier une méthode de « remédiation », c'est-à-dire les actions correctives les plus adéquates à mettre en œuvre.

BÂTIMENT EXISTANT

Actions correctives

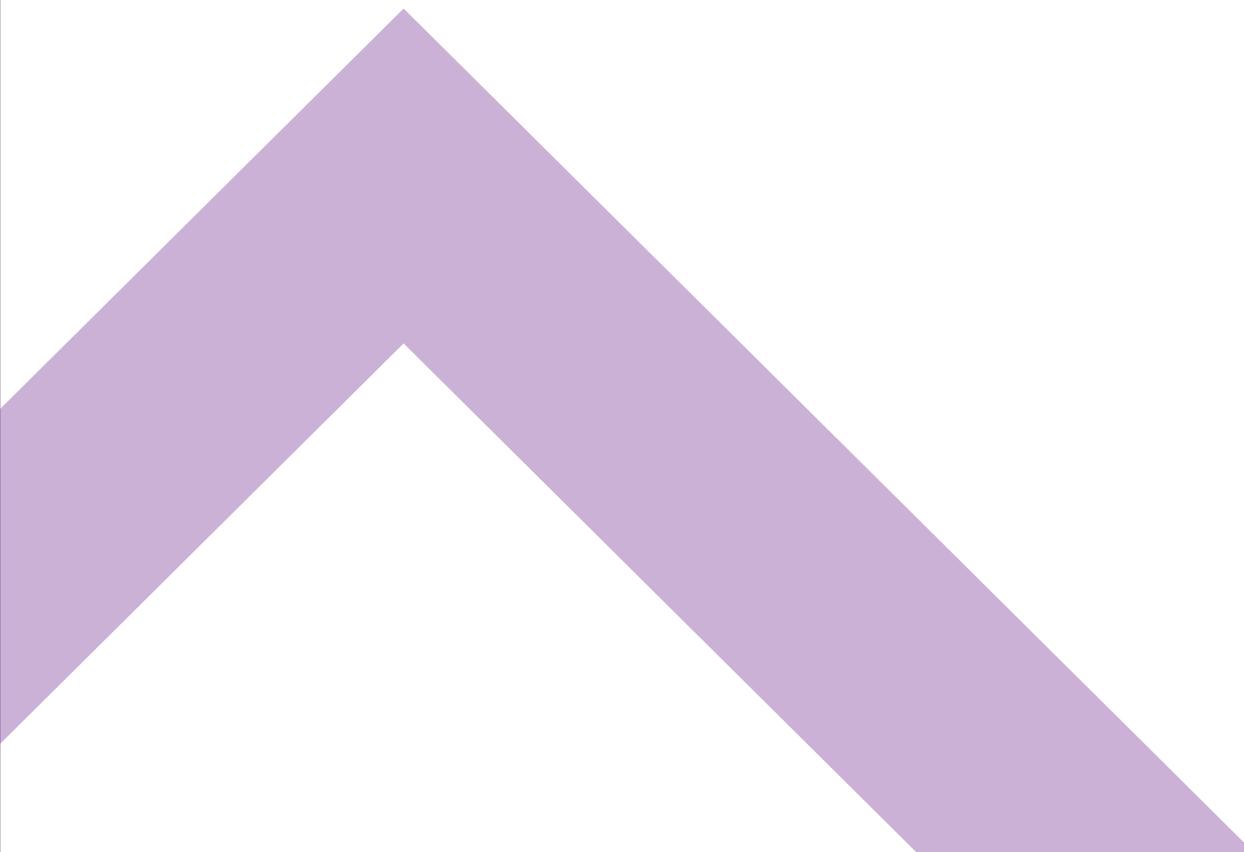
Cette méthode s'appuie sur l'expertise technique du bâtiment (cf. p. 22), une analyse de la situation existante et au regard de plusieurs critères tels que la nature du sol, la géologie, la technique constructive du bâtiment, sa taille, la présence ou non d'un vide sanitaire, le budget...

Le choix de solutions adaptées à un bâtiment existant se fera en fonction du niveau de radon rencontré, de la typologie du bâtiment, de ses systèmes et de son environnement. Les actions de remédiation consistent souvent en une combinaison appropriée des différents principes de protection, identiques à ceux des projets de construction : étanchéité au radon de l'interface, ventilation du bâtiment, traitement des soubassements par ventilation ou par SDS.

À consulter : [Outil de diagramme de décision/remédiation dans la synthèse du dossier thématique radon du réseau breton bâtiment durable.](#)

Fiches cas pratiques

Les cas pratiques présentés ci-après proviennent d'études menées par le CSTB sur le radon depuis plusieurs années. Ils illustrent des solutions concrètes mises en place pour lutter contre l'entrée de radon dans des cas d'habitations réels.



CAS PRATIQUES RÉNOVATION MAISON AVEC CAVE ET VIDE SANITAIRE

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

- > Maison individuelle isolée, sur un seul niveau, d'environ 100 m² au sol
- > La maison initiale date de 1950 et est construite sur cave : fondations en parpaing et façades en poteaux métalliques associés à du bardage béton
- > Un ensemble de modifications et extensions a été réalisé dans les années 1990 :
 - Changement des portes et fenêtres (PVC double vitrage)
 - Construction de deux extensions de chaque côté du bâtiment initial : deux chambres sur un vide sanitaire accessible, un local et un abri voiture sur terre-plein
 - Isolation extérieure du bâtiment
 - Installation d'un système de Ventilation Mécanique Contrôlé (VMC) par extraction
- > Il existe de nombreuses traversées de réseaux au niveau des planchers bas au-dessus de la cave et du vide sanitaire

DIAGNOSTIC TECHNIQUE

> MESURE DE DÉPISTAGE : **1 987 Bq/m³**

Les soubassements de la maison étaient peu aérés. Les défauts d'étanchéité des traversées de réseaux entre la cave et le volume habité étaient particulièrement significatifs et nombreux, constituant ainsi des cheminements préférentiels du radon vers les espaces habités et donc à obturer de façon prioritaire.



I Défauts d'étanchéité de réseaux dans la dalle du plancher sur cave

ACTIONS CORRECTIVES MISES EN ŒUVRE

- > **Étanchéité des planchers** : traitement des points singuliers liés à la traversée des réseaux fluides à partir de la cave, du vide sanitaire et du volume habité
- > **Amélioration de la ventilation des pièces occupées** : reprise du dimensionnement et de la mise en œuvre de la VMC par extraction (évaluée déficiente) : nombre d'entrée d'air, changement de groupe d'extraction, reprise du rejet d'air vicié
- > **Amélioration de la ventilation des soubassements** : création de ventilations générales et permanentes par extraction mécanique indépendantes dans la cave et dans le vide sanitaire en générant un principe de balayage de ces volumes

RÉSULTAT

Après les travaux, la mesure de contrôle par détecteur passif a donné un résultat de **50 Bq/m³**. L'efficacité de la solution est ainsi de l'ordre de 97 %.

CAS PRATIQUES RÉNOVATION MAISON SUR TERRE-PLEIN

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

- > Ancienne grange rénovée en habitation, située dans un environnement de petite montagne à environ 1 000 m d'altitude
- > Bâtiment sur deux niveaux : rez-de-chaussée semi-enterré avec une surface au sol d'environ 140 m², murs en granit, plancher bas constitué d'un dallage béton sur terre-plein
- > Chauffage central avec chaudière gaz située dans la cave du RDC, poêle dans le séjour fonctionnant en continu en période de chauffage, associé à une petite entrée d'air

DIAGNOSTIC TECHNIQUE

> MESURE DE DÉPISTAGE : **1 537 Bq/m³**

En l'absence d'amenée d'air spécifique et de système de ventilation, le bâtiment est évalué relativement étanche à l'air et présente un problème d'étanchéité du sol.

ACTIONS CORRECTIVES MISES EN ŒUVRE

La solution corrective mise en œuvre a consisté à installer un système de dépressurisation des sols (SDS). Deux puisards d'extraction ont été installés sous le dallage du RDC, un au niveau de la cave et l'autre au niveau d'un local de rangement. Pour cela, des excavations ont été réalisées afin d'y installer les puisards. Ces derniers ont été connectés via un point d'extraction à des ventilateurs hélico-centrifuges de puissance d'environ 60 W avec un rejet sur l'extérieur.



Réalisation de l'excavation sous dalle



Mise en place du puisard



Connexion avec un ventilateur d'extraction (60W)

RÉSULTAT

Après les travaux, la mesure de contrôle par détecteur passif a donné un résultat de : **143 Bq/m³**. L'efficacité de la solution est ainsi de l'ordre de 90 %. Lors de l'expertise technique de la maison, le niveau d'aération de cette dernière a été évalué comme plutôt faible. Une action sur la ventilation aurait également contribué à améliorer la QAI en général et à diminuer les concentrations intérieures de radon.

CAS PRATIQUES RÉNOVATION STUDIOS MITOYENS

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

- > Construction récente datant de 1994 située dans un environnement rural de petite montagne (700 m d'altitude), bâtiment d'environ 900 m² sur un niveau constitué d'un ensemble de 50 chambres indépendantes et mitoyennes
- > Murs porteurs en béton cellulaire, soubassement constitué d'un dallage béton sur terre-plein, remblai sous dallage majoritairement en pouzzolane sur 10 cm et certaines parties en sable
- > Chambre d'environ 19 m², double exposition, coin cuisine, fenêtre en PVC double vitrage, portes en PVC
- > Bonne étanchéité à l'air des ouvrants : aération naturelle avec 2 entrées d'air en partie basse et haute sur l'exposition opposée

DIAGNOSTIC TECHNIQUE

- > MESURES DE DÉPISTAGE : **1 741 Bq/m³** (valeur maximale mesurée) et **> 1 000 Bq/m³** pour l'ensemble des chambres

La constitution du soubassement par dalle portée a permis d'envisager des tests de faisabilité et de dimensionnement d'un système SDS. Ainsi, la perméabilité du soubassement a été caractérisée avec des mesures de dépression en plusieurs points de la dalle. Ces tests ont permis de conclure que les chambres les plus contaminées pouvaient être traitées en réalisant une extraction de l'ordre de 50 m³/h sous dalle, pour chaque point d'extraction.

ACTIONS CORRECTIVES MISES EN ŒUVRE

Le gestionnaire du bâtiment a décidé de mettre en œuvre la solution SDS dans une chambre en utilisant un ventilateur hélico-centrifuge de 40 W avec le conduit de l'extraction d'air traversant la pièce et le ventilateur situé dans les combles au-dessus de la chambre pour une meilleure efficacité.

RÉSULTAT

Après les travaux, la mesure de contrôle par détecteur passif a donné un résultat de **34 Bq/m³** dans la chambre qui présentait à l'origine le plus fort taux de radon. L'efficacité de la solution est ainsi de l'ordre de 98 %. Pour les chambres avoisinantes, le taux maximal atteignait 133 Bq/m³ avec des taux d'efficacité de l'ordre de 90 % dans tous les cas.

CAS PRATIQUES RÉNOVATION ÉCOLE SUR TERRE-PLEIN

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

- > Bâtiment situé en zone urbaine de petite montagne et datant de 1930
- > Bâtiment sur trois niveaux avec une surface au sol d'environ 750 m², structure en béton avec un rez-de-chaussée semi-enterré, dallage indépendant sur terre-plein en béton
- > **Ce cas d'une école permet d'illustrer des actions correctives pouvant être mises en œuvre dans une habitation**

DIAGNOSTIC TECHNIQUE

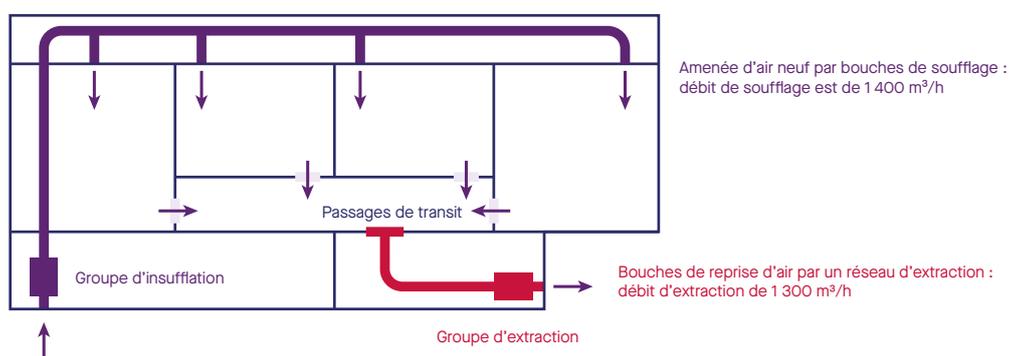
> MESURE DE DÉPISTAGE : **2 385 Bq/m³**

Les caractéristiques du bâtiment et le diagnostic technique ont révélé des problèmes d'étanchéité liés aux nombreuses traversées des réseaux dans le plancher bas ainsi qu'un problème d'aération en l'absence de système de ventilation.

ACTIONS CORRECTIVES MISES EN ŒUVRE

- > Étanchéité des points singuliers : réseaux fluides traversant le plancher bas
- > Mise en œuvre d'un système de ventilation double flux au rez-de-chaussée :
 - Réseau d'amenée d'air neuf distribuant l'ensemble des pièces par des bouches de soufflage
 - Passages de transit (orifices permettant de laisser passer l'air, comme le détalonnage de porte par exemple), au niveau des parois intérieures de ces pièces pour communiquer avec un couloir
 - Bouches de reprise d'air par un réseau d'extraction
 - Système légèrement déséquilibré : débit de soufflage de 1 400 m³/h et débit d'extraction de 1 300 m³/h afin de diminuer la dépression naturelle du bâtiment. Le taux de renouvellement d'air du rez-de-chaussée est ainsi d'environ 2 vol/h.

Principe de mise en œuvre de la ventilation mécanique double flux au rez-de-chaussée



RÉSULTAT

Après les travaux, la mesure de contrôle par détecteur passif a donné un résultat de **286 Bq/m³**. L'efficacité de la solution est ainsi de l'ordre de 88 %. Le choix de prendre deux groupes de ventilation séparés n'a pas permis une gestion optimale pour la récupération de chaleur associée généralement à l'utilisation d'une ventilation double flux avec échangeur thermique.

Lexique

Arase hydrofuge : couche étanche réalisée en mortier hydrofugé, avec une feuille de bitume armé, sur l'ensemble d'une assise de soubassement, et à 15 cm au moins du sol fini, pour éviter les remontées capillaires de l'humidité provenant du sol dans les murs d'une construction.

Becquerel par mètre cube (Bq/m³) : unité de mesure de la concentration en radon (activité volumique en radon correspondant à un nombre de désintégration par seconde et par m³).

Capillarité : désigne ordinairement la capacité de l'eau et de certains liquides à monter naturellement, malgré la force de gravité, le long de tubes très fins plongés dans ces liquides.

Barrière d'étanchéité ou Coupure de capillarité : interposition, dans toute l'épaisseur d'un mur, d'un matériau étanche qui empêche les remontées d'humidité.

Dépression : diminution de la pression, par rapport à une pression de référence.

Détecteur passif : instrument de mesure destiné à mesurer l'activité volumique ou concentration en radon.

Étanchéité à l'air : ensemble des techniques et procédés empêchant les fuites d'air de l'enveloppe d'un bâtiment.

Étanchéité à l'eau : ensemble des techniques et procédés permettant de garantir la protection de l'ouvrage et de ses occupants dans le temps, tout en favorisant l'évacuation partielle de l'humidité de la construction (séchage).

Mastic : substance plastique durcissant à l'air, généralement à base de résine naturelle ou synthétique et de chaux, servant à obturer des trous, à colmater des fissures et à rendre des joints étanches ou à enduire une surface de manière à la rendre imperméable.

Millisievert/an : unité de radioprotection mesurant la dose de rayonnements reçus sur une année.

Puisard : habituellement, système de drainage. Pour le radon, produit agissant comme point de captage de ce gaz avant qu'il ne soit extrait vers l'extérieur.

Radier : épaisse couche de béton armé, coulée directement sur le sol, servant de fondations sur les terrains instables ou inondables, lorsque la portance du sol n'est pas suffisante.

Rayonnement ionisant : Processus de transmission d'énergie sous forme d'ondes électromagnétiques (photons gamma) ou de particules (alpha, bêta, neutrons) capable de produire directement ou indirectement des ions en traversant la matière. Les rayonnements ionisants sont produits par des sources radioactives. En traversant les tissus vivants, les ions provoquent des phénomènes biologiques pouvant entraîner des lésions dans les cellules de l'organisme.

Remédiation : mise en place d'actions correctives.

Soubassement : partie inférieure d'une construction située au-dessous du niveau du sol.

Ventilateur : dispositif mécanique à ailettes permettant de mettre l'air en mouvement et utilisé pour le conditionnement d'air (aérothermes, séchoirs, climatiseurs, ventilo-convecteurs, etc.) et pour la ventilation des locaux (évacuation d'air vicié, insufflation d'air frais, brassage de l'air à l'intérieur d'un local).

Ventilateur centrifuge : ventilateur dont la turbine (rotor) est enfermée dans un stator et donne une forte accélération à l'air, permettant à la fois un gros débit et une forte pression.

Ventilateur hélicoïdal : ventilateur à pales orientées en hélice, qui peuvent avoir un débit important, mais à faible pression.

Ventilateur hélico-centrifuge : ventilateur associant les systèmes centrifuge et hélicoïdal.

Ventilation mécanique simple flux par extraction : assure le renouvellement permanent de l'air intérieur par des entrées d'air naturelles situées en façade et des bouches d'extraction mécanique situées dans les pièces humides reliées à un extracteur.

Ventilation mécanique simple flux par insufflation : ce procédé consiste à insuffler mécaniquement, à peu près au centre d'un logement, de l'air frais pris en façade. Les locaux se trouvant ainsi en légère surpression, l'air vicié s'échappe par les sorties d'air naturelles prévues à cet effet.

Ventilation mécanique double flux : comporte un dispositif à échangeur, intégré à un groupe d'extraction, qui permet de récupérer la chaleur acquise par l'air extrait, afin de réchauffer l'air frais extérieur avant de l'insuffler dans les locaux par un autre ventilateur.

Vide sanitaire : vide d'air ou espace, accessible ou non, situé entre le sol et le premier plancher du bâtiment.

Volume occupé : espace occupé au moins 1 heure par jour.

Remerciements

L'Association QUALITEL a confié la rédaction de ce guide à Lucile BERLIAT CAMARA et Marianne PERRIERE, respectivement responsable d'activité Environnement et Santé et chef de projet éditorial du Groupe QUALITEL. Certaines parties ont été rédigées en collaboration avec Bernard COLLIGNAN, ingénieur de recherche, PhD, expert physico-chimie, Direction santé et confort du CSTB. Une partie des schémas de ce guide a été réalisée à partir de modèles CSTB.

L'Association remercie vivement toutes les personnes ayant contribué à la réalisation de ce guide : Stéphane COLLE du CEREMA, Mariangel SANCHEZ de l'AQC, Stéphanie COULLON de la FFB, Thierry MARCHAND de la FNAIM, les équipes de CERQUAL Qualitel Certification et de QUALITEL.

En savoir plus

ADEME

- > Guide pratique Ventilation : <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/guide-pratique-ventilation-logement-confortable-sain.pdf>
- > Guide pratique « Recommandations pour la réalisation d'un système de dépressurisation des sols a fonctionnement naturel, de la conception a la maintenance » : https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/guide_evalsds_2018.pdf

Alliance HQE : Protocole HQE performance <http://www.hqegbc.org/wp-content/uploads/2013/09/Protocole-QAI-HQE-Perf-juin-2015.pdf>

AQC et Réseau Breton bâtiment durable

- > Guide « Prévention et Remédiation du Risque Radon : 12 enseignements à connaitre » (2016) : <https://qualiteconstruction.com/publication/prevention-et-remediation-du-risque-radon-12-enseignements-a-connaître>
- > Synthèse : http://www.reseau-breton-batiment-durable.fr/sites/default/files/outils/synthese_dossier_thematique_radon.pdf

Association Européenne du Radon (ERA) : <http://radoneurope.org>

Autorité de Sureté Nucléaire (ASN)

- > Dossier radon : <https://www.asn.fr/Informer/Dossiers-pedagogiques/Le-radon>
- > Liste des organismes de mesure agréés : <https://www.asn.fr/espace-professionnels/agrements-controles-et-mesures/listes-des-agrements-d-organismes>

Cerema

- > <https://www.cerema.fr/fr/mots-cles/radon>
- > Grille d'audit simplifié relatif à la présence de radon dans les bâtiments à destination des professionnels (logements et ERP) (2019)

CSTB

- > Guide technique du CSTB « Le radon dans les bâtiments : Guide pour la remédiation des constructions existantes et la prévention des constructions neuves » (2008)
- > Editions CSTB « Ventilation. Conception et mise en œuvre. Prescription technique et recommandations pratiques » (2019)
- > Extranet du CSTB : http://extranet.cstb.fr/sites/radon/Pages/G%c3%a9n%c3%a9ralit%c3%a9s_Rn.aspx

Défis Bâtiment Santé : Interview de Joëlle Goyette Pernot, délégué radon de l'Office fédéral de la santé publique en Suisse <https://www.defisbatimentsante.fr/colloque-2019/interviews/jo%c3%ABlle-goyette-pernot>

Direction générale de la santé (DGS) du ministère des Solidarités et de la Santé

- > Guide pratique radon : https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/guide_radon_fevrier_2018.pdf

FFB

- > Dossier « Radon : dépister et traiter ce polluant de l'air intérieur » <https://fr.calameo.com/books/004720882e4662029c4a>
- > Caisse à Outil et Module de formation radon : <https://www.ffbatiment.fr/applications-interactives/caisse-outils/CaisseOutilsFocusDetails.aspx?Themeld=4&Focusid=17>

Institut de Radioprotection et de Sureté Nucléaire (IRSN) :

<http://www.irsn.fr/fr/connaissances/environnement/expertises-radioactivite-naturelle/radon>

Jurad Bat : <https://jurad-bat.net>

Radon-QAI Franche Comté : <https://www.radon-qai-fcomte.fr/qai-radon-en-franche-comte/presence-de-radon-quelles-solutions.html>

Réseau Breton bâtiment durable

- > Dossier thématique radon https://www.bretagne.ars.sante.fr/system/files/2020-01/190620_RBBD_DOSSIER-THEMATIQUE-RADON2-2019.pdf

Santé publique France

- > Évaluation de l'impact sanitaire de l'exposition domestique au radon en France <https://www.santepubliquefrance.fr/docs/evaluation-de-l-impact-sanitaire-de-l-exposition-domestique-au-radon-en-france>

Normes et Documents Techniques Unifiés (DTU)

- > NF DTU 13 Fondations
- > NF DTU 14.1 Travaux de couvage
- > NF DTU 20.1 Ouvrages en maçonnerie de petits éléments - Parois et murs
- > NF DTU 24 Fumisterie
- > NF DTU 26.2 Chapes et dalles à base de liants hydrauliques
- > NF DTU 43.1 Étanchéité des toitures-terrasses et toitures inclinées
- > NF DTU 61.1 Installations de gaz dans les locaux d'habitation
- > NF DTU 65.14 Exécution de planchers chauffants à eau chaude
- > NF DTU 68.3 Travaux de bâtiment - Installations de Ventilation mécanique
- > NF X 46-040 « Traitement du radon dans les immeubles bâtis - Référentiel de diagnostic technique relatif à la présence de radon dans les immeubles bâtis, définit les missions et la méthodologie du diagnostic technique »
- Mesurage de la radioactivité dans l'environnement – Air : radon 222
- > NF ISO 11665-8 : « Partie 8 : méthodologies appliquées aux investigations initiales et complémentaires dans les bâtiments »
- > NF ISO 11665-4 : « Partie 4 : méthode de mesure intégrée pour la détermination de l'activité volumique moyenne du radon avec un prélèvement passif et une analyse en différé »
- > ISO/TS 11665-12 : « Partie 12 : Détermination du coefficient de diffusion des matériaux imperméables: méthode de mesure de l'activité volumique d'un côté de la membrane »
- > ISO/TS 11665-13 : « Partie 13 : Détermination du coefficient de diffusion des matériaux imperméables : méthode de mesurage de l'activité volumique des deux côtés de la membrane »

Réglementation

- > Articles L. 1333-10 et R. 1333-15 à R. 1333-16 du Code de la santé publique
- > Articles R. 4451-136 à R. 4451-139 du Code du travail relatifs à la protection des travailleurs vis-à-vis de l'exposition au radon d'origine géologique
- > Arrêté du 30 juin 1999 relatif aux caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation
- > Arrêté du 22 juillet 2004 relatif aux modalités de gestion du risque lié au radon dans les lieux ouverts au public
- > Arrêté du 7 août 2008 relatif à la gestion du risque lié au radon dans les lieux de travail
- > Directive européenne 2013/59/Euratom du Conseil du 5 décembre 2013
- > Arrêté du 22 juillet 2015 relatif à la mesure de l'activité du radon
- > Décret n° 2018-434 du 4 juin 2018 portant diverses dispositions en matière nucléaire
- > Décret n° 2006-1099 du 31 août 2006 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage et modifiant le code de la santé publique
- > Décret n° 2018-437 du 4 juin 2018 relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux rayonnements ionisants
- > Arrêté du 27 juin 2018 portant délimitation des zones à potentiel radon sur le territoire national, pris en application des décrets n° 2018-434 et 2018-437 du 4 juin 2018
- > Avis n° 2018-AV-0309 de l'ASN du 3 juillet 2018
- > 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
- > Arrêté du 26 février 2019 relatif aux modalités de gestion du radon dans certains établissements recevant du public et de diffusion de l'information auprès des personnes qui fréquentent ces établissements

Crédits photos

Shutterstock : Sergej Cash – Stocksnapper – PRILL – maskalin

Adobe Stock : Gilotyňa

Photos cas pratiques rénovation : CTSB

