



TRANSFORM

Transform Institute
Heritage, Construction and Users

Prendre en charge le risque radon dans le bâtiment : de la formation des professionnels à l'accompagnement sur le chantier

Retour d'expérience de Suisse

Joëlle Goyette Pernot

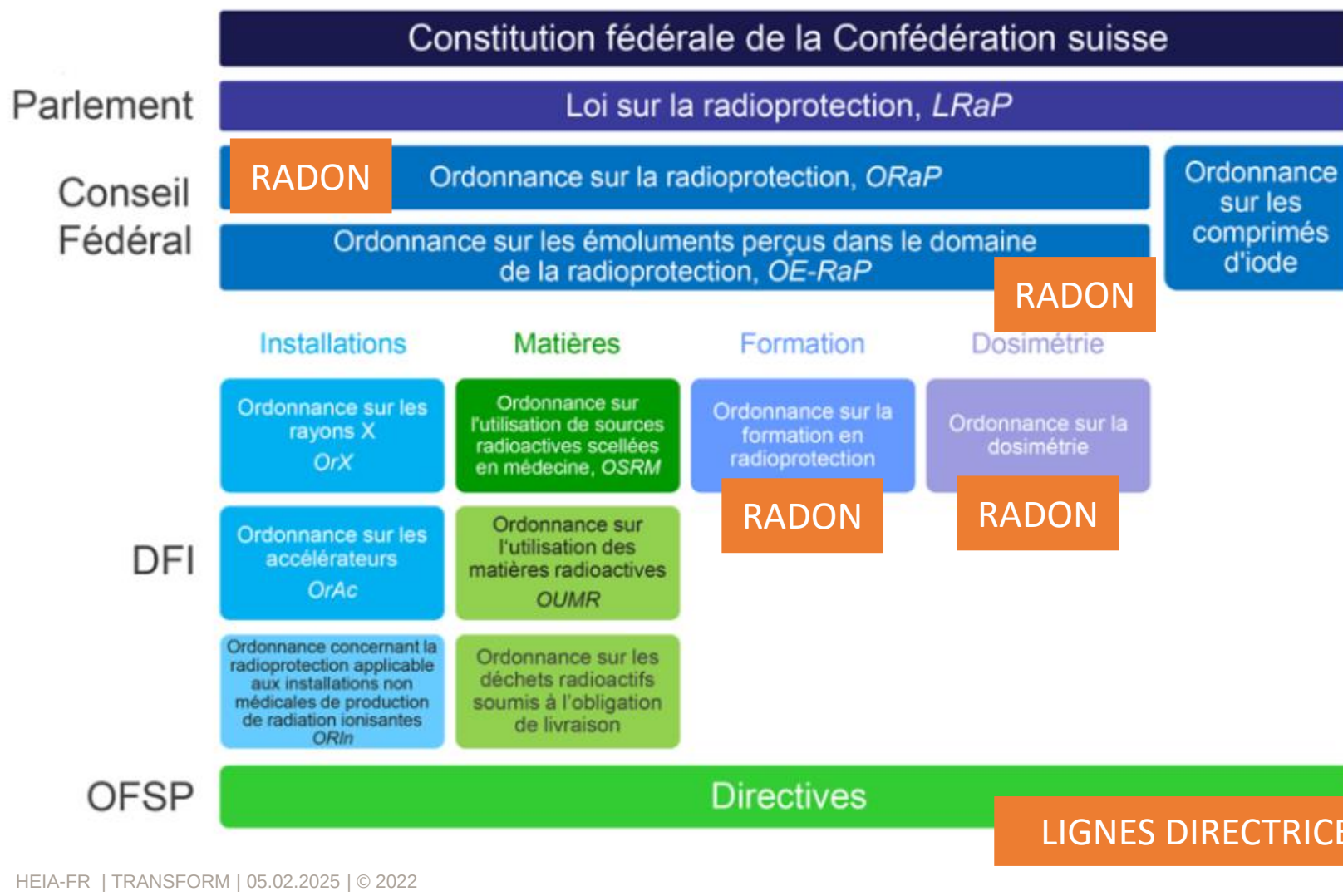
Journées techniques radon de la SFRP – Paris – 04 et 05.02.2025

Le radon: prévention et gestion du risque

Sommaire

- Contexte et dispositions légales
- Prévention et urgence de l'assainissement
- Carte du radon
- Mesure du radon
- Services de mesure et professionnels du radon / formation
- Autres outils à disposition
- Deux projets de recherche en cours
- Plan d'action radon 2021-2030

Dispositions légales en matière de radioprotection



Parmi diverses mesures entrées en vigueur le 1^{er} janvier 2018, la législation fédérale impose aux cantons:

- instauration d'un système de mesure du radon ;
- mise en place de mesures préventives de protection contre le radon dans les bâtiments et sur les places de travail ;
- assainissement des bâtiments si les valeurs de seuil fixées dans l'ordonnance fédérale sont dépassées.

Ordonnance sur la radioprotection, 2017

Abaissement des valeurs légales vis-à-vis du radon

	ORaP, 1994	ORaP, 2017	Responsabilités
Habitat et écoles	Valeur limite 1000 Bq/m³	Valeur de référence 300 Bq/m³ Art. 155 ORaP	Cantons DDPS pour bâtiments militaires
Places de travail	Valeur limite 3000 Bq/m³	Valeur de seuil 1000 Bq/m³ art.156 ORaP	Autorités de surveillance Art. 184 ORaP

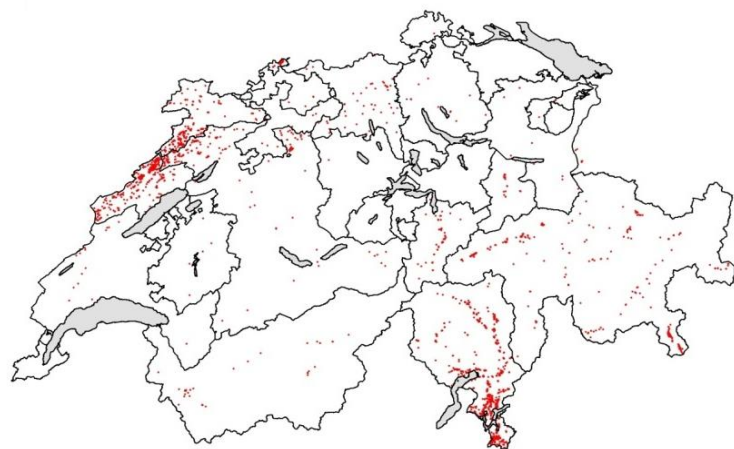
DDPS: défense, protection population et sport

OFSP: médecine, recherche et formation

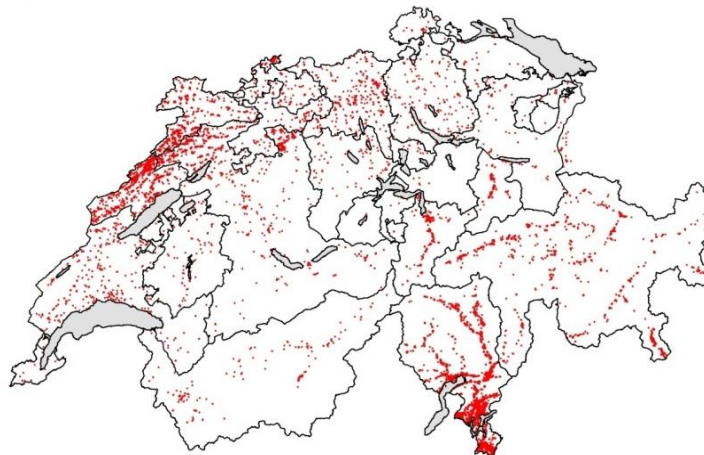
Suva: industrie et artisanat

IFSN: domaine nucléaire

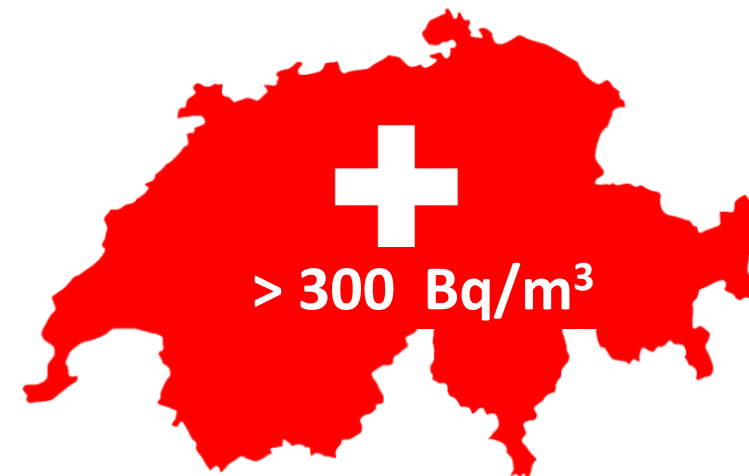
Prévention dans le bâtiment neuf



> 1000 Bq/m³



> 300 Bq/m³



> 300 Bq/m³

1.6 millions de bâtiments : parc immobilier Suisse

Mesures effectuées dans environ 150'000 bâtiments

> 1'000 Bq/m³

> 300 Bq/m³

3'000 cas

15'000 cas

1% de nouveaux bâtiments

8% de nouveaux bâtiments

**Mises en place de méthodes
préventives dans le
bâtiment neuf + synergies
avec l'assainissement
énergétique**

Prévention dans les bâtiments neufs

Protection de base: norme SIA 180:2014

- La concentration en radon ne doit pas excéder les valeurs légales de l'ORaP. Elle doit être $< 300 \text{ Bq/m}^3$ d'air
- Les mesures et contrôles sont requis durant la phase de projet et après la construction

Protection supplémentaire:

- Si probabilité de dépassement des $300 \text{ Bq/m}^3 > 10\%$ (carte radon)
- En présence de locaux de séjour en contact avec le terrain ou de cave naturelle

PROTECTION THERMIQUE, HUMIDITÉ ET CLIMAT INTÉRIEUR

Le but de norme SIA 180 est de garantir un climat ambiant confortable et de prévenir des dommages à la construction. Cette norme décrit des principes et des exigences grâce auxquels ces objectifs peuvent être atteints lors d'une utilisation et d'un entretien normaux du bâtiment. Un climat intérieur confortable doit être assuré d'abord à l'aide de différentes mesures constructives. Le bâtiment, installations techniques déclenchées, doit être au moins aussi confortable thermiquement que l'extérieur. Un concept de ventilation précise comment la qualité d'air sera assurée. On précise de même comment éviter les dommages à la construction résultant d'influences thermiques ou hydriques. Les exigences en matière d'isolation thermique, en particulier aux ponts thermiques, sont données pour prévenir les moisissures et la condensation. (sia)

Norme SIA 180

Protection thermique, humidité et climat intérieur dans les bâtiments, 72 pages, format A4, broché CHF 180.- Toutes les normes sont en vente à l'adresse www.shop.sia.ch, e-mail: distribution@sia.ch

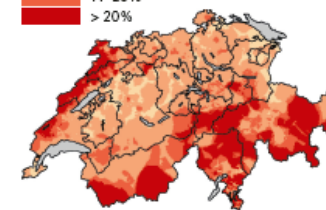
Annexe:

Fiche d'information sur le radon pour les bâtiments neufs ou transformés

Le radon est un gaz rare naturel radioactif qui provient de la désintégration de l'uranium dans le terrain. Il peut s'infiltrer à travers les défauts d'étanchéité de l'enveloppe du bâtiment et polluer ainsi l'air intérieur. Le radon constitue la cause la plus fréquente de cancer du poumon après le tabagisme et est à l'origine de 200 à 300 décès chaque année en Suisse. Un niveau de référence de 300 becquerels par mètre cube (Bq/m^3) s'applique aux locaux dans lesquels des personnes séjournent au moins quinze heures par semaine.

Probabilité de dépassement du niveau de référence de 300 Bq/m^3 :

- $\leq 1\%$
- 2–10%
- 11–20%
- $> 20\%$



Source: Office fédéral de la santé publique 2018
(www.carta-radon.ch)

Droits et devoirs en bref

Conformément à l'ordonnance sur la radioprotection (ORaP; RS 814.501), le propriétaire du bâtiment ou, dans le cas d'une nouvelle construction, le maître d'ouvrage, doit veiller à ce que les mesures de construction préventives correspondant à l'état de la technique soient mises en œuvre afin d'atteindre une concentration de radon inférieure au niveau de référence de 300 Bq/m^3 dans les locaux dans lesquels des personnes séjournent. D'éventuelles prétentions de caractère civil en rapport avec un dépassement du niveau de référence pour le radon sont à faire valoir devant des juridictions civiles.

Principales sources juridiques:

Art. 155 ORaP Niveau de référence du radon
Art. 163 ORaP Protection contre le radon dans les nouveaux bâtiments et lors de transformations
Art. 166 ORaP Assainissement lié au radon

L'Office fédéral de la santé publique (OFSP) recommande d'évaluer le risque lié au radon en se basant sur la carte interactive du radon, ainsi que sur les caractéristiques de construction et d'utilisation du bâtiment, afin de prendre les mesures de protection qui s'imposent. Il est également conseillé de tenir compte des normes de la Société suisse des ingénieurs et des architectes (SIA), notamment d'appliquer systématiquement les mesures de protection contre le radon décrites dans la norme SIA 180:2014 «Protection thermique, protection contre l'humidité et climat intérieur dans les bâtiments». Les mesures de base consistent à rendre le bâtiment suffisamment étanche par rapport au terrain et à maintenir un bilan d'air équilibré.

Des mesures de protection supplémentaires sont nécessaires lorsque la probabilité que le niveau de référence soit dépassé se situe **au-dessus de 10%** ou que le bâtiment comporte une **cave naturelle** ou des **locaux de séjour en contact avec le terrain**. Il s'agit notamment de mesures d'étanchéité supplémentaires à l'extérieur ou à l'intérieur du bâtiment (p. ex., membrane contre le radon, porte de cave étanche) ou d'un contrôle des flux d'air (p. ex., par un drainage du radon sous les fondations ou un renouvellement de l'air maîtrisé dans les locaux de séjour). En cas de transformation, une mesure préalable du radon constitue l'indication la plus fiable pour déterminer si des mesures de protection s'avèrent nécessaires.

D'autres informations sur le radon ainsi que des recommandations techniques concernant les mesures de protection contre le radon dans les bâtiments sont disponibles sur la page Internet de l'OFSP: www.ch-radon.ch. Les consultant(e)s en radon offrent leur aide pour planifier et appliquer des mesures de protection contre le radon, notamment lors d'assainissements. À l'issue des travaux, seule une mesure agréée du radon permet de vérifier si les mesures préventives en matière de protection ont été efficaces.

1 www.ch-radon.ch, menu «Dispositions légales concernant le radon»
2 www.ch-radon.ch, menu «Mesurer la concentration en radon»
3 www.ch-radon.ch, menu «Conseil par des spécialistes en radon»

PERMIS DE CONSTRUIRE

Évaluation de l'urgence de l'assainissement lié au radon

Délais d'assainissement maximaux (années) (1)

Concentration de radon mesurée (Bq/m³)	Locaux à séjour prolongé	Locaux à séjour court	Locaux sans séjour durable
> 300 à 600 Bq/m³	10 ans	30 ans (2)	pas de mesures nécessaires
> 600 à 1000 Bq/m³	3 ans	10 ans	
> 1000 à 3000 Bq/m³ (3)	1 an	3 ans	
> 3000 Bq/m³ (3)	<1 an (commencer la planification rapidement)	1 an	

	Locaux à séjour prolongé	Locaux à séjour court	Locaux sans séjour durable
Durée de séjour/semaine	plus de 30 heures	entre 15 et 30 heures	moins de 15 heures (1)

(1) Pour les écoles et les jardins d'enfants, la durée de séjour par semaine ne se réfère pas à une seule personne, mais à toutes les personnes qui utilisent la salle, c'est-à-dire à la durée totale d'utilisation de la salle.

- (1) Pour les locaux scolaires et les jardins d'enfants, il est recommandé de prendre en compte les délais d'assainissement pour les locaux à séjour long, indépendamment de leur utilisation effective.
- (2) Si le bâtiment fait l'objet d'une transformation majeure avant l'expiration du délai d'assainissement, l'assainissement lié au radon doit être effectué en même temps.
- (3) En cas de dépassement de la valeur de seuil de 1000 Bq/m³ au poste de travail, celui-ci est considéré comme exposé au radon, autrement dit les dispositions de l'art. 167 ORaP s'appliquent.

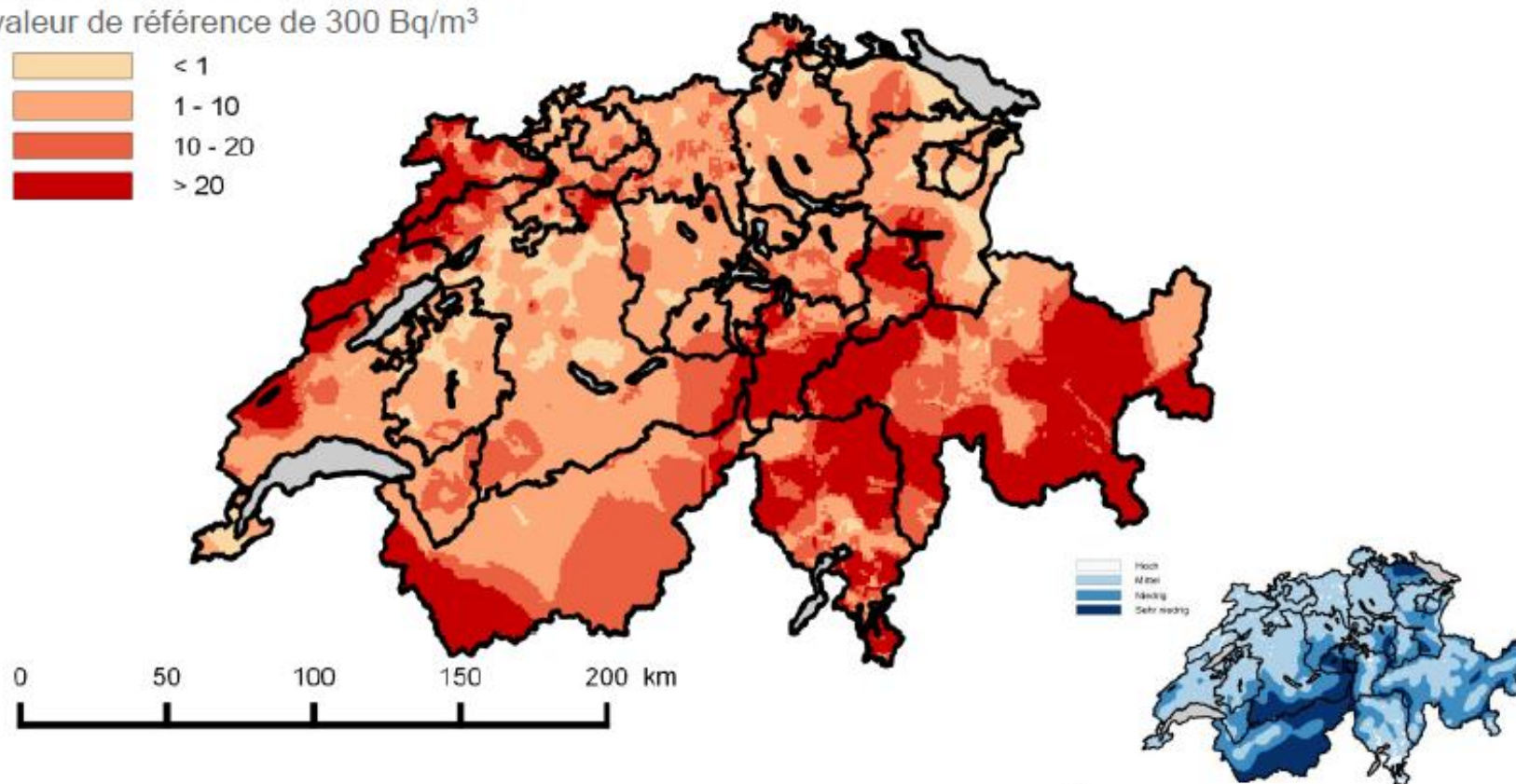
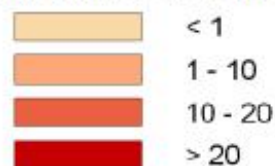
Carte radon

La carte du radon indique une probabilité [%] de dépassement de la valeur de référence de 300 Bq/m³ pour la concentration de radon dans les bâtiments.

Il est possible d'obtenir une probabilité en un endroit spécifique en cliquant sur la carte (pour sélectionner un pixel de 1x1 km, il est nécessaire de faire un fort zoom avant).

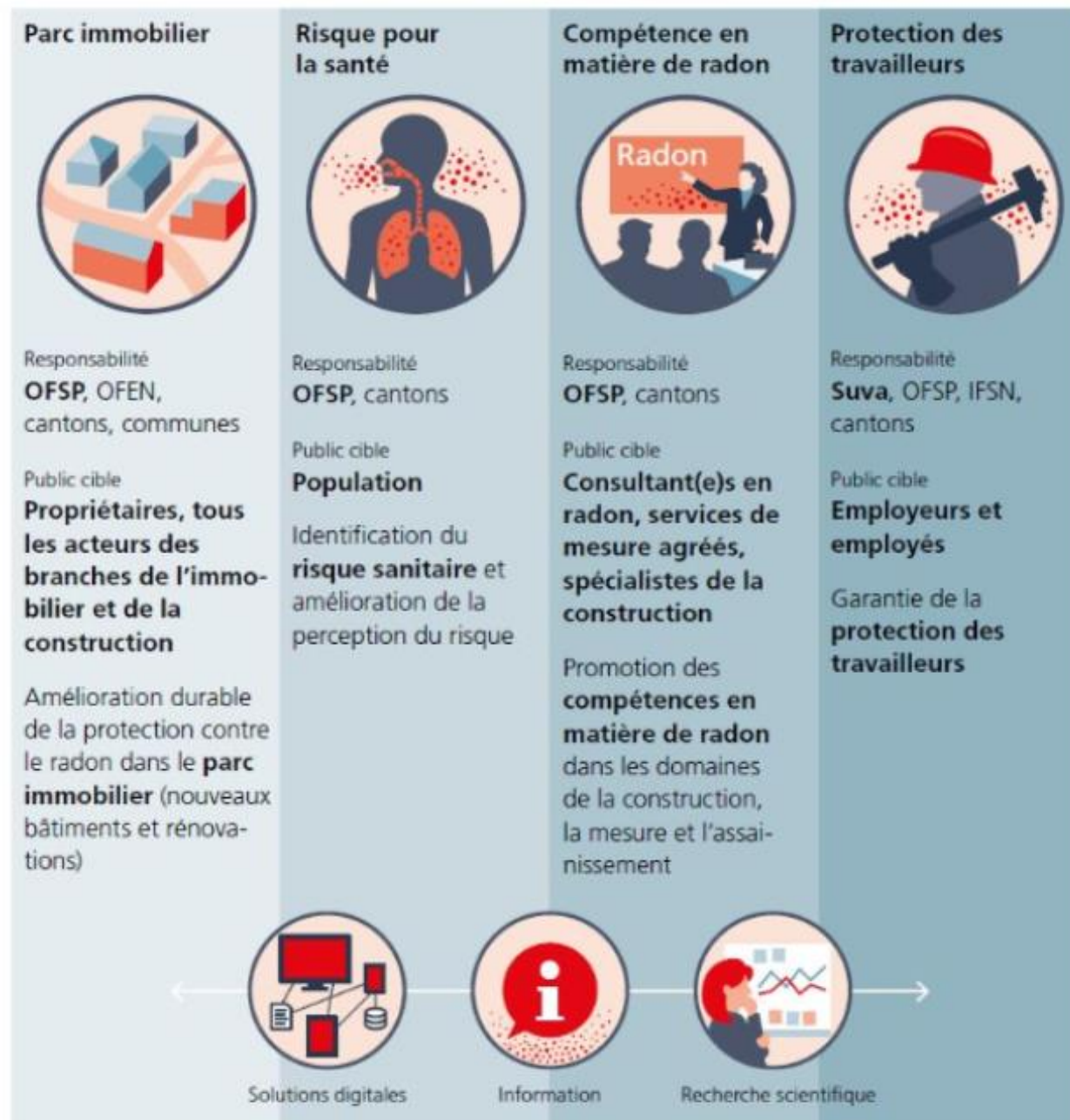
<https://tinyurl.com/4sdtby7j>

Probabilité de dépassement [%] de la valeur de référence de 300 Bq/m³



Plan d'action 2021-2030

- Ce plan d'action permet d'assurer la poursuite de la stratégie de protection contre le radon et s'inscrit dans la continuité du Plan d'action sur le radon 2012-2020.



Mesures agréées du radon et services de mesure

Art. 159 Agrément des services de mesure

- ¹ Les mesures du radon doivent être effectuées par un service de mesure agréé et selon des protocoles prescrits.
- ² L'OFSP reconnaît un service de mesure pour effectuer des mesures du radon, si ce service:
 - a) dispose du **personnel compétent** et de **systèmes de mesure appropriés** pour remplir les tâches requises par la réglementation;
 - b) garantit le parfait accomplissement des tâches, notamment en veillant à l'**absence de conflits d'intérêts**.
- ³ Il limite à cinq ans au maximum la durée de validité de l'agrément.

Art. 160 Devoirs des services de mesure

Les services agréés de mesure du radon ont l'obligation:

- a) de s'en tenir aux **protocoles de mesure prescrits**;
- b) d'introduire les données dans un délai de deux mois après la fin de la mesure dans la base de données (nationale) du radon.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI
Bundesamt für Gesundheit BAG
Direktionsbereich Gesundheitsschutz

Anerkannte Radonmessstellen Services de mesures agréés pour le radon Servizi di misurazione riconosciuti

Für die anerkannte Radonmessung ist in der Regel eine Expositionszeit von 1 Jahr, mindestens aber von 90 Tagen während der Heizperiode (Oktober-März) vorgeschrieben. Für radonexponierte Arbeitsplätze gelten andere Anforderungen.

Une mesure agréée de radon requiert en règle générale un temps d'exposition d'une année. Une durée minimale de 90 jours pendant la période de chauffage (octobre-mars) est toutefois prescrite. D'autres exigences de mesure sont en vigueur pour les postes de travail exposés au radon.

Una misurazione riconosciuta richiede generalmente un periodo di esposizione di un anno. Viene tuttavia prescritta una durata minima pari a 90 giorni da eseguirsi durante il periodo di riscaldamento (da ottobre a marzo). Altri requisiti sono in vigore per misurazioni eseguite in posti di lavoro esposti al radon.

Messstelle: 2me toumi ag
Salomegasse 17, 2503 Biel/Bienne (BE)
Kontaktperson: Jonathan Toumi, Tel. 032 322 22 19, info@toumi.ch
Messkompetenz: Wohnräume, Schulen/Kindergärten, Arbeitsplätze
Messsystem: Radtrak, Radonova

Service de mesure: AARadon - Analyses et Assainissements Radon
Les Parcs 3, 2127 Les Baysards (NE)
Ch. des Bruannes 10B, 1429 Giez (VD)
Contact: Patrick Weber, tél. 079 959 32 17, info@aaradon.ch
Compétence: Locaux d'habitation, écoles/jardins d'enfants, postes de travail, postes de travail exposés au radon
Système de mesure: - Politrack, IRA
- Alphaguard N° 1055

Service de mesure: ACTA Conseils Sàrl
Rue des Pêcheurs 8A 1400 Yverdon-les-Bains (VD)
Contact: Laurent Nicole, tél. 024 424 20 40, conseils@acta.ch
Compétence: Locaux d'habitation, écoles/jardins d'enfants, postes de travail
Systèmes de mesure: - Radtrak, Radonova
- Politrack, IRA

Messstelle: Albrecht Claudius F.
Langeasse 32, 4104 Oberwil (BL)
Hornbachstrasse 66, 8008 Zürich (ZH)
Kontaktperson: Claudius F. Albrecht, Tel. 079 333 51 11, albrecht@radon-sanierungen.ch
Messkompetenz: Wohnräume, Schulen/Kindergärten, Arbeitsplätze, radonexponierte Arbeitsplätze
Messsystem: Radtrak, Radonova

Service de mesure: Alterego Concept SA
Avenue de Morgins 45, 1213 Petit-Lancy (GE)
Contact: Nadia Karmass, Tél. 022 950 02 70, info@ae-sa.ch
Compétence: Locaux d'habitation, écoles/jardins d'enfants, postes de travail, postes de travail exposés au radon
Système de mesure: Politrack, IRA



Évaluation au cas par cas dans les écoles et les jardins d'enfants

Le présent guide s'adresse aux services de mesure agréés pour le radon avec la compétence de mesure 2 ou supérieure. Il décrit le déroulement d'une évaluation au cas par cas dans une école ou un jardin d'enfants, après qu'un dépassement du niveau de référence de 300 Bq/m³ ait été constaté suite à une mesure agréée du radon. L'évaluation a pour but de préciser la situation en matière de radon lorsque les locaux concernés sont occupés. Cette évaluation est aussi possible si aucun dépassement du niveau de référence n'a été constaté.

1. Objectif

Une évaluation au cas par cas dans une école ou un jardin d'enfants avec un dépassement du niveau de référence permet de déterminer si des concentrations élevées de radon se retrouvent également lorsque les locaux concernés sont occupés. Une moyenne annuelle élevée peut être due à des concentrations élevées de radon durant la nuit et le week-end, par exemple lorsque le système de ventilation est éteint et que les fenêtres sont fermées. Afin de prendre une décision concernant une éventuel assainissement lié au radon, il est donc judicieux de déterminer la situation durant le temps d'occupation des locaux.

2. Application

Selon le protocole de mesure, une évaluation au cas par cas peut être effectuée lorsqu'un dépassement du niveau de référence a été constaté dans un ou plusieurs locaux de l'école ou du jardin d'enfants. A noter toutefois qu'une telle évaluation ne fait pas office de contrôle de la mesure de longue durée et que les mesures effectuées dans ce cadre ne sont pas agréées.

3. Conditions

3.1. Conditions de mesure

Les mesures doivent être effectuées dans les conditions de fréquentation ordinaires de l'école ou du jardin d'enfants, c'est-à-dire en dehors des périodes de vacances ou des jours fériés.

3.2. Instruments de mesure

Il convient d'utiliser des instruments de mesure homologués¹ et étalonnés, permettant une mesure en temps réel ainsi qu'une sauvegarde des données dans une mémoire interne. Dans la mesure du possible, chaque pièce régulièrement occupée et dans laquelle un dépassement du niveau de référence a été constaté devrait être soumise à l'évaluation. Les pièces peuvent également être mesurées les unes après les autres. Si trop de pièces sont concernées, il convient de prioriser celles affichant les concentrations de radon les plus élevées.

4. Déroulement de la mesure

4.1. Mise en place des instruments de mesure

Les instruments de mesure doivent être activés dans les pièces concernées, dans les conditions de fréquentation ordinaires de l'école (c'est-à-dire en dehors des périodes de vacances) ; ils ne doivent pas être manipulés ni déplacés durant la mesure. Cela peut s'avérer problématique dans une école ou un jardin d'enfants. En conséquence, il est nécessaire de se concerter avec la personne de contact de l'établissement scolaire et le corps enseignant.

4.2. Durée des mesures

Les instruments doivent mesurer en continu durant au moins sept jours (168 heures). La mesure peut être effectuée indépendamment de la saison, c'est-à-dire également en dehors de la période de chauffage du bâtiment.

¹ La liste peut être consultée à l'adresse suivante : <http://legnet.metas.ch/legnet2/Eichstellen/certsearch/internal/action-e-tlang&lang=fr>.

Des protocoles de mesures prescrits

	Locaux d'habitation	Écoles/jardins d'enfants	Postes de travail	Postes de travail exposés au radon
Valeurs légales	Niveau de référence de 300 Bq/m ³		- Niveau de référence de 300 Bq/m ³ - Valeur de seuil de 1000 Bq/m ³ - Dose efficace des travailleurs de 10 mSv/an	
Organisation	Envoi par la poste possible	Le service de mesure place lui-même les instruments de mesure		
Nombre minimal de mesures	Au minimum 2 pièces habitées séparées	Si possible tous les locaux du sous-sol et du rez-de-chaussée régulièrement occupés plusieurs heures par jour (mais au minimum 50% de ces locaux).		
Durée minimale de mesure	Au minimum 90 jours entre octobre et mars (mesure sur 1 année recommandée)	Au minimum 90 jours entre octobre et mars	Au minimum 30 jours entre avril et septembre <u>et</u> 30 jours entre octobre et mars	
Séjour de personnes	Durée d'occupation par semaine			Durée annuelle d'occupation
Résultat de mesure	Concentration de radon [Bq/m ³]		- Concentration de radon [Bq/m ³] - Si concentration de radon >1000 Bq/m ³ : calcul de la dose efficace des travailleurs [mSv/an]	
Assurance qualité	- Élaboration d'une stratégie d'assurance qualité - Entreposage des dosimètres dans un local à faible concentration de radon (<100 Bq/m ³)			
Base de données du radon	Introduction des données dans les deux mois après la fin de la mesure			
Conflit d'intérêts	Le service de mesure n'assure pas la mesure de contrôle de son propre assainissement			

Systèmes de mesure homologués par METAS

Dosimètres à radon	Appareils de mesure du radon
	
Mesures comparatives chaque 2 ans	Vérification chaque 4 ans

[RS 941.210.5 - Ordonnance du DFJP du 7 décembre 2012 sur les instruments de mesure des rayonnements ionisants \(OIMRI\) \(admin.ch\)](#)

Services techniques radon et consultants radon formés



Joëlle Goyette Pernot
www.croqair.ch



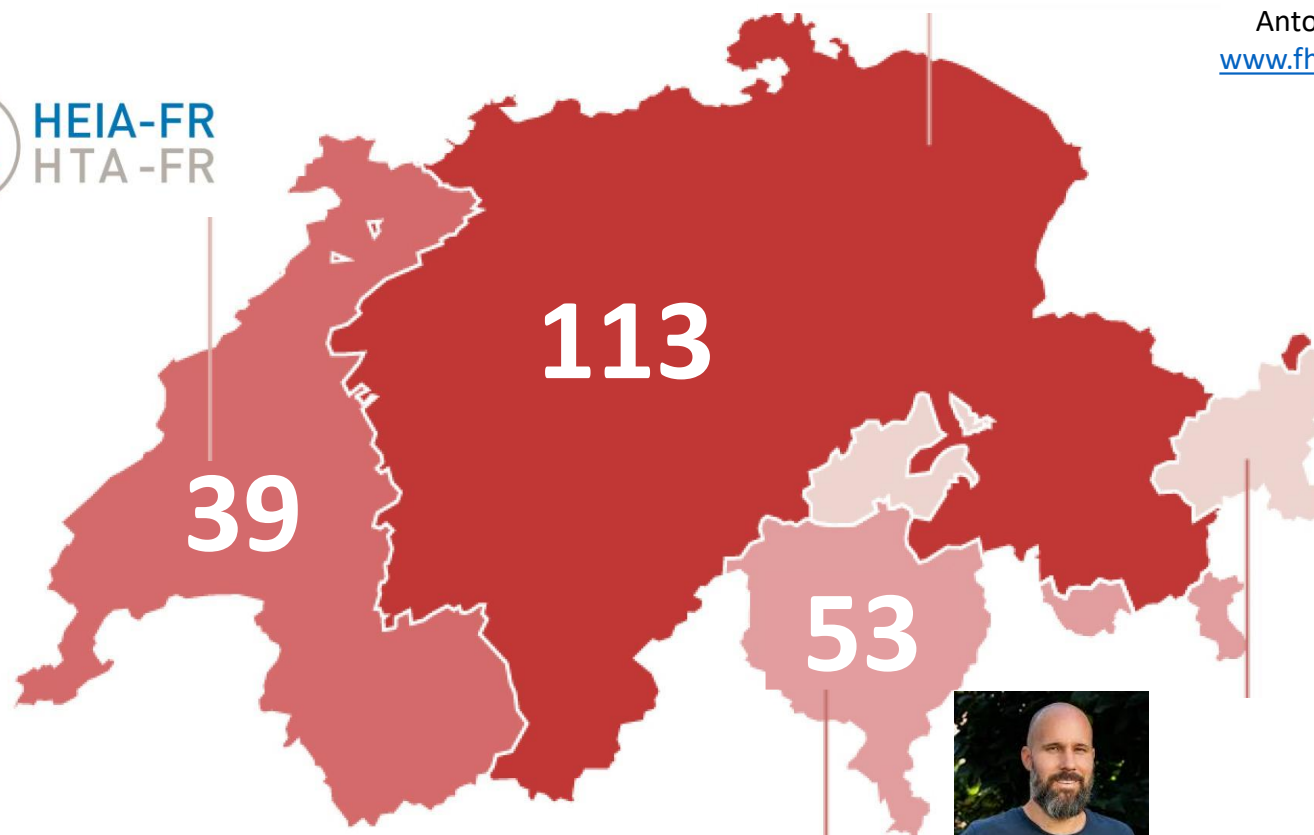
HEIA-FR
HTA-FR

n|w

University of Applied Sciences and Arts
Northwestern Switzerland



Antoine Geiser
www.fhnw.ch/radon



University of Applied Sciences and Arts
of Southern Switzerland

SUPSI

Luca Pampuri
www.radon.supsi.ch

	Conseil	Conseil et travaux
DE	54%	46%
FR	74%	26%
IT	43%	57%

Formation des professionnels du radon

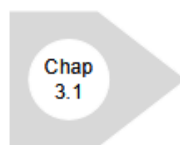
- Conformément à l'art. 161 de l'ORaP, les consultants en radon accompagnent et conseillent les propriétaires de bâtiments, les maîtres d'ouvrage et les spécialistes de la construction dans le cadre des **mesures constructives préventives** contre le radon et de l'**assainissement des bâtiments existants** exposés au radon lors de **rénovations, transformations** voire **assainissements énergétiques**.
- Ils tiennent compte de l'état de la technique.
- L'OFSP publie sur son site Internet une liste des consultants en radon actifs en Suisse à jour de leur formation et formations continues.
- Ils connaissent l'état de la technique de construction des bâtiments, peuvent analyser le rôle des éléments de construction déterminants vis-à-vis du radon dans les bâtiments, peuvent évaluer les risques de différentes interventions sur la physique globale du bâtiment et sont en mesure d'effectuer et d'évaluer des mesures de radon.
- Les consultants en radon conseillent également les directions de travaux. Selon leur formation préalable, ils peuvent également assumer des fonctions de direction de chantier.

[Notice pour l'intervention de consultants en radon](#)

Un concept harmonisé pour la formation des consultants radon – 2024

- Radon et radioprotection
- Radon et géologie
- Mesurer le radon
- Le radon en Suisse et à l'international
- Le radon et l'architecture
- Le radon et le droit
- Physique du bâtiment

Conditions d'admission



Introduction/
Informations

Chap
3.2

1 Jour

Connaissances de
base
(autoapprentissage,
blended learning)

Chap
3.3

3 Mois

Examen
connaissances de
base

Chap
3.4

1 heure

Formation de
consultant(e)
radon RFP

Chap
3.5

3, ev. 4
Jour

Examen final

Chap
3.6

2 heures

Contenu des
connaissances de base
disponible sur MOODLE

Examen individuel
organisé en présentiel
ou par internet

L'Ordonnance sur la formation en radioprotection fixe à **32 leçons** de 45 min la durée minimale d'enseignement.

- 2/3 consacrées à la théorie
- 1/3 à la pratique avec un minimum de 16 à 24 heures de théorie et de 8 à 16 heures de terrain/pratique.

[Concept pour la formation et la formation continue des consultant\(e\)s en radon \(PDF, 659 kB, 10.06.2024\)](#)



DIU franco-Suisse radon et QAI



Camp de terrain Montbéliard, France, 2023



Camp de terrain Ballaigues, Suisse, 2024

Thèmes abordés

La formation est composée de 9 unités d'enseignement (UE) correspondant à des thématiques particulières :

- UE 1 :** Introduction à la construction et notions de base de physique du bâtiment – 6h (distanciel)
- UE 2 :** Polluants de l'air intérieur : causes et effets sur la santé et la durabilité de l'environnement bâti – 6h (distanciel)
- UE 3 :** Allier efficacité énergétique et santé dans le bâtiment – 6h (distanciel)
- UE 4 :** Géologie et méthodes de mesures adaptées à la problématique du radon dans divers environnements (air intérieur, eau et terrain) – 6h (distanciel)
- UE 5 :** Réglementation et contexte juridique – 6h (distanciel)
- UE 6 :** Prendre en compte le radon et assurer une bonne qualité de l'air dans le bâtiment neuf – 6h (distanciel)
- UE 7 :** Assainissement radon dans le bâtiment existant – 6h (distanciel)
- UE 8 :** Camp de terrain – 16 h (présentiel)
- UE 9 :** Projet d'expertise radon et QAI – 3h d'accompagnement par participant (distanciel)
- Examens :** 2h écrits + 30 minutes oral (présentiel)

La formation peut être suivie :

En cycle complet : pour acquérir une expertise pointue sur la problématique du radon et de la qualité de l'air intérieur

En cycle allégé : en fonction du profil et du parcours professionnel de la participante ou du participant

En formation courte modulaire : une ou plusieurs UE sont suivies indépendamment, sans objectif d'obtention du DIU

Conditions d'admission

Les personnes souhaitant suivre cette formation doivent avoir suivi l'un ou l'autre des cursus suivants :

Diplôme de Bachelor / Licence, d'une haute école spécialisée ou d'une université, dans le **domaine de la construction** ou dans un **domaine lié à la technique du bâtiment** ou autre **domaine scientifique**

Apprentissage sanctionné par un diplôme dans le **domaine de la construction** ou dans un domaine technique du bâtiment.



Calendrier de la formation 2025

- **UE1 :** 14 et 21 mars (matin)
- **UE5 :** 24 mars (après-midi pour la réglementation française)
- **UE5 :** 4 avril (matin pour la réglementation suisse)
- **UE2 :** 16 et 23 mai (matin)
- **UE3 :** 6 et 13 juin (matin)
- **UE4/UE6 :** 27 juin et 4 juillet (journée)
- **UE7 :** 19 septembre (journée)
- **UE8 :** 26 septembre (matin pour la partie chiffrage)
- **UE8 :** 3 et 4 octobre pour le camp de terrain
- **Examens :** 07 ou 14 novembre

Contacts

Informations et dépôt de dossier de candidature :

IUT Nord Franche-Comté
Nadine Bouvier : +33 3 81 99 46 02
nadine.bouvier@univ-fcomte.fr

Questions administratives et financières :

Service formation continue et alternance
Alvina Margot : +33 81 66 61 22
alvina.margot@univ-fcomte.fr

Contacts pédagogiques :

IUT Nord Franche-Comté 
Régine Gschwind : +33 3 81 99 46 75
regine.gschwind@univ-fcomte.fr

Haute Ecole d'Ingénierie et d'Architecture de Fribourg 

Joëlle Goyette Pernot : +41 26 429 66 65 (direct)
joelle.goyette@hefr.ch

Outils à disposition

Fiches individuelle

Les fiches individuelles peuvent être téléchargées directement. Nous rappelons que dans la [partie introductive](#) des informations importantes sont fournies afin de mieux comprendre le contenu technique des différents documents. En particulier, les codes de lecture des détails techniques et des cartes radar sont décrits, ainsi que la procédure à suivre grâce à un schéma récapitulatif, et le sujet est introduit grâce à un glossaire spécifique.

Prévention

- [P1 Ventiler et assurer un air intérieur de bonne qualité – Points de vigilance vis-à-vis du radon](#)
- [P2 Limiter l'infiltration du radon dans les bâtiments – Assurer l'étanchéité à l'air des surfaces bâties en contact avec le terrain](#)
- [P3 Mettre le terrain sous le bâtiment en dépression – Drainer le radon](#)

www.radonsolutions.ch

Remédiation

- [R1 Ventiler et assurer un air intérieur de bonne qualité – Points de vigilance vis-à-vis du radon](#)
- [R2 Limiter l'infiltration du radon dans les bâtiments – Assurer l'étanchéité à l'air des surfaces en contact avec le terrain](#)
- [R3 Limiter le transfert du radon vers les espaces de vie – Compartimenter les espaces](#)
- [R4 Ventiler la cave et autres mesures](#)
- [R5 Ventiler le vide sanitaire et autres mesures](#)
- [R6 Mettre le terrain sous le bâtiment en dépression – Le puisard radon](#)
- [R7 Mettre le terrain sous le bâtiment en dépression – Drainage radon ou nouveau vide sanitaire](#)

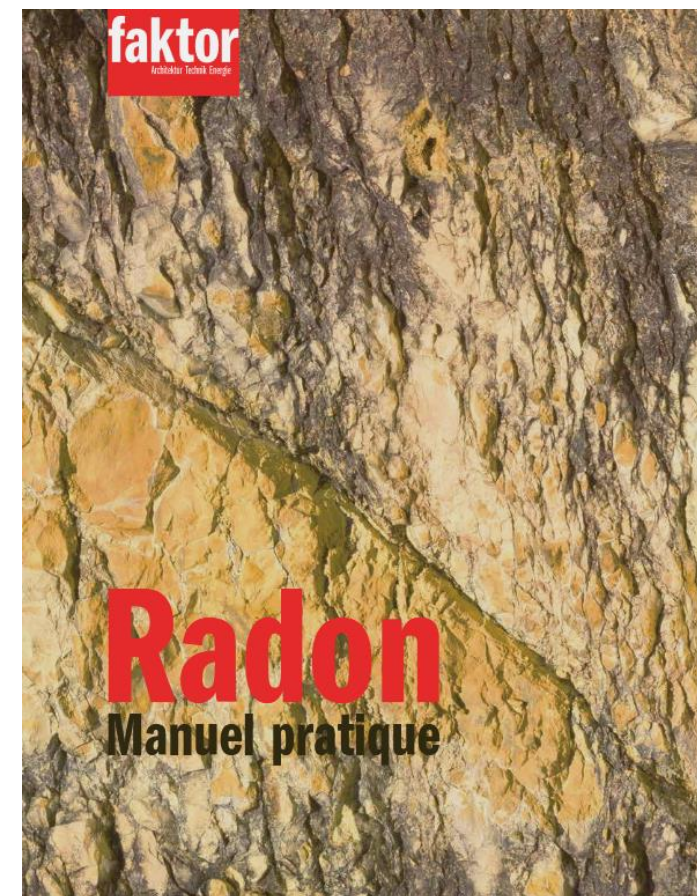
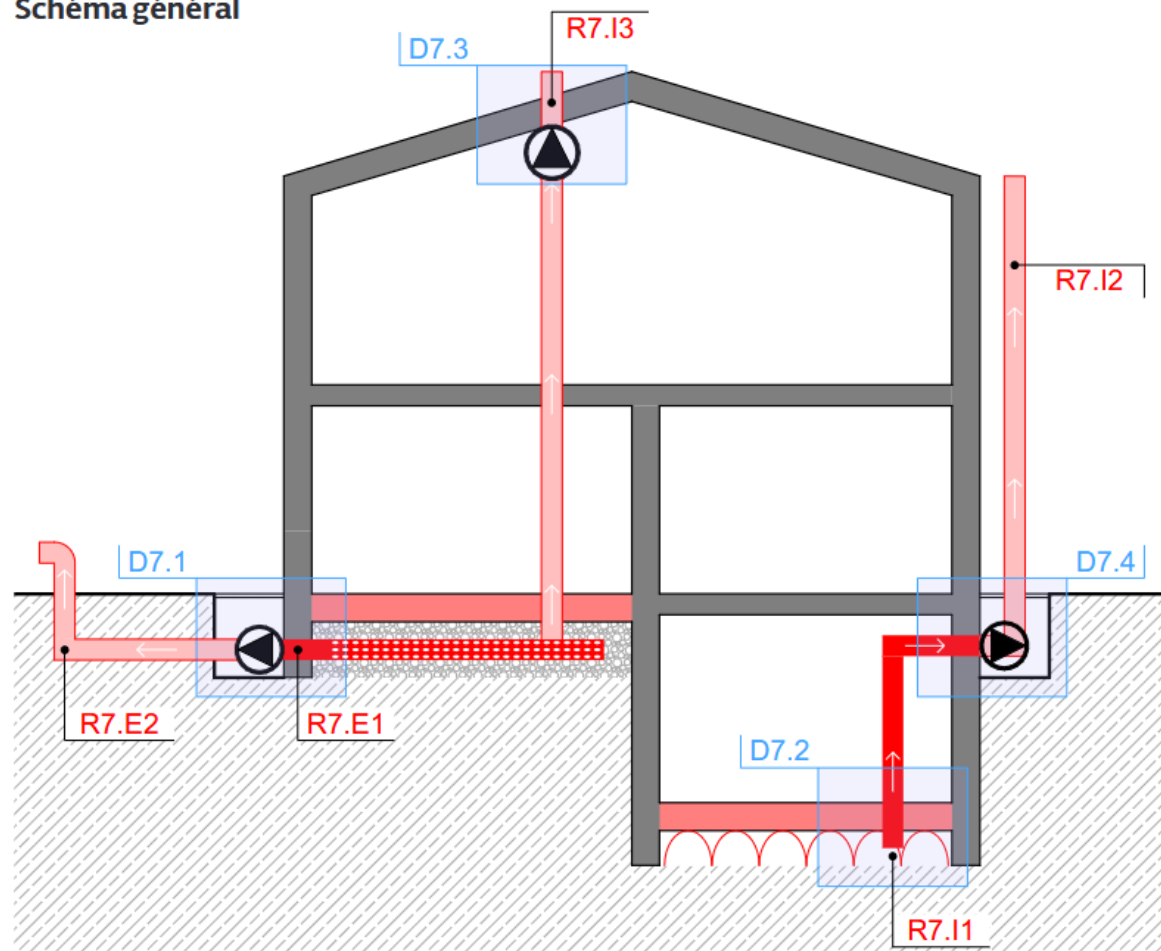


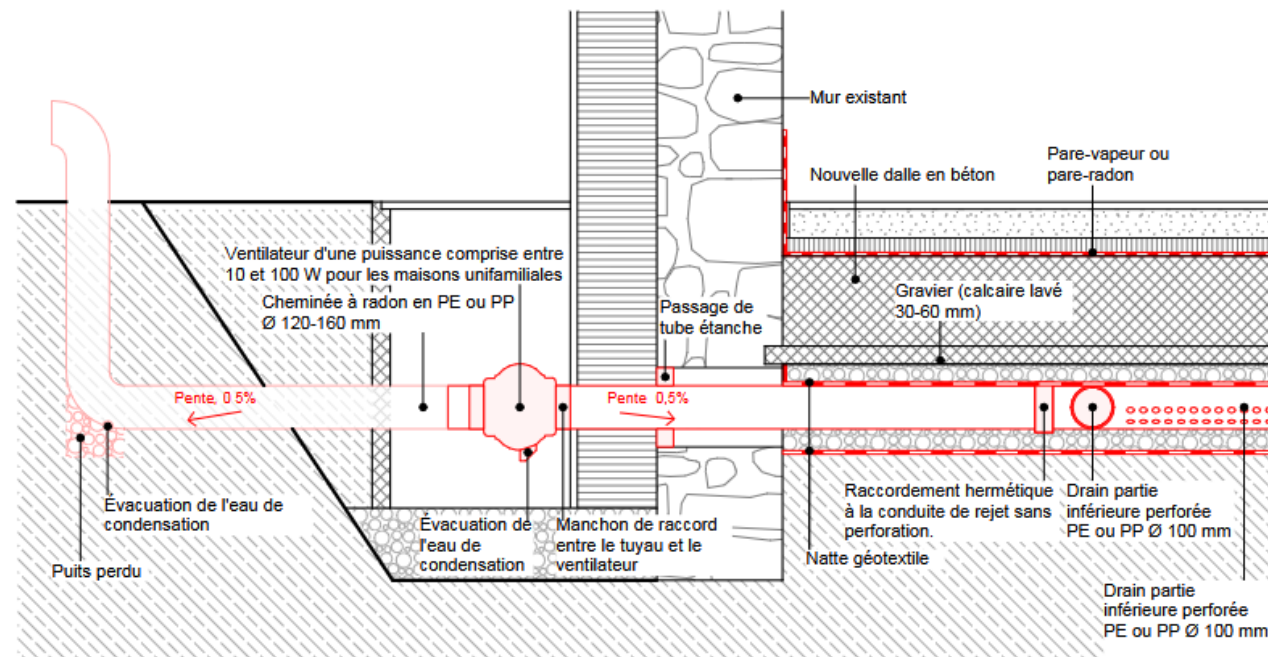
Schéma général



R7.E2 Drainage du radon avec nouvelle dalle de plancher et évacuation dans le jardin

Dans les cas où il n'est pas possible de libérer immédiatement l'air contaminé dans le regard et où il n'est pas pratique d'installer la canalisation jusqu'au toit, il est possible de prolonger la canalisation horizontalement à travers le sol de la propriété jusqu'à une zone sûre. Cette solution peut être appliquée pour le drainage intérieur et extérieur du radon. Cette extension peut également être utilisée pour le cas R7.I1.

D7.1 Pose du drainage dédié pour le radon dans un lit de gravier et sortie avec extension dans le jardin





Performance evaluation of radon active sensors and passive dosimeters at low and high radon concentrations

Joan F. Rey^{a,b,*}, Nicolas Meisser^c, Dusan Licina^b, Joëlle Goyette Pernot^d

^a Transform Institute, Western Switzerland Center for Indoor Air Quality and Radon (croqAIR), School of Engineering and Architecture of Fribourg, HES-SO University of Applied Sciences and Arts Western Switzerland, Switzerland

^b Human-Oriented Built Environment Lab, School of Architecture, Civil and Environmental Engineering, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Switzerland

^c Muséum Cantonal des Sciences Naturelles, Geology Department, Anthropole Building, UNIL – Chamberonne, University of Lausanne, Switzerland

ARTICLE INFO

Keywords:
Radon measurements
Performance comparison
Sensor grades
Passive dosimeters

ABSTRACT

Radon is a naturally occurring radioactive gas that has the potential to accumulate in buildings and over time, causes lung cancer in humans. Present methods for radon measurements are disparate, which pose challenges to benchmark radon concentrations and to accurately assess the population's received dose. This paper presents a comprehensive performance evaluation of radon dosimeters and three grades of active radon sensors: consumer-, medium- and research-grade. The measurements were performed at relatively low (300 Bq/m³) and high (2'000–3'000 Bq/m³) radon levels. Tests were conducted in an atomic shelter, with stable temperature and humidity conditions. The active sensors differed in absolute accuracy and dynamic performance (time-dependent correlations) according to their grade. Research-grade sensors performed marginally better than medium-grade sensors, and significantly better than consumer-grade sensors. Relative to the reference, the error (percentage difference between the reference and the sensors) was below 5 % for research- and medium-grade sensors, and nearly 10 % for consumer-grade sensors at high radon levels. Performance of sensors diminished at low radon levels, except for research-grade sensors. Passive dosimeters generally performed better at high radon levels than at low ones. Their longer exposure time was associated with increased measurement reliability. These results highlight the need for understanding the purpose of measurements in order to select an adequate radon detector, and ultimately, reduce measurement and interpretation errors. This study raises awareness among researchers, radon professionals and the general public regarding the performances of different active radon sensors and passive dosimeters. It also sheds light on their respective scope of application.

<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.111154>

1. Introduction

People in developed countries spend ~90 % of their time indoors [1]. During this time, they are exposed to myriad of air pollutants, many of which are linked to deleterious health consequences. Among the overabundance of substances present in indoor air, radon, a natural radioactive noble gas is a major public health concern [2,3]. Radon's lacks of color, odor and smell makes it imperceptible to building occupants [4]. World Health Organization (WHO) [4] provides guidelines for developing national action plans, with the most important measure being the establishment of a reference value of 100 Bq/m³. If this level cannot be reached due to a higher radon prevalence, the reference value is set to 300 Bq/m³. For instance, the arithmetic means of indoor radon levels in

countries such as the Netherlands, Denmark, and Norway, are 16, 53 and 89 Bq/m³, respectively, and are therefore using 100 Bq/m³ reference level. Conversely, arithmetic means of radon concentrations in Switzerland, France and Brazil reach 75, 92 and 100 Bq/m³, respectively, where the reference value is set at 300 Bq/m³ [4,5].

Inhalation of radon and its progeny strongly affects the human respiratory system. With a half-life of 3.8 days, radon (²²²Rn) undergoes in a very short time three alpha and two betas-minus decays to form solid daughters, known as inhalable daughters (²¹⁸Po, ²¹⁴Pb, ²¹⁴Bi, ²¹⁴Po, ²¹⁰Pb) [6]. Consequently, inhaling the air containing radon and its short-lived progeny result into an accumulation of solid radon daughters in the lungs. The energy released by radon decays in the human lungs damages cellular DNA, thereby promoting the development of

* Corresponding author. Transform Institute, Western Switzerland Center for Indoor Air Quality and Radon (croqAIR), School of Engineering and Architecture of Fribourg, HES-SO University of Applied Sciences and Arts Western Switzerland, Switzerland.
E-mail address: joan.rey@epfl.ch (J.F. Rey).

<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.111154>

Received 17 September 2023; Received in revised form 21 November 2023; Accepted 27 December 2023

Available online 9 January 2024

0360-1323/© 2024 The Author(s). Published by Elsevier Ltd. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



OPEN ACCESS

EDITED BY
Fabrizio Ambrosino,
University of Campania Luigi Vanvitelli, Italy

REVIEWED BY
Mumtaz Ali Khan,
Bahria University, Pakistan
Mostafa Youssef Abdelbatah Mostafa,
Minia University, Egypt

*CORRESPONDENCE
Joan F. Rey,
joan.rey@epfl.ch

RECEIVED 26 March 2024
ACCEPTED 18 April 2024
PUBLISHED 08 May 2024

CITATION
Rey JF, Meisser N, Licina D and Goyette Pernot J
(2024). Evaluating the impact of indoor aerosols
on the performance of real-time radon sensors.
Front. Built Environ. 10:1407499.
doi: [10.3389/fbuil.2024.1407499](https://doi.org/10.3389/fbuil.2024.1407499)

COPYRIGHT
© 2024 Rey, Meisser, Licina and Goyette Pernot.
This is an open-access article distributed under
the terms of the [Creative Commons Attribution
License \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). The use, distribution or
reproduction in other forums is permitted,
provided the original author(s) and the
copyright owner(s) are credited and that the
original publication in this journal is cited, in
accordance with accepted academic practice.
No use, distribution or reproduction is
permitted which does not comply with these
terms.

Evaluating the impact of indoor aerosols on the performance of real-time radon sensors

Joan F. Rey^{1,2*}, Nicolas Meisser³, Dusan Licina² and
Joëlle Goyette Pernot¹

¹Western Switzerland Center for Indoor Air Quality and Radon (croqAIR), Transform Institute, School of Engineering and Architecture of Fribourg, HES-SO University of Applied Sciences and Arts Western Switzerland, Fribourg, Switzerland, ²Human-Oriented Built Environment Lab, School of Architecture, Civil and Environmental Engineering, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Lausanne, Switzerland, ³Muséum Cantonal des Sciences Naturelles, Geology Department, UNIL – Chamberonne, University of Lausanne, Lausanne, Switzerland

Radon, a naturally occurring radioactive gas, poses a significant health risk by accumulating in buildings and potentially leading to lung cancer. Depending on building construction and geographical location, radon levels can vary substantially both within individual buildings and between different buildings. While previous studies have primarily focused on the impact of temperature and relative humidity on radon devices, the influence of aerosols remains largely unexplored. This paper presents a comprehensive evaluation of the influence of indoor aerosol sources on the performance of real-time radon sensors, encompassing consumer, medium, and research-grade devices. Measurements were performed at relatively low (500 Bq/m³) and high (2'000–3'000 Bq/m³) radon levels in a controlled environment—a stable atomic shelter with constant temperature and humidity conditions. Six different aerosols sources were introduced to produce aerosols of different sizes and concentrations. The results suggest that the tested indoor aerosols did not significantly influence the performance of radon devices, irrespective of their grade or detection method. Consequently, sensor performance and the radon levels being investigated may exert a more significant influence on the obtained results than aerosol levels alone. This paper provides valuable insights into the influence of indoor environment on the performance of radon measuring devices, underscoring the importance of understanding their utility and application scope for researchers, professionals, and the general public alike.

KEYWORDS

radon measurements, indoor aerosol sources, performance comparison, sensor grades, radon detection methods, controlled environment

1 Introduction

Western population spends on average 90% of their time indoors, which underlines the critical importance of indoor air quality (IAQ) (Klepeis et al., 2001). Among the myriad of pollutants present in indoor air, radon is of particular concern due to its noble, natural, and radioactive properties and capability of accumulating indoors (World Health Organization, 2009). Prolonged exposure to radon has been linked to an increased risk of lung cancer, contributing globally to 3%–14% of all lung cancer cases, depending on national average radon level and smoking prevalence (World Health Organization, 2023). Consequently,

<https://doi.org/10.3389/fbuil.2024.1407499>

Évaluer le risque radon (Projet EVAL2Rn 2024-2026)

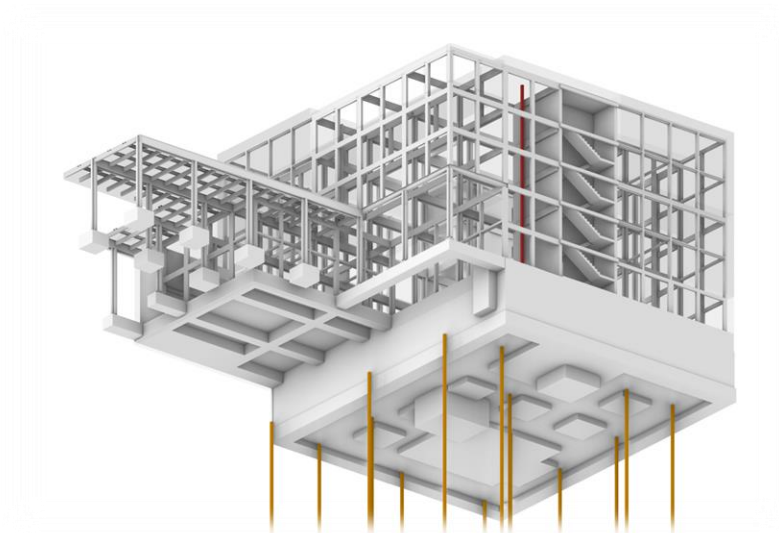
Objectifs

- Fournir un outil numérique d'aide à la gestion et à la décision relatifs au risque radon.
- Anticiper et opérationnaliser les processus et les moyens de mise en œuvre de mesures constructives adaptées au risque radon identifié.

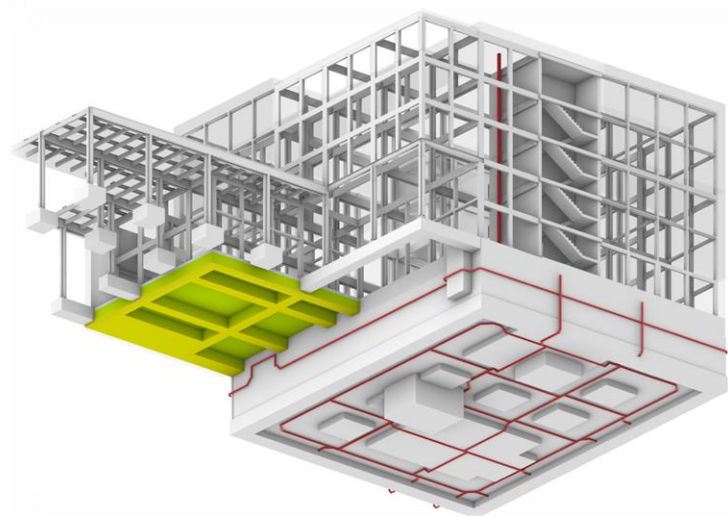
Moyens

- Collection de données issues de facteurs environnementaux et de paramètres liés à la nature et à l'usage du bâtiment
- Inclusion de modèles prédictifs issus du Machine Learning complétant et allant au-delà des approches statistiques classiques

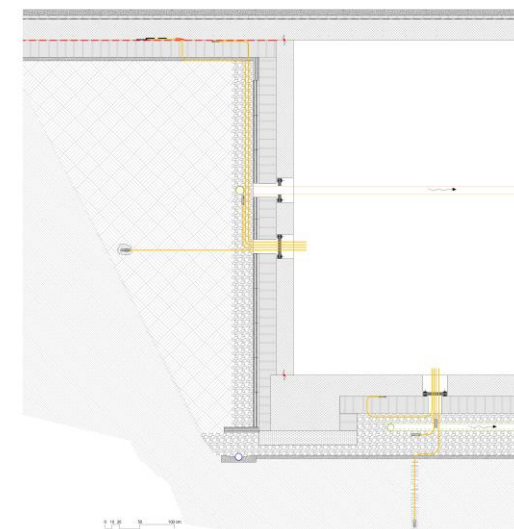
Géothermie et radon (Projet RnSLL2022-2027)



14 sondes géothermiques sous le bâtiment pour le chauffage basse température à Fribourg.
Profondeur des sondes géothermiques : 250m



Objectif : $<100 \text{ Bq/m}^3$ dans le bâtiment
Membrane étanche au radon installée sous le bâtiment (jaune) 380m^2
Béton étanche (sans autre membrane étanche ou peinture)
Drainage du radon (rouge) 775m^2

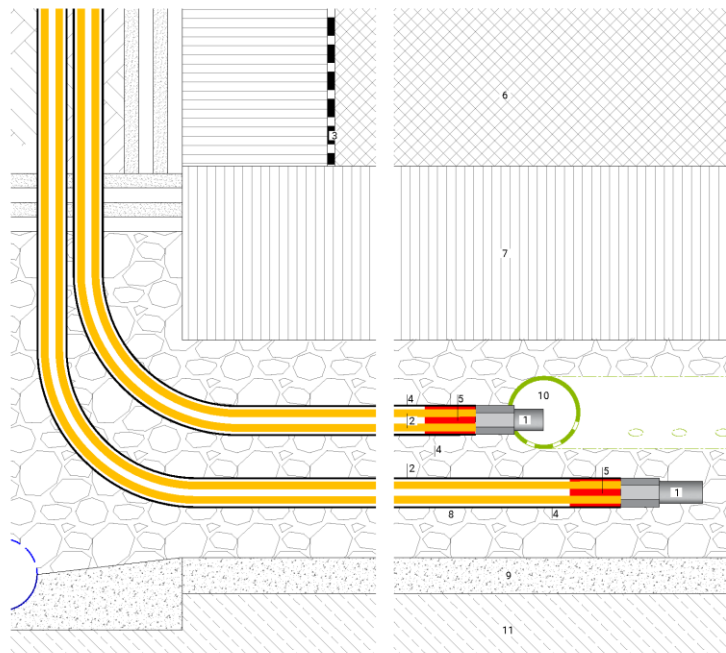


Pour mieux comprendre la dynamique du radon, le bâtiment sera équipé de 100 capteurs de détection sous le bâtiment et dans son enveloppe en contact avec le terrain :

1. Drainage du radon – lit de gravier
2. Drainage du radon – drain
3. Sonde géothermique
4. Isolation thermique
5. Membrane étanche au radon
6. Sol naturel ou sol de remblai
7. Cheminée d'extraction du radon



Géothermie et radon (Projet RnSLL2022-2027)



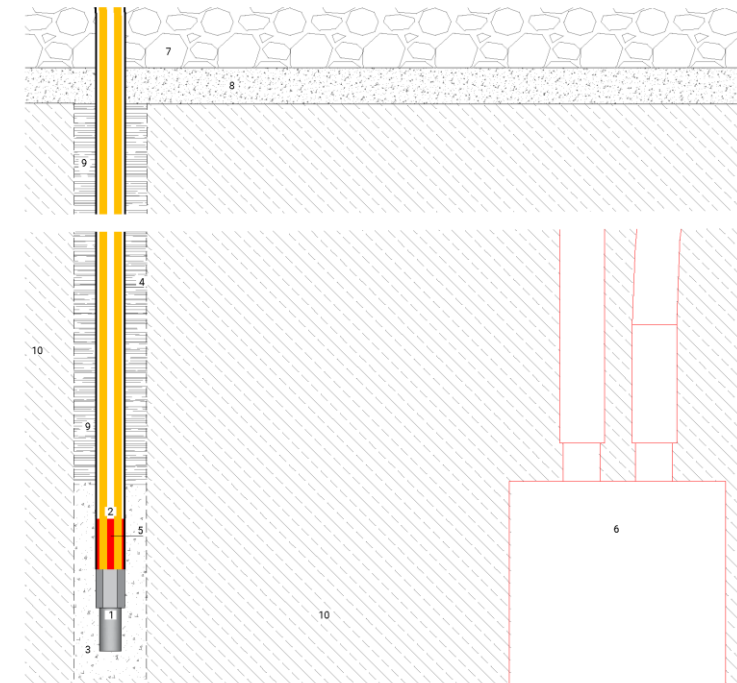
Coupe

1. Capteur radon en acier sinterisé
2. Tube synthétique ou acier inoxydable pour sonde radon
3. Colle pour isolation
4. Gaine de protection dans remblais
5. Mastic pour éviter le transfert de gaz dans la gaine
6. Radier en béton étanche selon norme SIA 272 (cuvre blanche)
7. Isolation
8. Gravier drainant avec drainage à radon
9. Béton de propreté
10. Tube HDPE perforation vers le bas
11. Terrain

Ø 40 mm h 80mm

300-400 mm

Ø 125-160 mm



Coupe

1. Capteur radon en acier sinterisé
2. Tube synthétique ou acier inoxydable pour sonde radon
3. Colle pour isolation
4. Gaine de protection dans remblais, tube PP
5. Mastic pour éviter le transfert de gaz dans la gaine
6. Tête sonde géothermique
7. Gravier drainant avec drainage à radon
8. Béton de propreté
9. Kaolinite
10. Terrain / remblais

Ø 40 mm h 80mm

h 300 mm

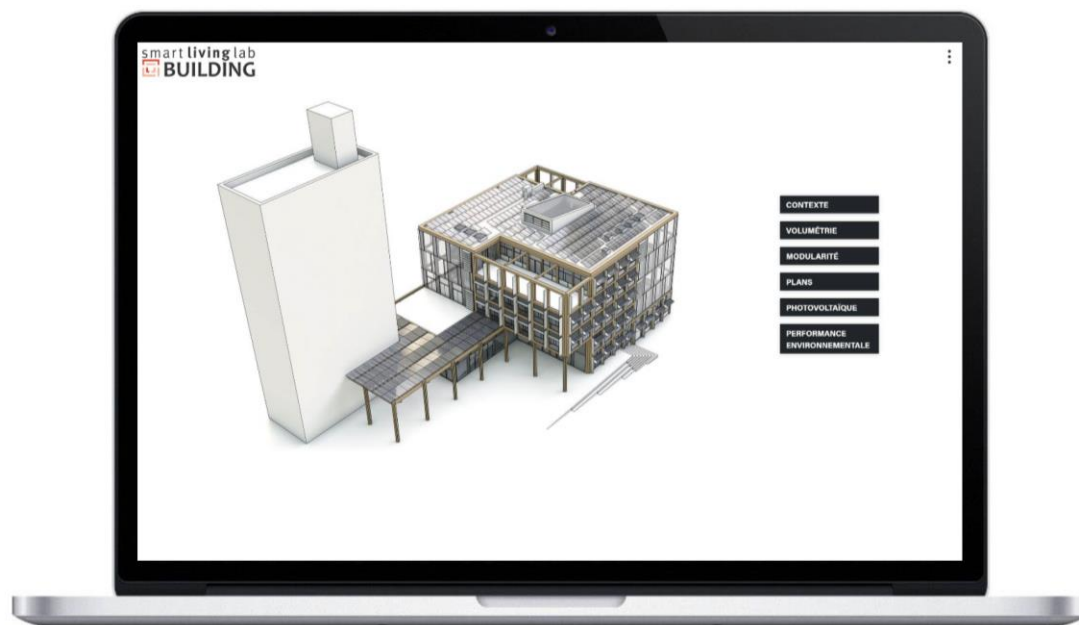
Ø 20 mm

300-400 mm

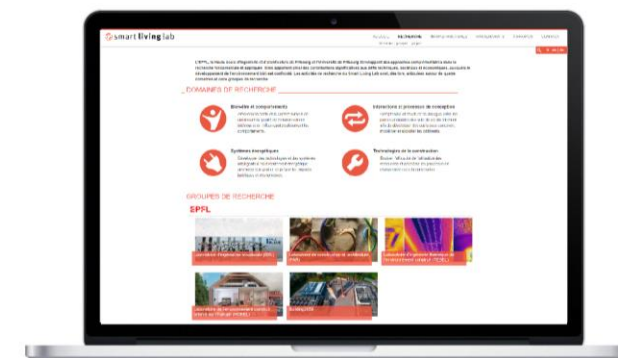
Capteur radon pour tête de sonde géothermique

Le capteur est placé à une distance de 50 à 100 cm et à la même altitude que de la tête du puits géothermique. Pour protéger la tête de la sonde, elle est entourée de sable silencieux sur une hauteur de 20 à 30 cm. En dessus du capteur radon, le forage est colmaté avec de la kaolinite pour éviter les transferts de gaz entre les différentes couches géologiques.

Géothermie et radon (Projet RnSLL2022-2027)



<https://building.smartlivinglab.ch/>



<https://www.smartlivinglab.ch/>





Haute école d'ingénierie et d'architecture Fribourg
Hochschule für Technik und Architektur Freiburg

Hes·so

TRANSFORM

Transform Institute
Heritage, Construction and Users

Merci de votre attention



Dr Joëlle Goyette Pernot
Professeur et déléguée radon de l'OFSP pour la Suisse romande
Haute école d'ingénierie et d'architecture de Fribourg
80 boulevard de Pérolles 80
1700 Fribourg
joelle.goyette@hefr.ch
tel : +41 26 429 66 65