

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. 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.

En 2015, un focus a été porté sur un enjeu sanitaire majeur du bâtiment en Bretagne : le radon. L'objet du 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.

Le radon

Origine et propagation

Gaz radioactif d'origine naturelle, incolore et inodore, le radon 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, il s'exprime en Bq/m³.

Le radon émane des roches souterraines et s'accumule dans l'air présent dans le sol. Il 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. 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.

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.

Voies d'entrée dans le bâtiment

Tout comme la propagation du radon dans le sol, son entrée dans les bâtiments peut s'effectuer de deux manières. 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. Il peut également 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 par infiltration est le phénomène prédominant.

Concentration dans le bâtiment

La concentration de radon mesurée dans l'air intérieur d'un bâtiment varie en fonction de nombreux 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 ;
- le comportement des occupants ou gestionnaires des bâtiments.

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 en utilisant des instruments de mesure, appelés dosimètres.



Exemple de dosimètre passif (source : CLCV)

Vers une meilleure prise en compte du radon

Plusieurs raisons sont avancées pour expliquer la faible prise en compte de la problématique radon par les maîtres d'ouvrage.

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 entre 2010 et 2014 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. 4 488 dosimètres ont été distribués à cette occasion. La moyenne des concentrations mesurées s'élève à 240 Bq/m³, ce qui est bien supérieur aux 144 Bq/m³ de moyenne mesurés pour le Finistère lors de l'élaboration de l'Atlas 2000 par l'IRSN.

Radon et santé publique

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 est responsable de 20% des cas de cancer du poumon (PRSE2 Bretagne). Trois départements bretons (les Côtes d'Armor, le Finistère et le Morbihan) sont 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/m³, soit 31 départements en France.

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, cela s'inscrit 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.

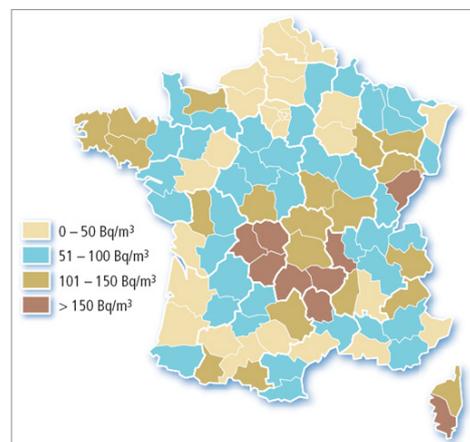
La deuxième cause du manque de prise en compte du risque radon est **la sous-estimation de la « dangerosité » du radon**. Parmi les milliers de logements dont l'activité volumique de l'air intérieur a été mesurée lors de la campagne de mesure de la CLCV, une quinzaine seulement a entrepris des travaux. 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.

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.

De nombreux corps de métier sont amenés à travailler sur le radon : maçons, bureaux d'études fluides, plombiers-chauffagistes, 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.

L'implication des professionnels du bâtiment reste 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.



Carte de l'activité volumique intérieure moyenne par département - Atlas 2000 (IRSN, 2000)

Prévention et remédiation du risque 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 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.

Etat des lieux

Dans une démarche de prévention ou de remédiation, la première étape consiste à établir un état des lieux en précisant a minima :

- Le potentiel radon de la zone sur laquelle le bâtiment est implanté ;
- Le type de sol sur lequel se trouve le bâtiment ;
- les exigences réglementaires auxquelles peut être soumis le bâtiment ;
- La fiabilité des mesures. Sont-elles plausibles par rapport aux points précédemment évoqués ? Sont-elles significatives ?
- La représentativité de la mesure en termes d'exposition au radon. Les concentrations peuvent fortement différer d'une pièce à une autre.

Actions en phase conception

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. Il faut également veiller à limiter les passages de réseaux traversant les parties inférieures horizontales de l'enveloppe du bâtiment. 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 radier. Ainsi, il est possible de les

ventiler depuis la surface. Ceci ne dispense pas d'étanchéfier ces traversées.

L'agencement des locaux 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.



Pose d'une membrane anti-radon en construction neuve - © <http://www.properteco.co.uk>

Étanchéité à l'air

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.

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.

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

Approche globale

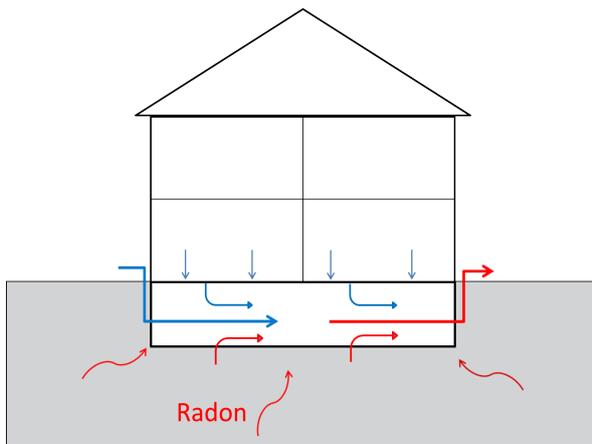
Il est très rare que l'étanchéification des infiltrations de radon suffise à pallier des concentrations accrues, mais elle reste cependant une étape indispensable car elle améliore l'efficacité des autres mesures. Le succès d'un projet de remédiation est déterminé par l'identification de toutes les voies 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.

Ventilation

Comme détaillé précédemment, l'entrée de radon dans les bâtiments résulte d'une différence de pression entre le sol et le bâtiment. Il y a différentes méthodes pour réduire, voire inverser ce gradient de pression :

- **mise en dépression de l'interface entre le sol et le bâtiment**

La dépression ainsi créée aspire et extrait l'air du sol chargé en radon et celui du bâtiment. 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 termites et de déplacements de terrain.



Vide sanitaire ventilé
© Réseau Breton Bâtiment Durable

- **mise en dépression du sol par rapport au bâtiment**

Le sol peut aussi être mis en dépression grâce à un puisard. Il s'agit d'un puits équipé d'un drain et éventuellement 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.

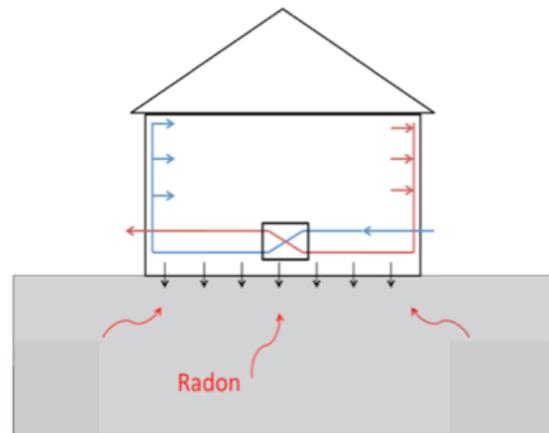
L'air extrait par un puisard est beaucoup plus chargé en radon que celui provenant d'un vide sanitaire ou d'un hérisson ventilé, puisqu'il n'est pas dilué par un apport d'air frais. Si l'évacuation est mal réalisée, cet air peut être directement respiré ou réintroduit dans le bâtiment.



Evacuation inappropriée (photo de gauche) et correctement réalisée (photo de droite)
© Réseau Breton Bâtiment Durable

- **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.



Mise en surpression de la VMC double-flux
© Réseau Breton Bâtiment Durable

- **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. 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.

- **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.



Installation d'un hérisson ventilé en rénovation. Photo : © Brélivet

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.

Les diagrammes qui suivent sont des outils d'aide à la décision qui permettent de choisir les mesures d'atténuation à adopter dans le cas d'un nouveau projet ou en fonction de la situation initiale pour un bâtiment existant. L'étape de diagnostic, explicitée sur le schéma, est primordiale dans le choix de la méthode de remédiation, et déterminante pour son efficacité.

Fiche pratique aide à la décision : NEUF

	CONCEPTION	TRAVAUX D'ETANCHEITE	TRAVAUX DE VENTILATION
NIVEAU 0		Etanchéité à l'air du bâtiment, y compris des parties enterrées Etanchéité à l'air des échangeurs géothermiques Etanchéité à l'air des passages de réseaux	Système de VMC installé en respectant les règles de l'art
NIVEAU 1	Proscription des passages ouverts entre le sous-sol et le RDC, et entre le sous-sol et la cage d'escalier Construction sur vide-sanitaire Conception des cheminées, gaines techniques, cages d'ascenseur et d'escalier de manière à ce qu'ils ne créent pas de dépression	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	Agencement des pièces favorisant les chambres à coucher à l'étage Accès au sous-sol par l'extérieur uniquement		Mise en dépression du sol à l'aide d'un puisard

Niveau 0 : bonnes pratiques – Niveau 1 : risque d'exposition élevé – Niveau 2 : risque d'exposition très élevé

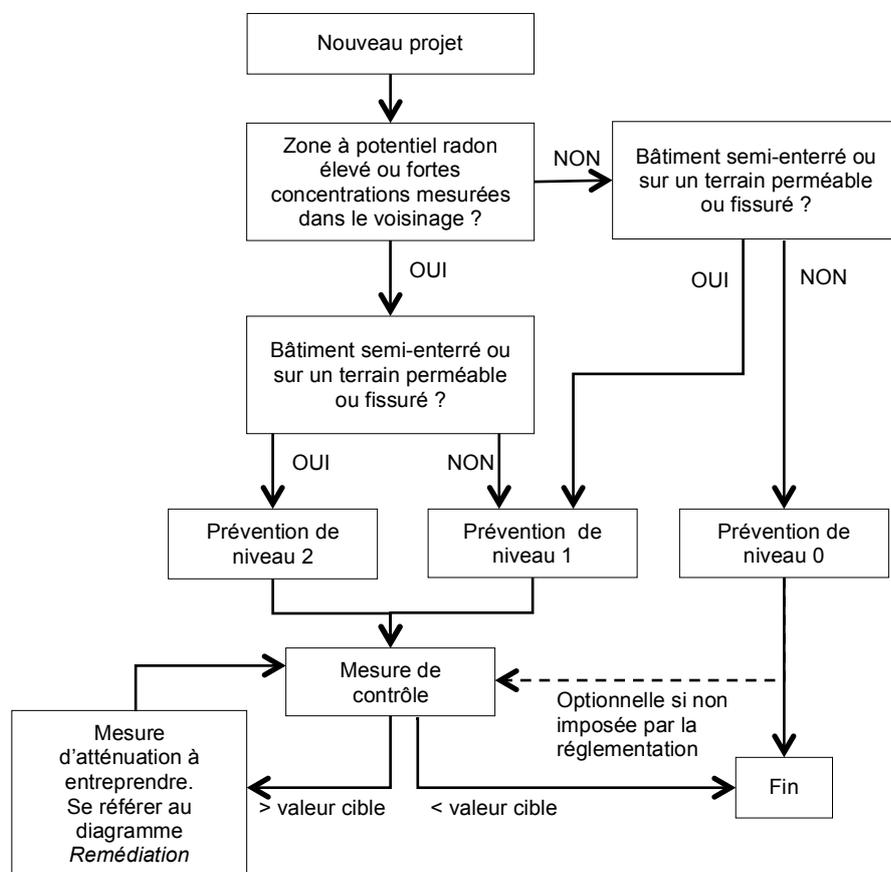


Diagramme d'aide à la décision en **construction neuve** - © Réseau Breton Bâtiment Durable

Fiche pratique aide à la décision : EXISTANT

	CONCEPTION	TRAVAUX D'ÉTANCHEITE	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

Niveau 1 : méthodes simples – Niveau 2 : mesures complexes – Niveau 3 : mesures très complexes

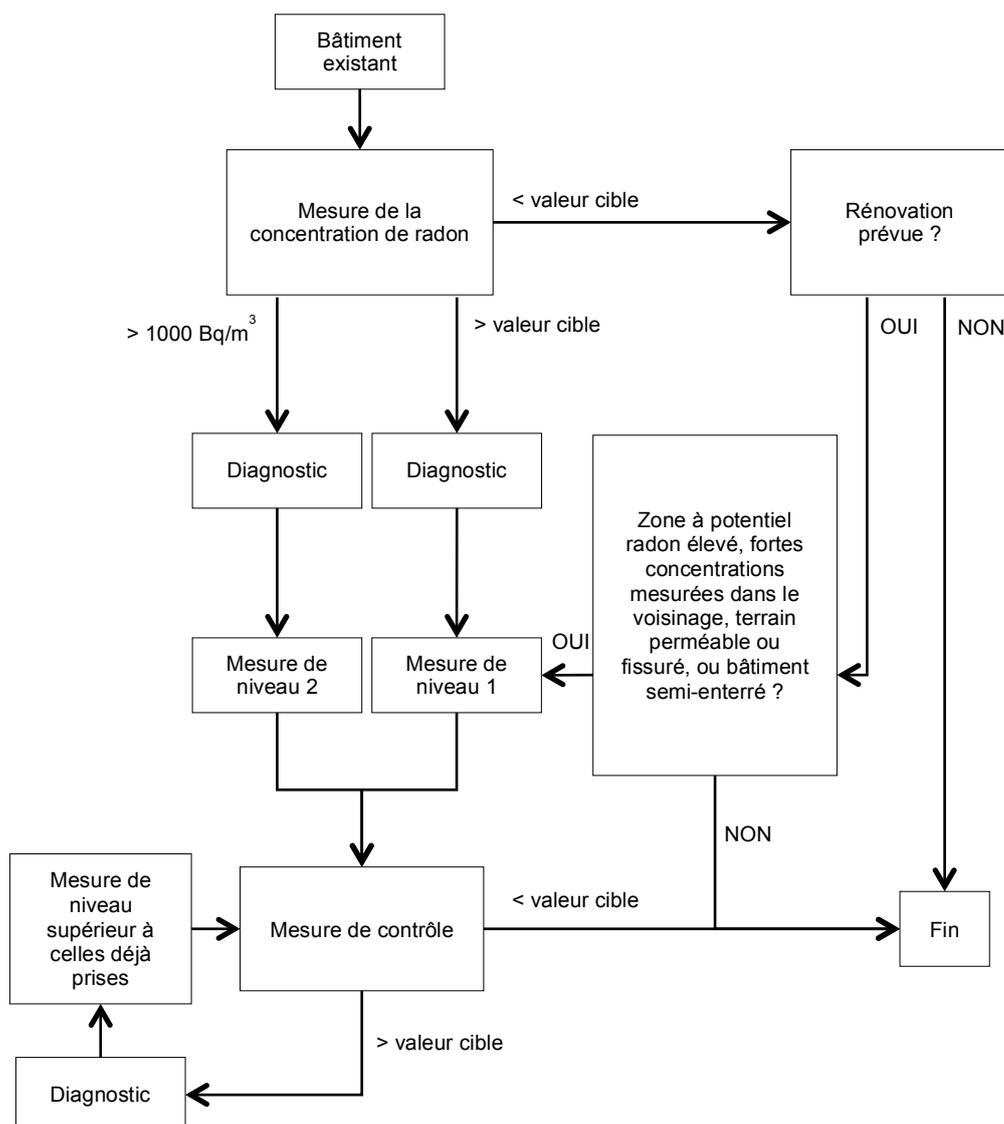


Diagramme d'aide à la décision en **remédiation** - © Réseau Breton Bâtiment Durable

Pour conclure

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, chauffagiste, 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.

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.

Avec les partenaires de nos actions



Le Réseau Breton Bâtiment Durable est une mission portée par la Cellule Economique de Bretagne.



Le Réseau Breton Bâtiment Durable est membre du Réseau BEEP.



Avec le soutien technique de l'Agence Qualité Construction

