

Bernard COLLIGNAN

Responsable de projets Radon et Sols pollués Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB)





RADON ET RÉNOVATION

Contexte, réglementation et premiers retours d'information

RÉGLEMENTATION VIS-À-VIS DU RADON

- Zones prioritaires (31 départements)
- ERP (2004)

Etablissements d'enseignements, sanitaires et sociaux, thermes, prisons : Obligation de mesures et de solutions correctives bâtiment au dessus du seuil d'action (400 Bg/m³)

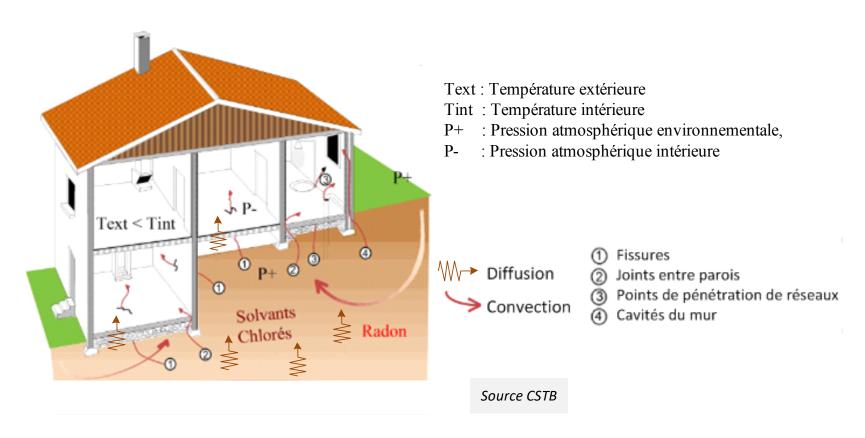
Activités professionnelles en milieu souterrain (2008) Obligation de mesures et de gestion des expositions au dessus de seuil de d'action (400 Bq/m³)

■ 2018 : Nouveau corpus réglementaire

fondé sur l'Ordonnance n° 2016-128 du 10 février 2016 et le décret n° 2018-434 du 4 juin 2018.

- Nouveau zonage prioritaire : maillage communal (carte IRSN : ici);
- Modification du seuil d'action de 400 Bg/m³ à 300 Bg/m³;
- ERP, extension aux établissements d'accueil collectif d'enfants de moins de six ans ;
- Extension de la réglementation travail aux lieux non souterrains ;
- Obligation d'information de zones prioritaires lors des transactions immobilières (IAL).

RAPPEL SUR LA PROTECTION DES BÂTIMENTS VIS-À-VIS DU RADON



ENTRÉE DU RADON DANS UN BÂTIMENT

RAPPEL SUR LA PROTECTION DES BÂTIMENTS VIS-À-VIS DU RADON

☐ Principes de protection

Blocage du radon
Dilution des concentrations intérieures

Etanchement de l'interface

Assurer le meilleur étanchement possible entre le bâtiment et le terrain sous-jacent ainsi qu'entre le sous-sol et le volume habité, le cas échant, de façon ponctuelle (passage de réseaux, fissures, joints périphériques, portes intérieures, trappes, regards ..) ou par traitement de surfaces (planchers et murs enterrés)

☐ Familles de solutions

- Étanchement de l'interface sol-bâtiment
- Traitement des volumes habités
- Traitement des soubassements

Ventilation du bâtiment

Le renouvellement d'air du bâtiment par ventilation naturelle ou mécanique permet de diluer la présence de polluants gazeux dans l'air intérieur.

Selon la nature du système de ventilation, ce dernier aura également un impact favorable ou défavorable sur le niveau de pression de l'air intérieur et ainsi sur l'entrée des polluants venant du sol



Source CSTB

Selon la nature du soubassement (vide sanitaire, cave ou sous-sol, terre-plein), traiter ce dernier par ventilation naturelle ou mécanique pour réduire l'entrée des polluants gazeux du sol vers les volumes occupés. Pour le cas d'un terre-plein, on peut envisager la mise en œuvre d'un Système de Dépressurisation des Sols (SDS) consistant à extraire l'air sous le dallage vers l'environnement extérieur.

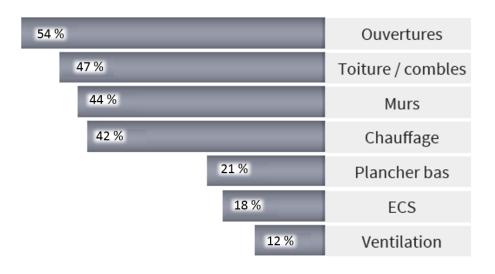
Polluants gazeux venant du sol

RÉNOVATION EFFECTIVE DES BÂTIMENTS

Travaux de rénovation énergétique des Maisons Individuelles (MI)

Source ADEME: Enquête TREMI, campagne 2017 sur env. 29 000 MI

Logements concernés Type de travaux



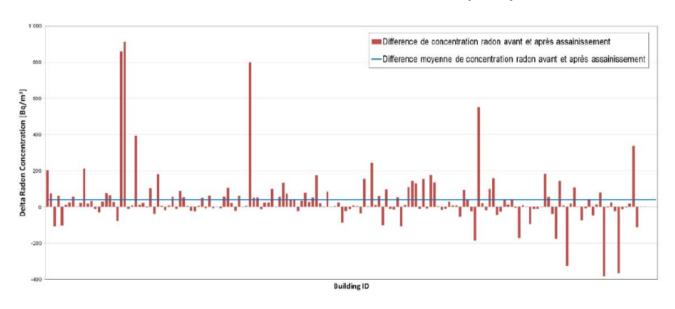
Top 10 des bouquets les plus réalisés

Ouvertures + Chauffage	4,4%
Toiture/combles + Ouvertures	4,3%
Murs + Ouvertures	3,5%
Toit/comb. + Murs + Plancher bas + Ouv. + Chauffage	3,3%
Toiture/combles + Murs	3,1%
Toiture/combles + Chauffage	2,7%
Toiture/combles + Ouvertures + Chauffage	2,5%
Toiture/combles + Murs + Ouvertures	2,4%
Toiture/combles + Murs + Ouvertures + Chauffage	2,2%
Murs + Chauffage	1,8%



La ventilation n'apparaît pas dans le Top 10 des bouquets de travaux les plus réalisés ; elle devrait cependant être « embarquée » dès lors que les ouvertures sont rénovées et/ou que l'isolation est renforcée.

Données suisses, résidentiel (MI)

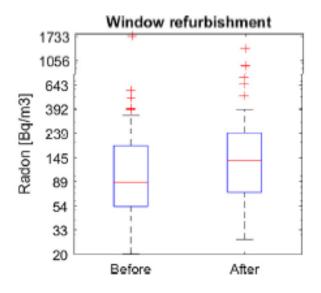


Différence de concentration en radon après rénovation thermique 163 logements

Pampuri and Goyette Pernot, 2014

Moyenne avant rénovation : 153 Bq/m³ Moyenne après rénovation : 193 Bq/m³

→ Augmentation de 40 Bq/m³ (26 %)



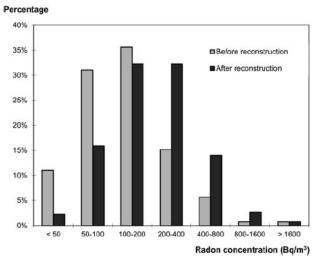
Impact du changement de fenêtres

Pampuri et al., 2018

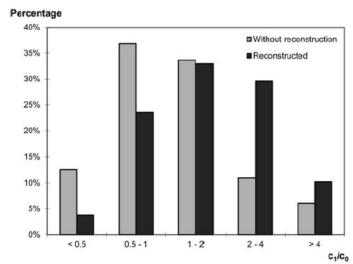
• Données de République Tchèque, Écoles - Fojtíková, I., Navrátilová Rovenská, K., 2015

Mesures de radon à 20 ans d'écart, écoles rénovées et non rénovées

Reconstruction	Number of buildings	Mean radon level in the 1990s (Bq m^{-3})	Mean radon level after 2011 (Bq m ⁻³)
Yes	264	125 (GSD = 2.15)	204 (GSD = 2.15)
No	247	136 (GSD = 2.14)	149 (GSD = 2.27)



Histogramme des concentrations avant et après rénovation



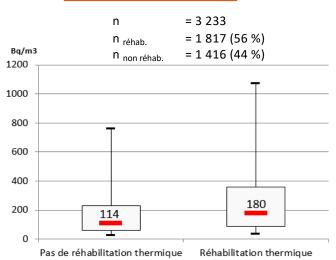
Rapport des concentrations à 20 ans d'intervalle

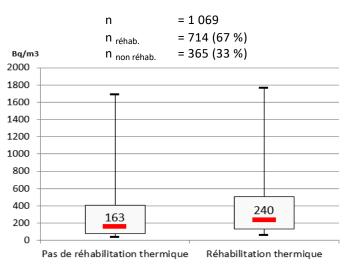
• Données françaises, résidentiel (MI) - Collignan et al., 2016 ; Le Ponner et al., 2019

Mesures de radon associant des auto-questionnaires de caractérisation du bâtiment

<u>Bâtiment réhabilité</u>: changement de menuiserie *et/ou* isolation thermique *et/ou* modification ventilation

Bretagne (concarneau)





Limousin

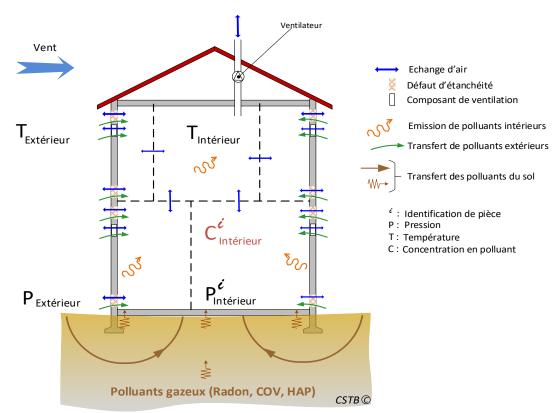
P5, P25, P50 (médiane), P75 et P95

Caractéristiques influentes sur les concentrations intérieures en radon

potentiel du sol, type de soubassement, matériau de construction, période de construction, nombre de niveaux habités, localisation du dosimètre, changement de fenêtres, système de ventilation

• Etude de sensibilité numérique - Modèle de ventilation MATHIS-QAI

Evaluation de la performance des systèmes de ventilation, évaluation de la QAI, outil d'aide à la décision



- Équation de conservation de la masse d'air
 ÷ équilibre des pressions intérieures et extérieures
- Équation de bilan sur les espèces polluantes

 Concentrations intérieures en polluants gazeux et particulaires (COV, Formaldéhyde, PM, Radon, ...)

Calcul temporel fonction

- météorologie,
- perméabilité à l'air du bâtiment
- système de ventilation
- scénarios d'usage

Résultats

- > pressions,
- renouvellement d'air,
- Concentrations intérieures de polluants gazeux ou particulaires,
 - → Analyse sur les valeurs continues ou moyennes

Prise en compte de l'entrée de radon dans MATHIS-QAI

- Loi analytique de transfert des polluants du sol (Diallo at al., 2015)
- Loi d'entrée expérimentale empirique $\Phi_{Rn} = k_{Rn} \cdot \Delta P^n$ (Bq.s⁻¹.m⁻²)

Associé à un modèle de ventilation : calcul des concentrations intérieures de radon

- Tenant compte de la dilution liée à la ventilation du bâtiment
- Tenant compte des variations de pressions intérieures influençant l'entrée du radon

Travaux issus d'une méthodologie de caractérisation visant à :

- Évaluer expérimentalement le potentiel d'entrée dans un bâtiment
- Évaluer **numériquement** la concentration moyenne annuelle dans un bâtiment
- → Testée sur 28 maisons individuelles avec des résultats satisfaisants (Collignan et Powaga, 2014)

• Etude de sensibilité numérique

- Φ_{Rn} = 4,2 . $\Delta P^{0,7}$ Bq.s⁻¹.m⁻² (flux moyen)
- Impact de la perméabilité à l'air, influencée par les rénovation (changement de menuiseries, isolation thermique)
- Impact de la nature du système de ventilation (renouvellement d'air, pressions intérieures)
- Maison individuelle type
- Analyse sur les concentrations moyennes annuelles

	Perméabilité à l'air du bâtiment (m³.h-¹.m-²)			
	Q _{4Pa} = 1,6	Q _{4Pa} = 1,2 Changement de menuiseries	Q _{4Pa} = 1 Changement de menuiseries + isolation intérieure	Q _{4Pa} = 0,8 Changement de menuiseries + isolation extérieure
Pas de système de ventilation	x	X	X	X
Ventilation naturelle	Calcul de référence	X	X	X
VMC par extraction	x	X	X	X
VMC double flux	X	X	X	X

• Résultats de l'étude de sensibilité numérique

	Perméabilité à l'air du bâtiment (m³.h-¹.m-²)			
	Q _{4Pa} = 1,6	Q _{4Pa} = 1,2 Changement de menuiseries	Q _{4Pa} = 1 Changement de menuiseries + isolation intérieure	Q _{4Pa} = 0,8 Changement de menuiseries + isolation extérieure
Pas de système de ventilation	1,78	2,38	2,86	3,57
Ventilation naturelle	1	1,25	1,44	1,71
VMC par extraction	0,87	0,96	1,01	1,09
VMC double flux	0,56	0,63	0,66	0,72

Concentration annuelle moyenne intérieure en radon, rapportée au cas de référence (ventilation naturelle, $Q_{4Pa} = 1.6$)

CONCLUSIONS

- Enjeux
 - Performance énergétique des bâtiments / diminution des gaz à effets de serre et économies d'énergie
 - Amélioration conjointe de la QAI incluant le radon
- Rénovation thermique et radon
 - Rénovation porte essentiellement sur l'isolation thermique dont les menuiseries,
 - → impact pouvant être négatif sur les niveaux de radon
 - Rénovation associant une mise à niveau cohérente de la ventilation du bâtiment
 - → Niveau de radon équivalent ou plus faible
- Recommandations
 - >Associer une ventilation cohérente, en assurer la maintenance
 - > Dans les zones prioritaires, réaliser une mesure de radon avant rénovation

→ Adaptation éventuelle du projet de rénovation

Références

- ADEME, 2018. Enquête TREMI. Travaux de Rénovation Energétique des Maisons Individuelles. Campagne 2017.
- Collignan B., Powaga E. 2014. Procedure for the characterization of radon potential in existing dwellings and to assess the annual average indoor radon concentration.

 Journal of Environmental Radioactivity (2014) ;137:64-70 . http://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2014.06.024
- Collignan B., Le Ponner E., Mandin C., 2016. Relationships between indoor radon concentrations, thermal retrofit and dwelling characteristics. Journal of Environmental Radioactivity 165. 124e130. http://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2016.09.013
- Collignan B, Powaga E., 2019. Impact of ventilation systems and energy savings in a building on the mechanisms governing the indoor radon activity concentration.

 Journal of Environmental Radioactivity (Vol. 196, Jan. 2019, Pp 268-273). https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2017.11.023
- Diallo T.M.O., Collignan B., Allard F., 2015. 2 D semi-empirical models for predicting the entry of soil gas pollutants into buildings. Building and Environment 85 (2015) 1-16.). https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.11.013.
- Fojtíkova I., Navratilova Rovenska K., 2014. Influence of energy-saving measures on the radon concentration in some kindergartens in the Czech Republic. Radiat. Prot. Dosim. 160, 149e153. http://dx.doi.org/10.1093/rpd/ncu073
- Jiranek, M., Kacmarikova, V., 2014. Dealing with the increased radon activity concentration in thermally retrofitted buildings. J. Radiat. Prot. Dosim. http://dx.doi.org/10.1093/rpd/ncu104
- Leivo V, Prasauskas T, Du L, et al., 2018. Indoor thermal environment, air exchange rates, and carbon dioxide concentrations before and after energy retrofits in Finnish and Lithuanian multi-family buildings. Sci Total Environ 2018; 621: 398-406.
- Le Ponner E., Collignan B., Ledunois B., Mandin C., 2019. Déterminants des concentrations intérieures en radon dans les logements français. Exploitation des données collectées dans plus de 6 000 maisons. Environ Risque Sante 2019 ; 18 : 33-40. . http://doi.org/10.1684/ers.2018.1265
- Meyer W., 2019. Impact of constructional energy-saving measures on radon levels indoors. Indoor Air. 2019;1–6. . http://doi.org/10.1111/ina.12553
- Pampuri, L., Goyette Pernot, J., 2014. Indoor air quality in new or renovated energy efficient buildings -preliminary results of radon measurement campaigns in French and Italian parts of Switzerland. In: ROOMS 2014 Conference, 6/7 October 2014, Bad Ischl Austria.
- Pampuri L., Caputo P., Valsangiacomo C. 2018. Effects of buildings' refurbishment on indoor air quality. Results of a wide survey on radon concentrations before and after energy retrofit interventions. Sustainable Cities and Society 42 (2018) 100–106. https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.07.007
- Pigg S, Cautley D, Francisco PW. Impacts of weatherization on indoor air quality: A field study of 514 homes. Indoor Air 2018; 28: 307-317.
- Symonds P., ReesD., Daraktchieva Z., McColl N, Bradley J., Hamilton I., Davies M., 2019. Home energy efficiency and radon: an observational study. Indoor Air. http://doi.org/10.1111/ina.12575

Merci de votre attention





