RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

Cerema
CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN

EXPERTISE TECHNIQUE RADON

Bureau du barragiste - Barrage de Settons (58)



Cerema

RAPPORT D'ETUDE

Décembre 2024

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

Cerema
CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN

Le Cerema est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique, présent partout en métropole et dans les Outre-mer grâce à ses 26 implantations et ses 2 400 agents. Détenteur d'une expertise nationale mutualisée, le Cerema accompagne l'État et les collectivités territoriales pour la transition écologique, l'adaptation au changement climatique et la cohésion des territoires par l'élaboration coopérative, le déploiement et l'évaluation de politiques publiques d'aménagement et de transport.

Doté d'un fort potentiel d'innovation et de recherche incarné notamment par son institut Carnot Clim'adapt, le Cerema agit dans 6 domaines d'activités : Expertise & ingénierie territoriale, Bâtiment, Mobilités, Infrastructures de transport, Environnement & Risques, Mer & Littoral.

Site web : www.cerema.fr

Expertise technique radon

Bureau du barragiste - Barrage de Settons

Commanditaire : DDT 58

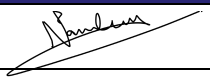
Auteur : Catherine Nauleau

Responsable du rapport

Catherine NAULEAU – Agence d'Autun – Groupe Bâtiment
Tél. : +33(0)6 99 13 25 38
Courriel : **catherine.nauleau@cerema.fr**
Adresse : 1 BD Giberstein 71400 Autun

Références

N° d'affaire : 24-CE-0282

Nom	Service	Rôle	Date	Visa
NAULEAU Catherine	Agence d'Autun, Groupe Bâtiment	**Auteur principal**	20/12/24	
BOITHIAS Florent	Agence d'Autun, Groupe Bâtiment	Relecteur		

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté Égalité Fraternité

Cerema
CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN

Sommaire

1 Synthèse des actions correctives proposées 5
2 Contexte de l'intervention 6
2.1 Description du bâtiment 6
2.2 Exigences réglementaires applicables 8
2.3 Historique de la gestion réglementaire du radon du bâtiment 8
3 Objectifs et méthodologie de l'expertise Cerema 9
3.1 Identifier les points d'entrée du radon dans le bâtiment 9
3.2 Evaluer le renouvellement de l'air 10
4 Résultats de l'expertise du bâtiment 12
4.1 Des voies d'entrée de radon importantes 12
4.2 Un système de ventilation non fonctionnel et qui cumule le radon 14
5 Actions correctives proposées 16
5.1 Traiter les voies d'entrées du radon 16
5.2 Diluer le radon en installant un système de ventilation adapté 16
5.2.1 Climatisation : 17
5.2.2 Système de ventilation mécanique : 17
6 Solutions de prévention dans le futur atelier 18
6.1 L'étanchement de l'interface sol/bâti en mettant en œuvre une membrane spécifique radon étanche 19
6.2 La ventilation mécanique et permanente du volume occupé 20
6.3 Installer un système de drainage du radon et augmenter la ventilation naturelle du sous-sol 20
Annexe A – Comment le radon pénètre-t-il dans les bâtiments ? 22
Annexe B – Comment mesure-t-on le radon dans le bâtiment ? 22
Annexe C – Débits de ventilation réglementaires (tertiaire) 22

1 SYNTHESE DES ACTIONS CORRECTIVES PROPOSEES

Étanchement	Réaliser les travaux d'étanchement préconisés dans le paragraphe 5.1
Ventilation	Installer un système de ventilation mécanique adapté (Ventilation mécanique par insufflation ou ventilation mécanique contrôlé en double-flux décentralisé)

Suite à la mise en œuvre de tout ou partie des travaux de remédiation préconisés, un **mesurage de l'activité volumique du radon devra être réalisé pour vérifier leur efficacité**. Il devra être réalisé dans des conditions d'occupation et de chauffe similaire au dépistage initial. Une distance de 20 cm des murs devra être respectée pour la pose des dosimètres.

Tous les travaux ultérieurs ayant un impact sur l'enveloppe ou la ventilation du bâtiment devront être suivis d'une nouvelle mesure de l'activité volumique en radon dans les mêmes conditions. L'objectif est de s'assurer que ces travaux n'ont pas de conséquence préjudiciable sur la problématique radon.

2 CONTEXTE DE L'INTERVENTION

La commune de Montsauche-les-Settons où est construit le barrage des Settons fait partie des communes à potentiel radon élevé (zone 3, cf. arrêté du 27 juin 2018 portant délimitation des zones à potentiel radon du territoire français).

Mme Allo, référente en charge des ouvrages hydrauliques à la DDT 58, a fait réaliser une campagne de mesurage du radon dans les différents locaux de travail du site du barrage de Settons. Ces mesures ont été réalisé dans des locaux techniques du barrage, dans le bureau occupé par le barragiste et dans ses ateliers et en préventif dans les futurs locaux du barragiste. Ces mesurages du radon ont été réalisés dans le cadre de l'évaluation du risque radon prévue dans la réglementation du Code du Travail.

Les mesurages ont été réalisés en auto-mesurage du 23/07/2024 au 26/09/2024. Cette période de mesure n'est pas réglementaire mais a été réalisée à titre préventif.

Les résultats de ces mesurages ont montré la présence de plusieurs locaux de travail dont les résultats sont supérieurs au niveau de référence de 300 Bq.m^3.

Conformément à la réglementation[1], l'employeur met en œuvre des mesures de réduction des risques pour diminuer l'exposition au radon des travailleurs. Elle consiste à améliorer l'étanchéité du bâtiment vis-à-vis des points d'entrée du radon et augmenter le renouvellement de l'air des locaux.

C'est dans ce cadre que Mme Allo a fait appel au Cerema pour l'accompagner dans la gestion du risque radon dans son bâtiment. L'expertise technique du site a eu lieu du 29 novembre 2024.

2.1 Description du bâtiment

Informations sur le bâtiment	Le barrage des Settons a été construit en 1854 pour permettre l'acheminement des buches en bois vers Paris et pour réguler les débits des cours d'eau en amont de la capitale. L'activité de flottage s'est arrêtée à la fin du 19ème siècle. Au début du 20ème siècle, l'activité touristique autour du lac des Settons prend de l'ampleur. Ainsi le bâtiment étudié a été construit pour servir de sanitaires publics.  *Figure 1 : Vue en plan du bâtiment (Google map)* Il a été rénové en 2011 pour devenir le bureau du barragiste. Certaines arrivées et départs des eaux usées ont été conservées pour celles de la partie salle d'eau de l'actuel bâtiment. Le type d'assainissement du bâtiment n'est pas connu. Le bâtiment ne présente pas de fondation et est construit sur terre-plein.

[1] Article R 4451-18 du code du travail

Le local est composé de deux pièces séparées par une porte coulissante. Une salle d'eau de ~~11~~ m² légèrement surélevée pour le passage des conduites d'eau et un bureau de ~~16~~ m², pour un volume total de ~~71,5~~ m³. La salle d'eau est pourvue d'une douche, d'une cuvette de toilette, d'un évier, d'un robinet mural et d'un siphon de sol.

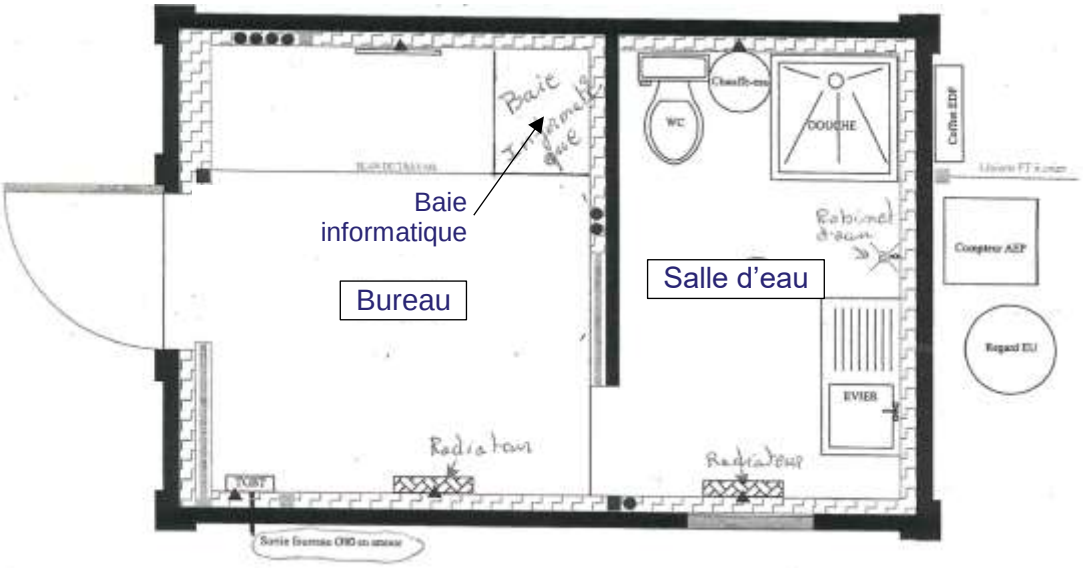


Figure 2 : Vue en plan du bâtiment (DDT 58)



Figure 3 : Pignon nord du bâtiment côté bureau (Cerema)



Figure 4 : Bureau (Cerema)

Les murs du bâtiment sont composés de briques doublées par du placoplâtre. Du carrelage est posé au sol.

Les arrivées d'eau, d'électricité et de télécommunication se font au niveau du sol. Une baie informatique est installée dans le bureau et sert de stockage de données.

	Chauffage : Le chauffage est assuré par des convecteurs électriques réglés sur thermostat (18°C). **Traitement de l'air :** Un caisson de ventilation mécanique, installée dans les combles, extrait l'air au niveau de deux bouches, l'une installée au-dessus de la baie informatique dans le bureau et l'autre au-dessus de la douche. L'air vicié est rejeté en toiture. Aucune entrée d'air n'est visible. Aucune fenêtre n'est présente dans la pièce. Le seul moyen d'aération repose sur la porte d'entrée en PVC disposant d'une baie fixe en verre polie.
Fréquentation	Le barragiste occupe les locaux ponctuellement dans la semaine (du lundi au vendredi, sauf le mercredi). Il arrive généralement entre 7h30 et 8h30 et repart vers 16h. La fréquentation des locaux est discontinue. Les locaux sont davantage aérés en hiver par rapport à la période estival du fait de la présence de touristes au droit du site qui ne permet pas le maintien en position ouverte de la porte d'entrée du local.

2.2 Exigences réglementaires applicables

Suite à la parution du décret n°2018-437 relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux rayonnements ionisants, l'exposition au radon doit être intégrée à l'évaluation des risques professionnels. Les employeurs sont dans l'obligation de procéder à une évaluation du risque radon dans les locaux de travail, au sous-sol (le cas échéant) ou au rez-de-chaussée des bâtiments dont ils ont la charge ou dans les lieux de travail spécifiques.

Dans le cas où les résultats des mesurages dépassent le niveau de référence de 300 Bq/m^3, l'employeur doit mettre en place des mesures qui visent à réduire le risque d'exposition au radon afin de d'assurer la sécurité et protéger la santé des travailleurs.

Il relève de la responsabilité de l'employeur d'entreprendre des actions correctives en cas de résultat de mesurage dépassant le niveau de référence de 300 Bq/m^3.

Les techniques d'actions correctives visant à diminuer le radon s'appuient sur deux grands principes :

- limiter la pénétration de radon dans le bâtiment ;

- augmenter le renouvellement de l'air pour favoriser la dilution et l'extraction du radon et améliorer globalement l'air intérieur.

2.3 Historique de la gestion réglementaire du radon du bâtiment

Un mesurage initial a été réalisé en auto-mesurage par le gestionnaire du site, du 23/07/24 au 26/09/24 (Procès-Verbal N/Réf. 62/YDDT58-0 2-09 24 V1-RA, Algade). Ce rapport montre **plusieurs résultats supérieurs à 300 Bq/m^3.**

- 497 Bq/m3 dans le puits 38 du barrage
- 1484 Bq/m3 dans la partie salle d'eau du bâtiment du barragiste
- 999 Bq/m^3 dans la partie bureau du bâtiment du barragiste
- 2375 Bq/m^3 et 3035 Bq/m^3 dans les ateliers

La présente étude a donc pour objectifs :

- De préconiser des actions correctives pour diminuer l'activité volumique en radon dans le bâtiment occupé par le barragiste
- De proposer des principes de travaux préventifs dans les ateliers dont le bâtiment est actuellement inoccupé mais qui pourrait devenir l'emplacement du futur bureau et garage du barragiste.

3 OBJECTIFS ET METHODOLOGIE DE L'EXPERTISE CEREMA

Les objectifs de cette expertise sont les suivants :

- Identifier les causes de la présence de radon dans le bâtiment ;
- Proposer des travaux de remédiation.

Les propositions sont adaptées aux spécificités du bâtiment, et visent à améliorer globalement la qualité de l'air intérieur, au-delà de la problématique du radon.

Des entretiens ont été réalisés avec M^{me} Allo, gestionnaire du site, M. Jacob, le barragiste et M^{me} Avéradère, l'assistante de prévention pour :

- Répondre à toutes les questions relatives à l'intervention et à la gestion du risque lié au radon,
- Présenter les méthodes d'intervention du Cerema,
- Recueillir des informations sur le mode d'occupation des pièces et le fonctionnement du bâtiment,
- Coordonner l'intervention en mode coactivité.

Des repérages et des mesures ont été réalisés dans le bâtiment pour :

- Identifier les points d'entrée du radon les plus pénalisants ;
- Qualifier et quantifier le renouvellement de l'air

3.1 Identifier les points d'entrée du radon dans le bâtiment

Le repérage des points d'entrée de radon dans le bâtiment se base sur des observations visuelles, et sur des mesures ponctuelles dynamiques au droit des défauts d'étanchéité à l'air à l'interface entre le sol et le bâtiment. Ce type de mesure permet d'identifier les défauts d'étanchéité les plus pénalisants, c'est-à-dire ceux qui constituent des points d'entrée majeurs de radon.

Il ne s'agit pas d'un repérage exhaustif des défauts d'étanchéité du bâtiment, impossible à réaliser sur la durée de l'intervention. Le maître d'ouvrage est donc invité à réaliser une recherche systématique des types de défauts identifiés lors de l'expertise.

NB : ce type de mesure est à différencier des mesures intégrées, passives, utilisées lors du mesurage initial réglementaire.



Figure 5: mesure dynamique (pendant 10 min) au Radon Mapper (Cerema)

3.2 Evaluer le renouvellement de l'air

Pour qualifier le renouvellement de l'air, trois paramètres d'influence ont été contrôlés :

a) Les systèmes de ventilation en place ;

b) La stratégie d'aération des occupants du bâtiment ;

c) L'étanchéité à l'air de l'enveloppe, notamment celle des ouvrants des pièces.

a) Diagnostic des systèmes de ventilation

Le système de ventilation permet un renouvellement continu de l'air intérieur. Il participe ainsi à garantir sa qualité en évacuant les polluants volatils (molécules chimiques, mais également humidité).

La ventilation doit permettre d'introduire de l'air sain, c'est-à-dire provenant de l'extérieur, dans les locaux majoritairement occupés et dont les concentrations en radon sont particulièrement importantes. L'air doit ensuite être extrait et rejeté à l'extérieur.

En fonction du public concerné, des débits minimums d'air (cf. tableaux en annexe) sont préconisés dans :

- Le code du travail pour les salariés ;
- Le Règlement Sanitaire Départemental Type pour tout autre occupant.

La méthodologie de diagnostic des systèmes de ventilation prévoit :

- Une **évaluation qualitative**, qui vise à vérifier la conformité des différents éléments composant le système aux règles de l'art en matière d'installation, d'usage et d'entretien ;
- Une **évaluation quantitative**, via la mesure des débits d'air ou de pression au niveau des bouches d'extraction et d'insufflation.

Un bilan aéraulique est ensuite réalisé afin de s'assurer que le débit d'air extrait ne soit pas supérieur à celui entrant, ce qui aurait pour conséquence de mettre le bâtiment en dépression. Une telle configuration favoriserait la remontée du radon, en forçant les flux d'air qui transitent à travers les défauts d'étanchéité.



Figure 6: Mesure de débits d'air au niveau des bouches de ventilation (Cerema)

Certaines pièces ont fait l'objet de mesures continues en radon, qui permettent d'illustrer la dynamique de l'activité volumique en radon durant plusieurs jours et en particulier l'influence de différents scénarios de ventilation sur l'activité volumique en radon de la pièce.

Les résultats ne reflètent pas nécessairement l'exposition réelle tout au long de l'année, car la mesure est réalisée dans les conditions spécifiques du jour de l'intervention (météo, aération du bâtiment, fonctionnement du système de ventilation), conditions qui varient chaque jour.



Figure 7: Appareil de mesure de radon en continu

b) Diagnostic de la stratégie d'aération

L'aération consiste à ouvrir les portes et/ou fenêtres donnant sur l'extérieur. Elle permet d'assurer le renouvellement d'un grand volume d'air en un temps court.

Dans le cadre de l'expertise radon, les occupants ont été interrogés sur leurs modalités d'occupation des locaux ainsi que sur leurs pratiques en termes d'aération.

c) Diagnostic de l'étanchéité à l'air de l'enveloppe, y compris des ouvrants le cas échéant

Les points sensibles pour l'étanchéité à l'air de l'enveloppe sont vérifiés en recherchant les éventuels courants d'air en provenance de l'extérieur : vitrage de la fenêtre, joints d'étanchéité, etc.

Le diagnostic qualitatif de l'étanchéité est ensuite mis en perspective avec le diagnostic des systèmes de ventilation et de la stratégie d'aération pour formuler des propositions d'amélioration globale de la qualité de l'air intérieur le cas échéant.

4 RESULTATS DE L'EXPERTISE DU BATIMENT

4.1 Des voies d'entrée de radon importantes

Différents points de mesure de points d'entrée du radon ont été réalisés dans le bâtiment pour localiser les voies d'entrée potentielles du radon (cf. Figure 8).

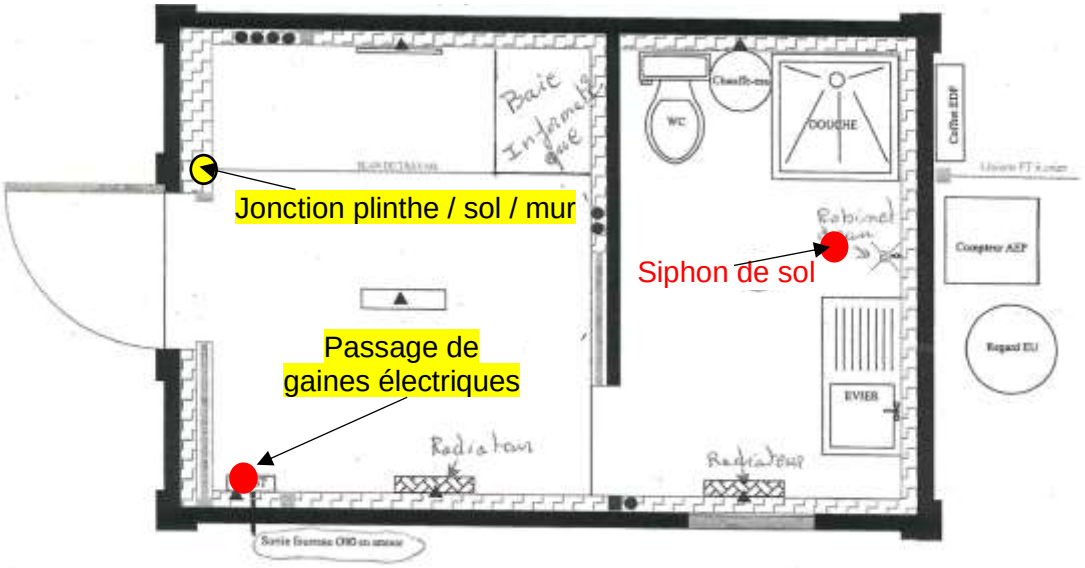


Figure 8 : Localisation des points de mesure (fortement impactante en rouge et moyennement impactantes en jaune) (Cerema)

Résultats de mesures de flux de radon supérieur à 1000 Bq/m³ : **Les voies d'entrée les plus impactantes** ont été repérées au niveau :

- Du siphon de sol de la salle d'eau. Le siphon était en eau, cependant son pourtour non étanche permet le passage du radon.



Figure 9 : siphon de sol de la salle d'eau (Cerema)

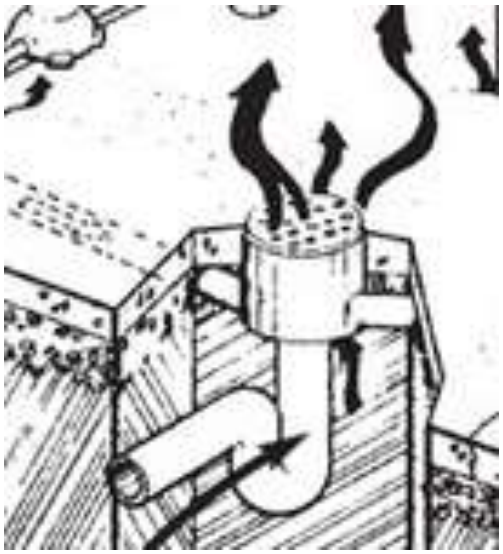


Figure 10 : voie d'entrée de flux de radon passant autour du siphon non étanche (Guide de réduction pour les Canadiens)

- Des arrivées des gaines électriques, au niveau du sol, alimentent le tableau général basse tension (TGBT) côté bureau. Un regard tampon non étanche à l'air est installé au droit du mur du bâtiment pour permettre le passage des réseaux électriques. Du radon provenant du sol s'y

accumule et emprunte l'intérieur des fourreaux des gaines de Janolène pour pénétrer dans le bâtiment.



Figure 11 : arrivées des gaines électriques provenant d'un regard où le radon s'accumule (Cerema)

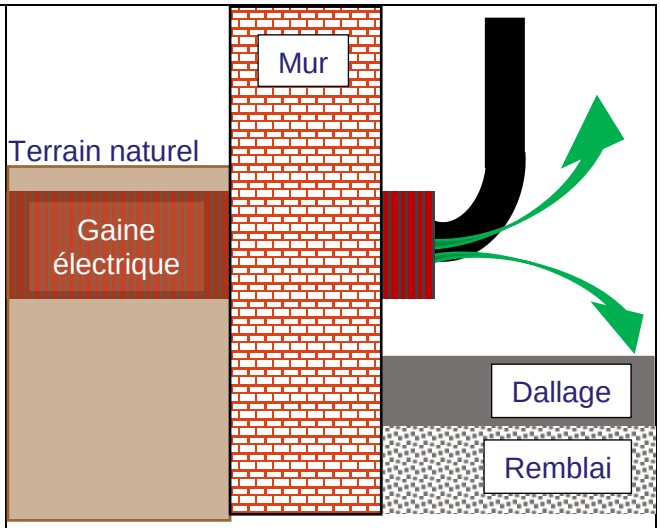


Figure 12 : passage du radon à l'intérieur des gaines électriques (Cerema)

Résultats de mesures de flux de radon compris entre 500 et 1000 Bq/m^3 : Des voies d'entrée moyennement impactantes ont été mesurées à la jonction entre le mur et le sol, au niveau des discontinuités/décollement des plinthes.

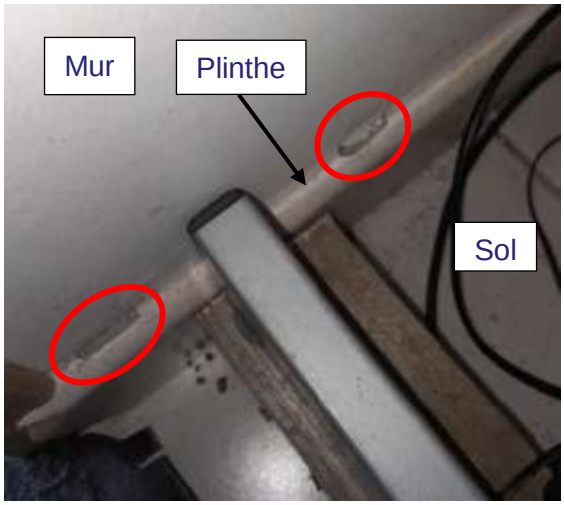


Figure 13 : passage du radon à l'intérieur des gaines électriques (Cerema)

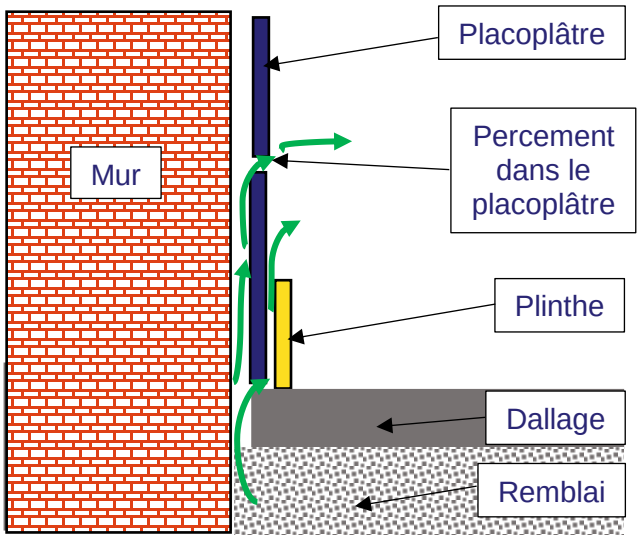


Figure 14 : passage du radon au niveau de la discontinuité de plinthe et des percements dans le mur en placoplâtre (Cerema)

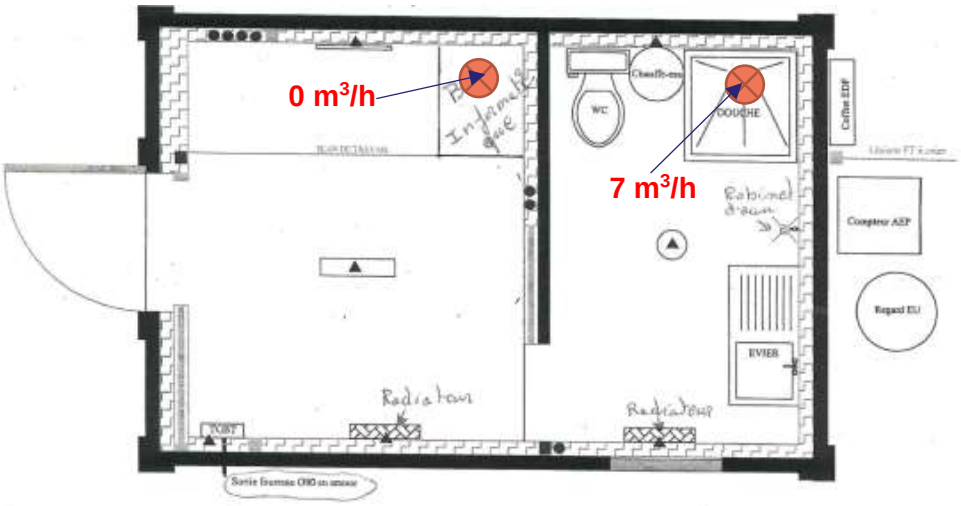
Aucune mesure n'a été effectuée au niveau des percements réalisés dans le mur en placoplâtre. Mais ils peuvent être considérés comme voie d'entrée du radon dans la pièce.



Figure 15 : voie d'entrée du radon au travers d'un percement dans le mur en placoplâtre du bureau (Cerema)

4.2 Un système de ventilation non fonctionnel et qui cumule le radon

Des mesures de débits d'air ont été réalisées au niveau des bouches d'extraction installées au-dessus de la baie informatique du bureau et au-dessus de la cabine de douche de la salle d'eau. Le rejet de l'air vicié se fait en toiture.



Les débits d'air extrait mesurés sont insuffisants. Le système de ventilation n'est pas fonctionnel. Aucune entrée d'air n'a été observé dans le bâtiment.

Le renouvellement de l'air du bâtiment n'est effectif que lorsque le barragiste ouvre la porte d'entrée. En son absence et faute d'aération, le radon s'accumule dans le bâtiment.

Un appareil de mesure en continu (AlphaE) a été posé dans le bureau du barragiste pour mesurer l'évolution de l'activité volumique en radon durant une semaine, du 29/11/24 au 06/12/24.

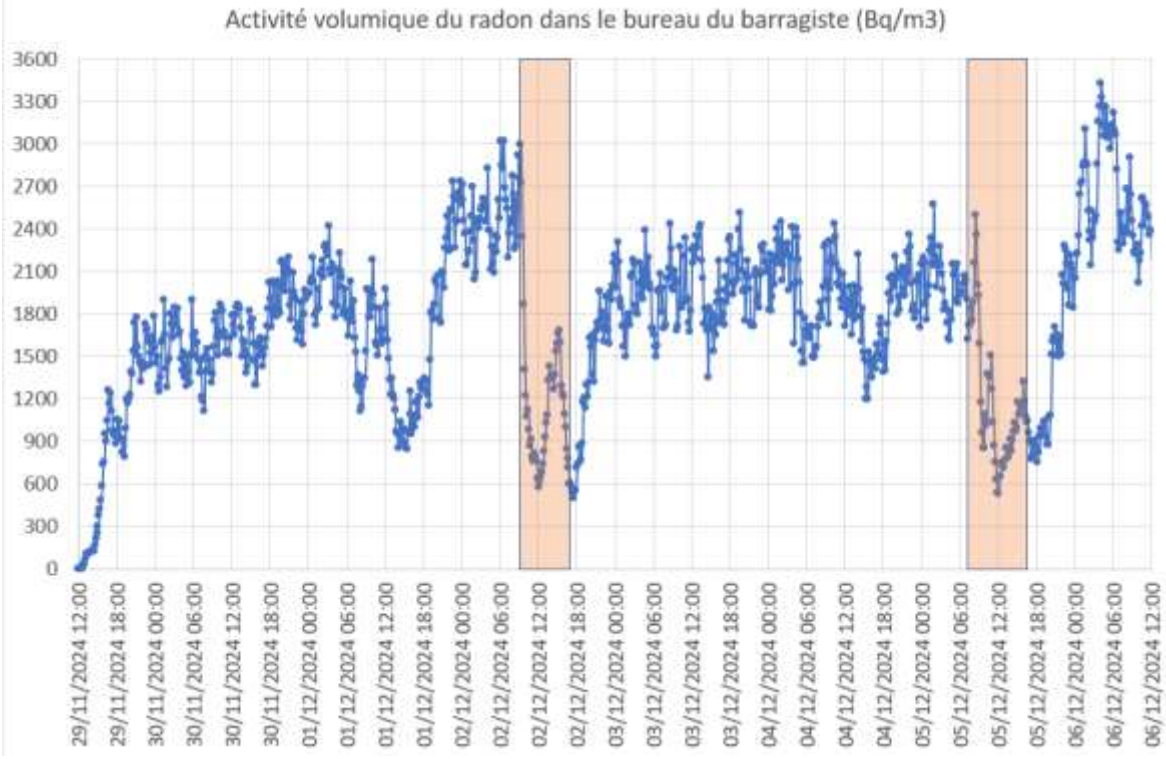


Figure 16 : évolution de l'activité volumique du radon en Bq/m^3 dans le bureau du barragiste (en orange les périodes d'occupation du bureau) (Cerema)

En période d'occupation, l'aération, mise en place par le barragiste, abaisse de manière importante l'activité volumique du radon. Cependant, dès que la porte principale se referme, l'activité volumique du radon ré-augmente rapidement à des concentrations dangereuses pour la santé.

5 ACTIONS CORRECTIVES PROPOSEES

5.1 Traiter les voies d'entrées du radon

Le siphon de sol de salle d'eau qui n'est pas utilisé devra être supprimer et son colmatage devra se faire de la manière la plus étanche à l'air possible, à l'aide d'un mortier imperméabilisant.

Les arrivées des gaines électriques du TGBT devront être colmatés, à la fois au niveau du regard et également au niveau de la gaine technique soit à l'aide de bouchon adapté étanche ou par injection d'un mastic d'étanchéité (mastic à élasticité permanente) (cf. Figure 17).

Tous les défauts d'étanchéité repérés dans le paragraphe 4.1, en particulier, les discontinuités de plinthes, les percements muraux, ainsi que des défauts équivalents relevés ultérieurement par l'exploitant devront être colmatées par injection d'un mastic d'étanchéité (mastic à élasticité permanente) (cf. Figure 17).

La mousse expansive est à proscrire.

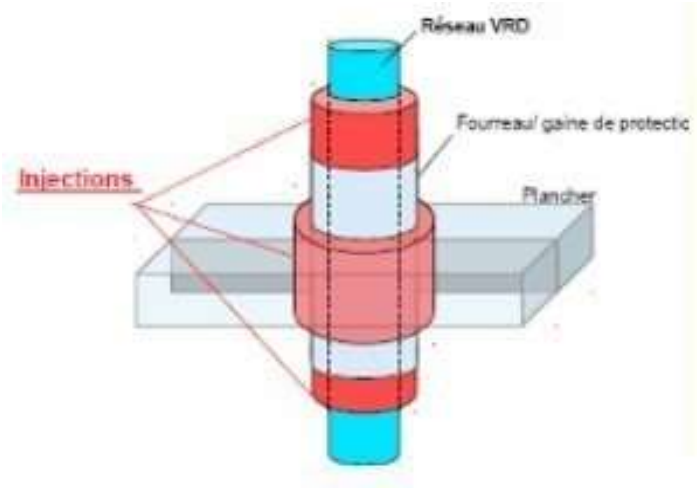


Figure 17: application d'un mastic d'étanchéité au niveau du pourtour et à l'intérieur des gaines (Cerema)

Ces travaux d'étanchéité ponctuels devront être réalisés de manière systématique, et être impérativement complétés par la mise en place de systèmes de ventilation efficace du bâtiment à minima conforme à la réglementation du code du travail et au règlement sanitaire départemental type.

Ce sont des voies d'entrée préférentielles du radon dans le bâtiment qui devront être traitées dans son ensemble sans distinction d'importance des flux. Comme le radon est un gaz, les colmatages ponctuels réalisés vont freiner sa pénétration, mais pourraient avoir comme conséquence de déplacer la diffusion de flux secondaires vers d'autres défauts d'étanchéité.

5.2 Diluer le radon en installant un système de ventilation adapté

Pour diluer le radon présent dans le bâtiment, il est nécessaire d'introduire de manière permanente une quantité d'air suffisante par occupant, à minima conforme à la réglementation du Code du Travail.

La présence de la baie informatique doit respecter les règles de l'art en matière de renouvellement de l'air et de maintien des conditions thermiques, afin d'assurer le confort de l'occupant et le bon fonctionnement des équipements.

Dans le cas d'un local technique hébergeant une baie informatique, il est essentiel de considérer la chaleur dégagée par les équipements. Une ventilation adéquate, distincte d'un système de climatisation adapté, doit être mise en place pour évacuer cette chaleur et maintenir une température stable, garantissant ainsi le confort de l'occupant et la performance des appareils.

5.2.1 Climatisation :

Les équipements informatiques génèrent de la chaleur, ce qui peut entraîner une élévation de la température ambiante.

Selon les normes établies par l'ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) pour les équipements informatiques :

Gamme optimale pour les équipements standards (classe A1) :

- Température : 18 à 27 °C
- Humidité relative : 40 à 60 %

Gamme élargie de fonctionnement :

Les équipements peuvent tolérer des températures allant de 15 à 32 °C pendant de courtes périodes, mais cela peut réduire leur durée de vie ou augmenter le risque de panne.

L'installation d'un système de climatisation permettra de maintenir une température stable, surtout si la chaleur dégagée par les équipements est importante.

Il est conseiller de mettre en place des dispositifs de surveillance de la température et de l'humidité pour détecter rapidement toute variation pouvant affecter le matériel ou le confort de l'occupant.

5.2.2 Système de ventilation mécanique :

Les objectifs de l'installation d'une ventilation mécanique adaptée sont :

- d'assurer un renouvellement d'air suffisant pour diluer efficacement le radon présent
- d'apporter un air suffisant aux besoins de l'occupant
- de dissiper thermique la chaleur produite par les équipements.

Plusieurs solutions de ventilation mécanique permanente peuvent être envisagées :

- L'installation d'une **ventilation mécanique par insufflation (VMI)**, en disposant une bouche de soufflage dans le plafond du bureau au-dessus ou à proximité du plan de travail du barragiste et des sorties d'air dans le bureau et dans la salle d'eau. La sortie d'air du bureau devra être disposée au-dessus de la baie informatique pour faciliter la dissipation thermique.
- L'installation d'une **ventilation mécanique en double flux décentralisée** de type (Zehnder ComfoSpot 50 - https://www.zehnder.fr/fr/ventilation-double-flux/notre-offre/appareils-pour-le-residentiel/zehnder-comfospot-50). Pour respecter les débits d'air à introduire en conformité avec le Code du Travail, il sera nécessaire d'installer deux dispositifs, un dans le bureau au-dessus du plan de travail du barragiste et un autre dans la salle d'eau.

6 SOLUTIONS DE PREVENTION DANS LE FUTUR ATELIER

Le bâtiment actuel est inoccupé et non chauffé, il a servi logement de fonction. Il a probablement été construit à la même époque que le bureau du barragiste. Ses murs sont composés de briques enduites de ciment.

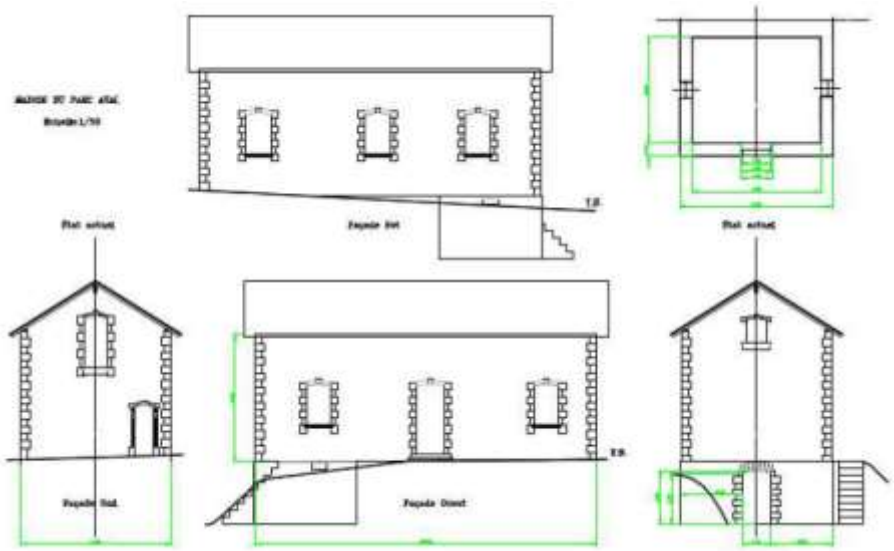


Figure 18 : vues des différentes façades et pignons du bâtiment (DDT 58)

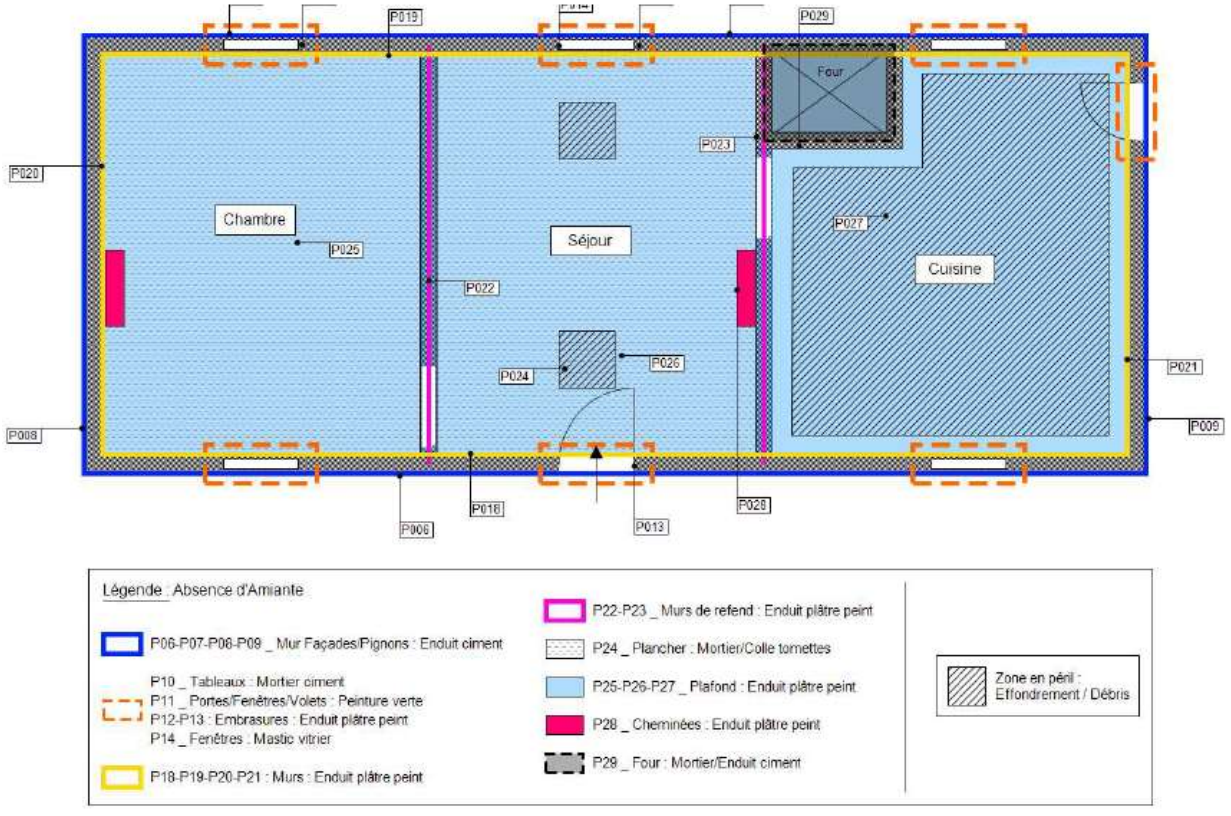


Figure 19: vue en plan du rez-de-chaussée du bâtiment (DDT 58)

Un tier du soubassement est construit sur cave (la chambre) et le reste sur terre-plein. Le bâtiment s'élève sur deux niveaux au-dessus du terrain naturel.

Le rez-de-chaussée (RDC) est divisé en trois parties ; une chambre, un salon et une cuisine. Et dernier niveau sert de stockage.

Un projet de rénovation est mené sur ce bâtiment. L'emplacement de la chambre et du salon au RDC sera dédié au stationnement d'un tracteur, cet espace ne sera pas occupé régulièrement et ne sera pas chauffé. La cuisine servira d'atelier et de rangement. L'accès à l'étage se fera à partir de la cuisine. Le niveau supérieur accueillera un bureau et une salle de réunion.

Les deux principes de protection pour prévenir la présence du radon dans un bâtiment sont :

- Eviter l'entrée du radon dans le bâtiment
- Diluer le radon efficacement et de manière permanente

Trois types de travaux pourront être mises en œuvre :

- L'étanchement de l'interface entre le sol et le bâtiment
- La ventilation mécanique et permanente du volume occupé
- Le traitement du soubassement

6.1 L'étanchement de l'interface sol/bâti en mettant en œuvre une membrane spécifique radon étanche

L'installation d'une membrane anti-radon est une solution intéressante pour limiter l'infiltration de radon dans un bâtiment. Cette membrane, généralement en polyéthylène haute densité (PEHD) ou un matériau équivalent, agit comme une barrière physique qui empêche le gaz radon, naturellement présent dans le sol, de pénétrer dans les espaces habités. Son utilisation est particulièrement bénéfique dans les zones à forte concentration de radon, où les niveaux peuvent représenter un risque pour la santé des occupants.

Il est recommandé d'ancrer la membrane par radon de manière étanche aux murs de fondation.



Figure 20: exemple d'ancrage de la membrane par radon aux murs de fondation (Cerema)

Une vigilance sera apportée sur les points suivants :

- Afin de limiter tout risque de poinçonnement, un lit de sable d'une épaisseur homogène de plus de 4 cm devra être réalisé en support de la pose de la membrane par radon,
- Le recouvrement des lés devra être soigné et étanchéifié à l'aide de l'adhésif adapté au niveau horizontal sur le dallage par un recoupement d'au moins 20 cm des lés, de même au niveau des angles des murs.
- Le traitement des pourtours des traversées de dalle des réseaux (VRD), devra être réalisé de manière étanche à l'aide de l'adhésif adapté, au niveau des pourtours de VRD et de la jonction avec la membrane par radon. Une bride d'étanchéité ou manchons devront être appliqués sur la membrane entourant chaque réseau traité.

Après pose de la dalle, un mastic ou produit d'étanchéité pourra être appliqué au niveau des pourtours et à l'intérieur des réseaux et fourreaux de VRD traversant la dalle. La mousse en polyuréthane est à proscrire.

Il est, par ailleurs, nécessaire de traiter les éventuels points faibles suivants :

- les joints de dilatation : Les sceller avec des matériaux spécifiques, comme des mastics ou bandes d'étanchéité compatibles avec la membrane.

- les traversées de gaines et tuyaux : Utiliser des collerettes ou manchons étanches, soudés ou collés à la membrane pour empêcher tout passage.

- les angles et contours des murs : Veiller à un raccordement parfait entre la membrane et les parois verticales, en utilisant des adhésifs ou des soudures à chaud pour une jonction durable.

6.2 La ventilation mécanique et permanente du volume occupé

L'installation d'une Ventilation Mécanique Contrôlée Double Flux (VMC DF) est recommandée pour lutter contre la présence de radon et apporter un air neuf aux occupants conformes à la réglementation. En créant une légère surpression (+10%) dans les locaux, la VMC DF empêche le radon de remonter du sol.

Il est conseillé d'installer le système de ventilation mécanique en double-flux, de manière à traiter l'atelier et l'étage supérieur. Pour un fonctionnement optimal, ces pièces peuvent être traités par un système de balayage par pièce. L'apport en air neuf et la reprise de l'air vicié se fait, alors dans la même pièce.

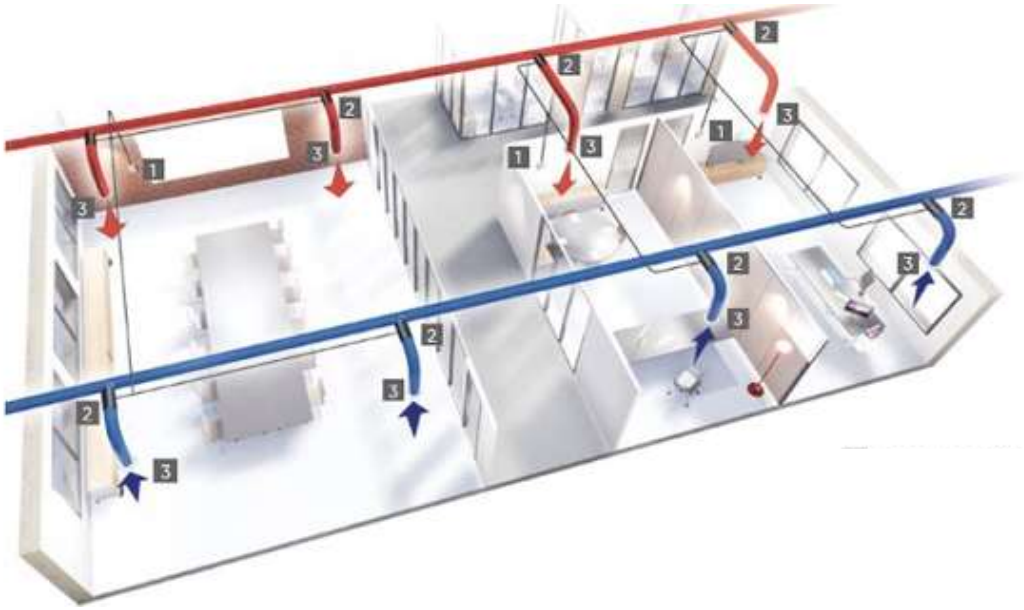


Figure 21 : exemple d'installation d'un système de ventilation mécanique en double flux avec un traitement par pièce (xpair)

6.3 Installer un système de drainage du radon et augmenter la ventilation naturelle du sous-sol

Lors de la dépose du sol du RDC et avant d'installer une membrane anti-radon, il est possible de mettre en œuvre un système de drainage du radon dont l'objectif est d'aspirer le radon du sol et de l'extraire avant qu'il ne remonte dans la zone occupée.

Un Système de Dépressurisation du Sol (SDS) est une technique efficace pour réduire les concentrations de radon dans les bâtiments en captant le gaz avant qu'il ne pénètre à l'intérieur. Le principe repose sur la création d'une dépression sous le volume occupé à l'aide de ventilateurs connectés à un réseau de drainage, ce qui permet d'extraire le radon et de l'évacuer à l'extérieur. Dans le cadre d'une rénovation avec reconstruction du plancher, le SDS peut être intégré sous le nouveau plancher pour maximiser son efficacité.

Suite à la dépose des planchers mettre en œuvre une nouvelle dalle et un sol étanche complété par l'installation d'un système de mise en dépression du sol par drainage du radon. Un ou deux réseaux de drainage pourront être installés, le premier au niveau de la partie garage et le second au niveau de celui de l'atelier.

Il s'agira de :

- déposer le dallage actuel,
- creuser le sol sur 40 cm,
- mettre en place un hérisson d'une épaisseur de 30 cm environ (lit de graviers de taille homogène et propre),
- installer des drains pré-perforés de diamètre 80 à 100 mm qui seront protégés avec du géotextile (respecter une distance d'environ 1,5m avec les murs extérieurs de fondation),
- positionner le ou les point d'extraction du réseau de drains au niveau,
- recouvrir les drains par les graviers du hérisson,
- poser une membrane anti-radon sur le hérisson en prenant soin de faire remonter les lès de la membrane sur les parois verticales des murs,
- couler une dalle de béton de 10 cm environ et mise en œuvre d'un sol étanche en soignant au maximum la jonction avec les murs verticaux.

Le ou les points d'extraction seront raccordés à un ventilateur qui devra pouvoir générer une dépression, avec un débit d'air de l'ordre de 0,5 m³ /h par mètre carré de sol. Le rejet d'air devra être positionné en extérieur et en toiture à distance d'au moins 1 m de toutes fenêtres ou prises d'air neuf de manière à éviter toute reprise d'air pollué.

Annexes

ANNEXE A – COMMENT LE RADON PENETRE-T-IL DANS LES BATIMENTS ?

Le radon provient du terrain naturel et s'infiltre notamment par les planchers bas perméables, les caves en terre/pierre et sur terre battue, les percements éventuels dans le plancher bas, etc.

Des éléments de structure du bâtiment sont susceptibles de permettre le transfert du radon : double murs, joints non étanches des murs en pierre, etc.

ANNEXE B – COMMENT MESURE-T-ON LE RADON DANS LE BATIMENT ?

La mesure réglementaire initiale, à l'aide des dosimètres intégrés, vise à obtenir l'activité volumique moyenne et représentative en radon d'un volume, celui d'un local de travail ou d'une zone homogène en l'extrapolant à une activité en radon annuelle.

Pour s'affranchir des fortes fluctuations que peut connaître l'activité volumique en radon au cours du temps, la pose des Détecteurs Solides de Traces Nucléaires (DSTN) se fait sur une longue période (a minima deux mois).

Les mesures ponctuelles réalisées dans le cadre de cette expertise cherchent en revanche à repérer les défauts d'étanchéité à l'air les plus pénalisants vis-à-vis du radon – c'est-à-dire ceux qui lui permettent d'entrer dans le bâtiment de manière préférentielle. L'objectif est directement opérationnel : prioriser les travaux d'étanchement dans un souci d'efficacité. Les résultats obtenus ne sont pas représentatifs de l'exposition

ANNEXE C – DEBITS DE VENTILATION REGLEMENTAIRES (TERTIAIRE)

Code du Travail pour les salariés, débits minimaux d'air neuf par personne :

Local	Débit (en m^3/h)
Bureaux, locaux sans travail physique	**25**
Locaux de restauration, locaux de ventes, locaux de réunion	**30**
Ateliers et locaux avec travail physique léger	**45**
Autres ateliers et locaux	**60**

Code du Travail pour les sanitaires :

Désignation des locaux	Débit minimal d'air introduit (m3/h)
Cabinet d'aisance isolé (**)	30
Salle de bains ou de douches isolée (**)	45
Salle de bains ou de douches isolée commune avec un cabinet d'aisances	60
Salle de bains ou de douches et cabinet d'aisances groupés	30 + 15N (*)
Lavabos groupés	10 + 5N (*)

(*) : nombre d'équipements dans le local
(**) : pour un cabinet d'aisances, une salle de bains ou de douches avec ou sans cabinet d'aisances, le débit minimal d'air introduit peut être limité à 15 mètres cubes par heure si ce local n'est pas à usage collectif.

Règlement Sanitaire Départemental Type (RSDT) pour les non salariés :

Local	Débit (en m^3/h)
Locaux d'enseignement des maternelles, primaires et secondaires du 1er cycle	**15**
Locaux d'enseignement pour le secondaire du 2ème cycle, ateliers, hébergement, bureaux, salle de réunion, de spectacle	**18**
Locaux de vente, de restauration, piscines	**22**
Autres locaux à usage sportif	**25**



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité



CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
Siège social : Cité des mobilités - 25 avenue François Mitterrand - CS 92 803 - 69674 Bron Cedex -
Tél. : +33 (0)4 72 14 30 30 – www.cerema.fr