

Le radon au travail

Niveaux d'exposition et
facteurs déterminants dans
divers milieux au Québec



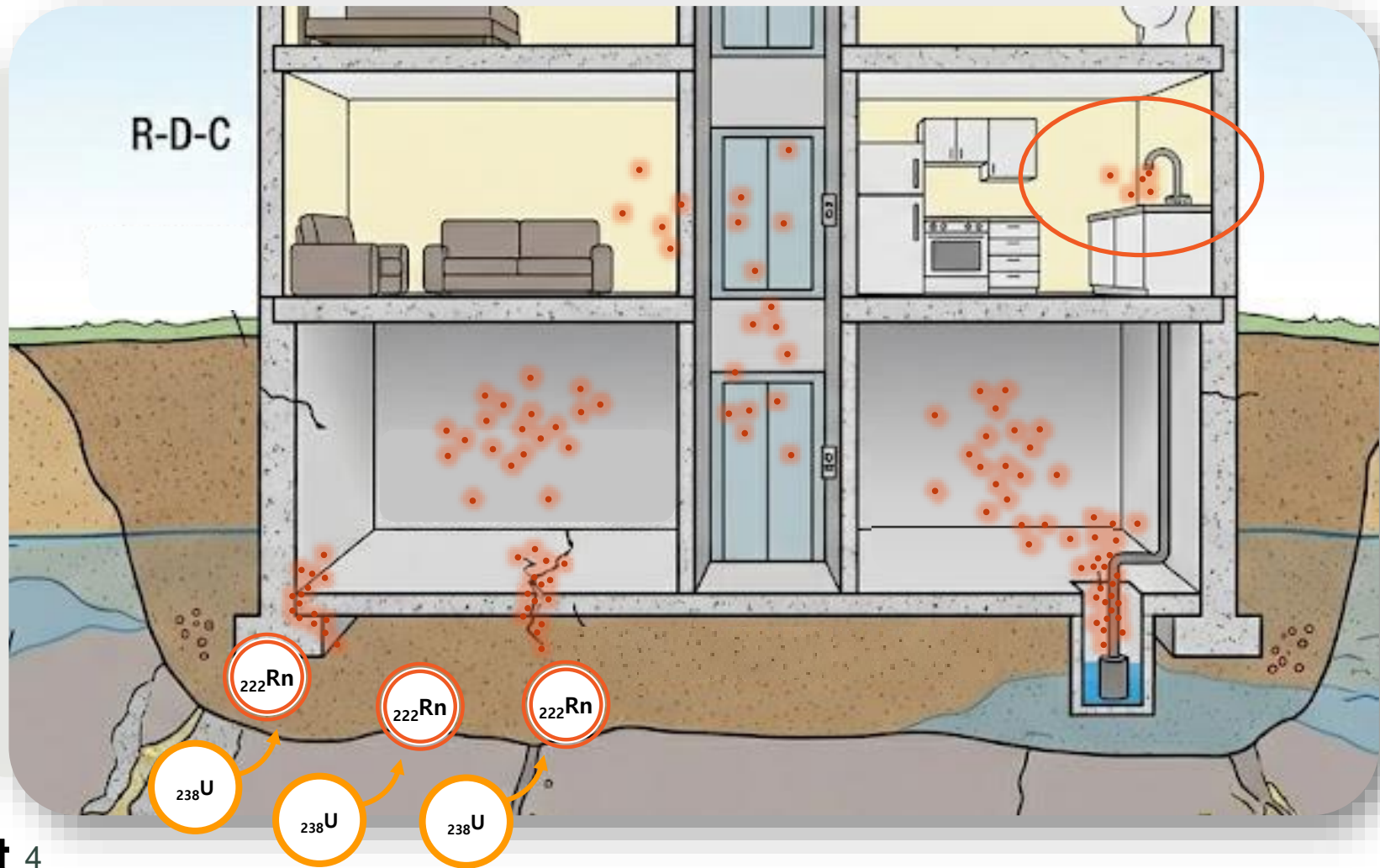
Sabrina Gravel, PhD
Chercheuse
IRSST

Plan de la présentation

- ① Connaissances de base: Origine, exposition, effets
- ② Cadre réglementaire
- ③ Projet de recherche
- ④ Priorisation et stratégies de mitigation

1

Le radon: la base



R-D-C

^{222}Rn

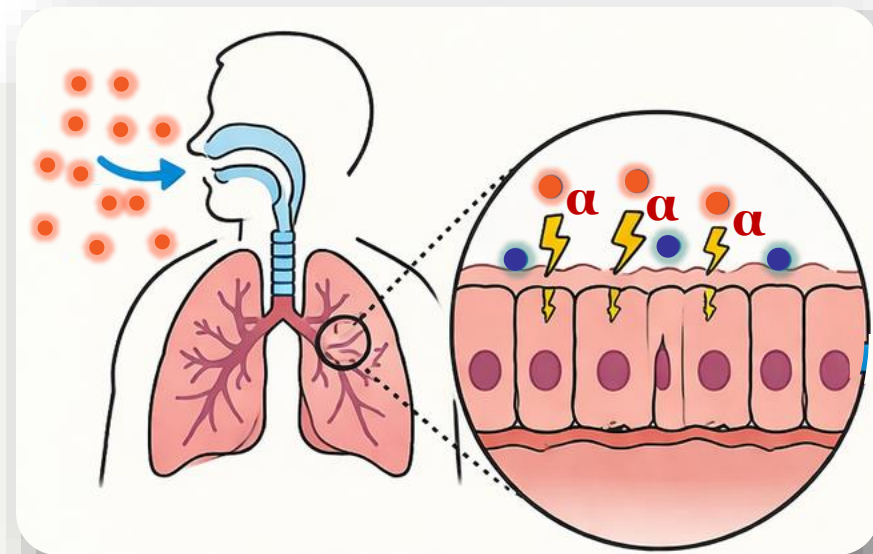
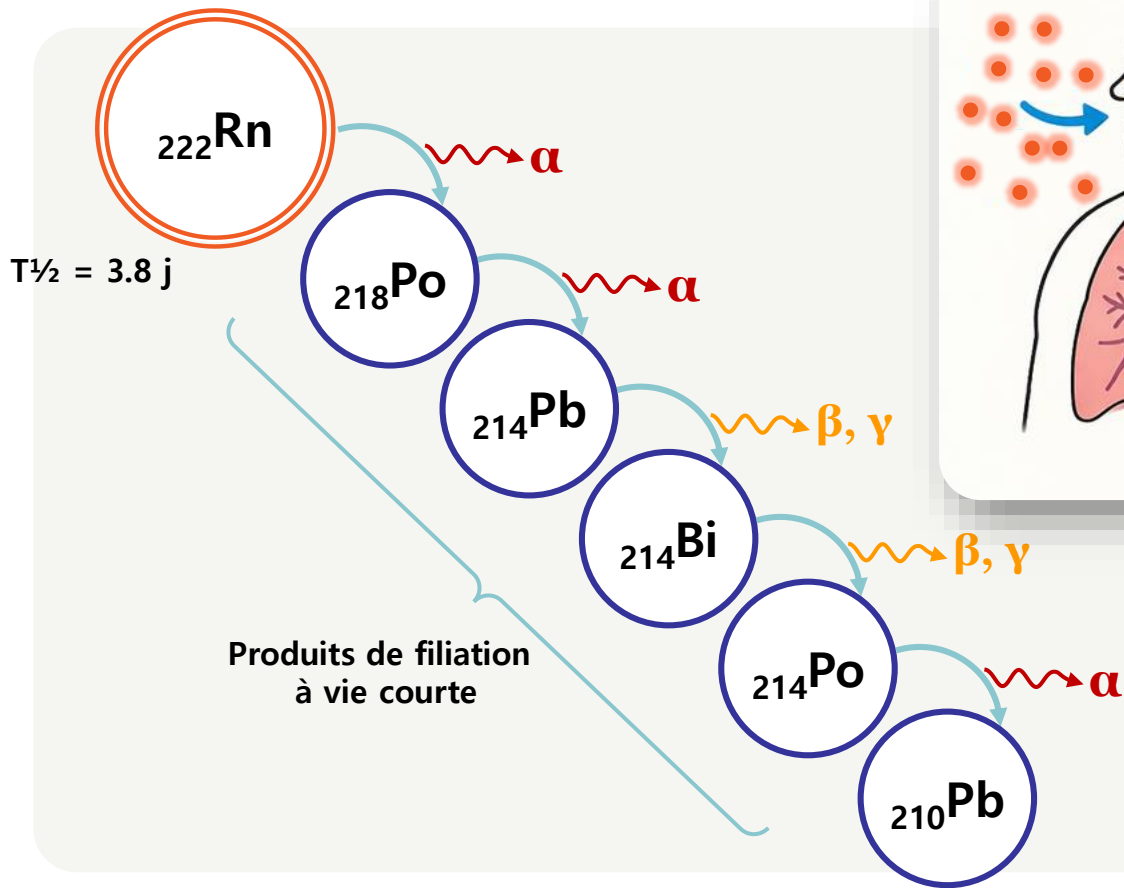
^{222}Rn

^{222}Rn

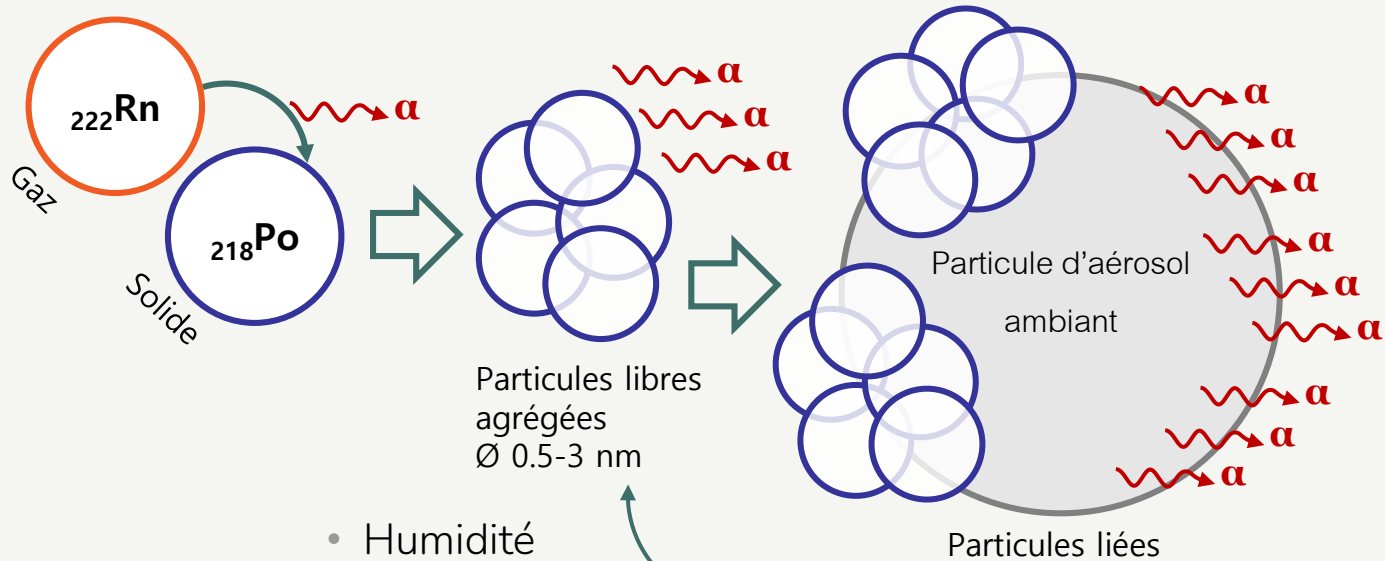
^{238}U

^{238}U

^{238}U



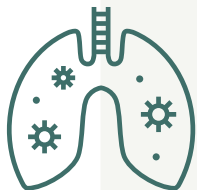
Dose de rayonnement



- Humidité
- Ventilation
- Concentration et granulométrie des aérosols



Un gaz cancérogène



- Classé cancérogène Groupe 1 (IARC1988)
- 1re cause de cancer du poumon chez les non-fumeurs
- ~1% des cas de cancer du poumon au Canada attribuables au Rn en 2011
- 190,000 Canadiens exposés à du radon >200 Bq/m³ au travail (CAREX Canada)
- Exposition professionnelle peu réglementée



②

Cadre réglementaire

Cadre réglementaire Fédéral



Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires

- Dose de rayonnement doit inclure le radon



Règlement canadien sur la santé et la sécurité au travail

- Aucun travailleur fédéral ne doit être exposé à une moyenne annuelle $> 800 \text{ Bq/m}^3$

Cadre réglementaire Fédéral



Lignes directrices sur le radon de Santé Canada

- $>600 \text{ Bq/m}^3$ = Mesures correctives en 1 an
- $200\text{-}600 \text{ Bq/m}^3$ = Mesures correctives en 2 ans

Domiciles, bâtiments publics, milieux de travail occupés plus de 4h par jour.

Cadre réglementaire Fédéral

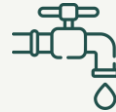


Lignes directrices pour la gestion des matières radioactives naturelles (MRN) - Radon

- Gestion des doses entre 200 et 800 Bq/m³
- Gestion de la radioprotection au-delà de 800 Bq/m³



Extraction de minerai



Traitement des eaux



Écloseries (pisciculture)



Industrie pétrolière et gazière



Recyclage de métaux

Cadre réglementaire Provincial



Règlement sur la santé et la sécurité du travail

- L'exposition professionnelle au Rn n'est pas réglementée
- Les travailleurs susceptibles d'être exposés à des rayonnements ionisants doivent être surveillés par dosimétrie. (Art. 144 RSST)



Article 51 de la LSST

L'employeur doit prendre les mesures nécessaires pour protéger la santé et assurer la sécurité et l'intégrité physique du travailleur.

Ailleurs dans le monde



Recommandations de l'OMS

- Niveau de référence de 100 Bq/m³ dans l'air intérieur
- Valeur de référence ne dépasse pas 300 Bq/m³



Référence dans des pays de l'Union Européenne

- 100–200 Bq/m³
- Italie a réglementé 300 Bq/m³ en milieu de travail

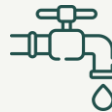
Données d'exposition professionnelle (Québec)



- 4% des 54 CPE, et 17% des 65 écoles testées avaient au moins une mesure $> 200 \text{ Bq/m}^3$
- 1,3% des 1242 édifices fédéraux testés avaient une concentration moyenne de radon $> 200 \text{ Bq/m}^3$
- Pas de données sur stations de production d'eau potable, aquacultures, ou autres édifices privés



145 Aquacultures



765 installations municipales

Données d'exposition professionnelle (ailleurs)



- Maximum de 333 Bq/m³ dans divers milieux de travail au Missouri



- Maximum de 884 Bq/m³ dans des salles d'incubation de pisciculture en Colombie-Britannique



- De 2 000 à 5 000 Bq/m³ dans une station de traitement des eaux usées en Espagne

Copes, R. et Phillips, B. (2009). (Rapport no RS2006-DG09). BC Centre for Disease Control.

Juste, B. et al. (2015). *Radiation Protection Dosimetry*, 164(4), 497-501.

3

Recherche

Équipe de chercheurs



Sabrina Gravel

Chercheuse principale
Chercheuse toxicologue à
l'IRSSST



France Labrèche

Co-chercheuse
Chercheuse épidémiologiste
à l'IRSSST



Patrick Poulin

Co-chercheur
Conseiller spécialisé
géochimiste à l'INSPQ



Tony Wong

Co-chercheur
Professionnel scientifique en
génie électrique à l'IRSSST



Objectif du projet

Caractériser l'exposition au Rn dans différents milieux de travail et estimer une plage de valeurs de dose efficace de rayonnement pour les travailleurs.

Méthodes



Recrutement + matériel de communication



Déploiement de dosimètres passifs pendant la saison froide 2022 selon les recommandations de Santé Canada.



Collecte de données structurelles et fonctionnelles sur les immeubles et les activités des travailleurs.



Équations d'estimation généralisées en grappes avec imputation multiple

54 milieux de travail

Dont les activités de travail sont dans un sous-sol ou sur une dalle

354 mesures

Dans 57 immeubles

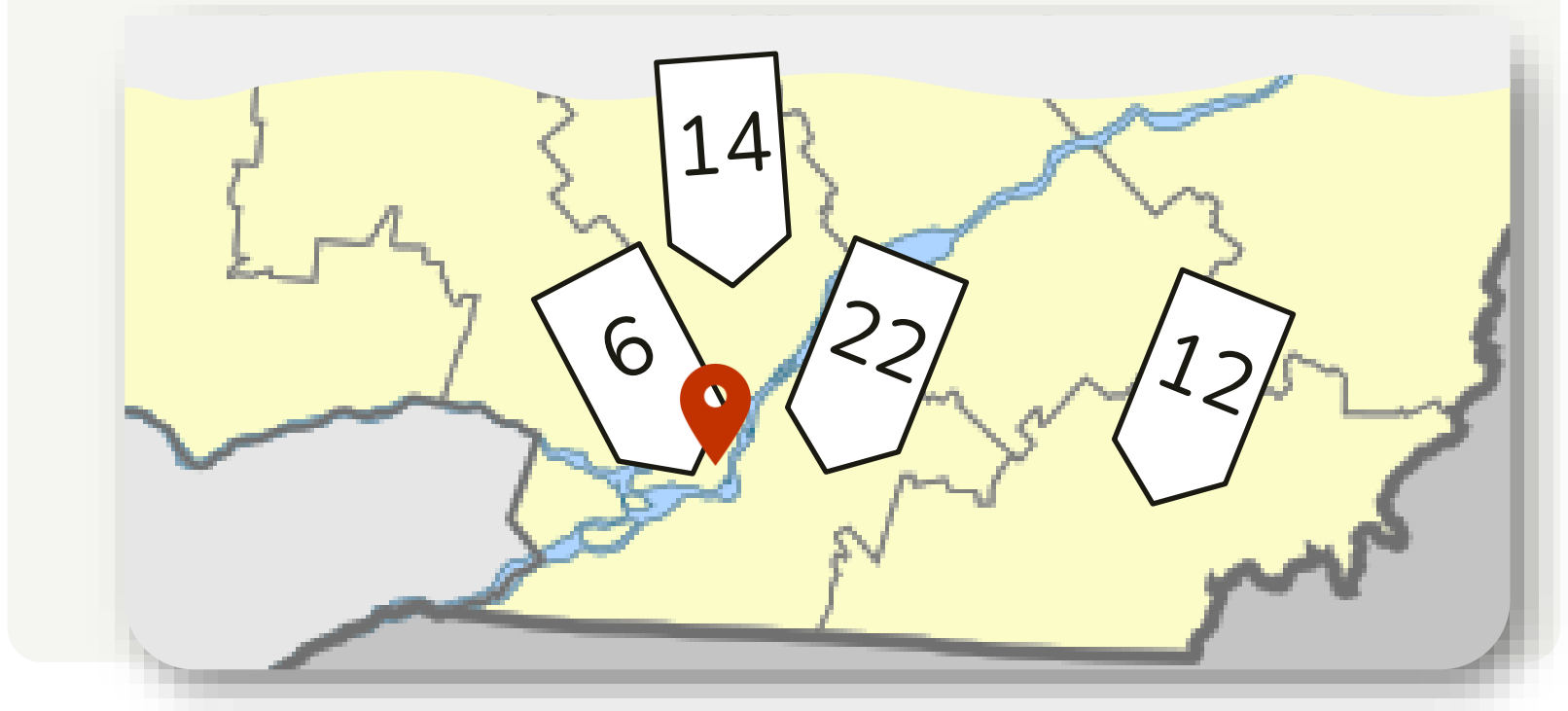
4 régions du Québec

2 à faible potentiel d'émission, 2 à fort potentiel

~1205 Travailleurs

Potentiellement exposés

Milieux participants



Secteurs participants

Municipal



33 • Bibliothèques, hôtel de ville, garages municipaux, centres culturels, cours municipales

Agroalimentaire



3 • Culture de champignons, compost

Eau



4 • Stations de pompage de l'eau potable ou de traitement des eaux usées

Granit



1 • Entreprise qui effectue la coupe et le polissage

Services



3 • Casernes de pompiers et postes de police

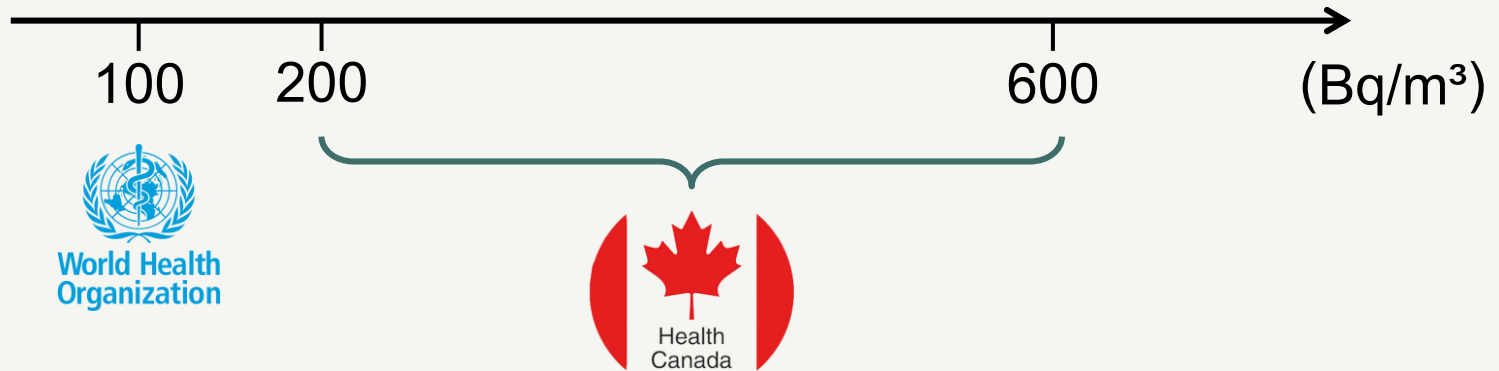
Pisciculture



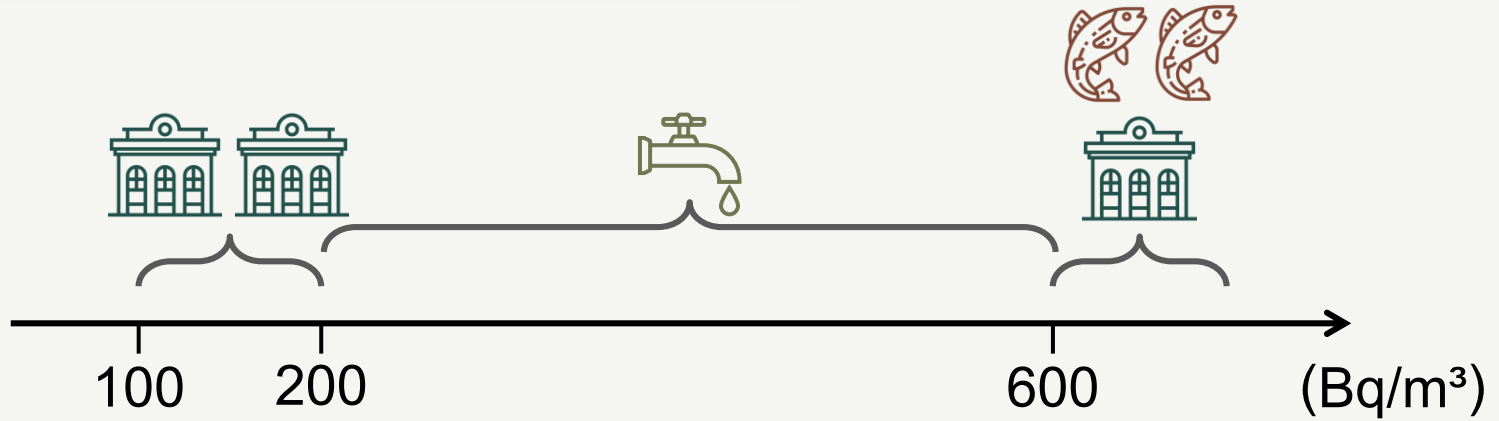
3 • Source d'eau souterraine, bassins au sous-sol

MRN

Résultats



Résultats



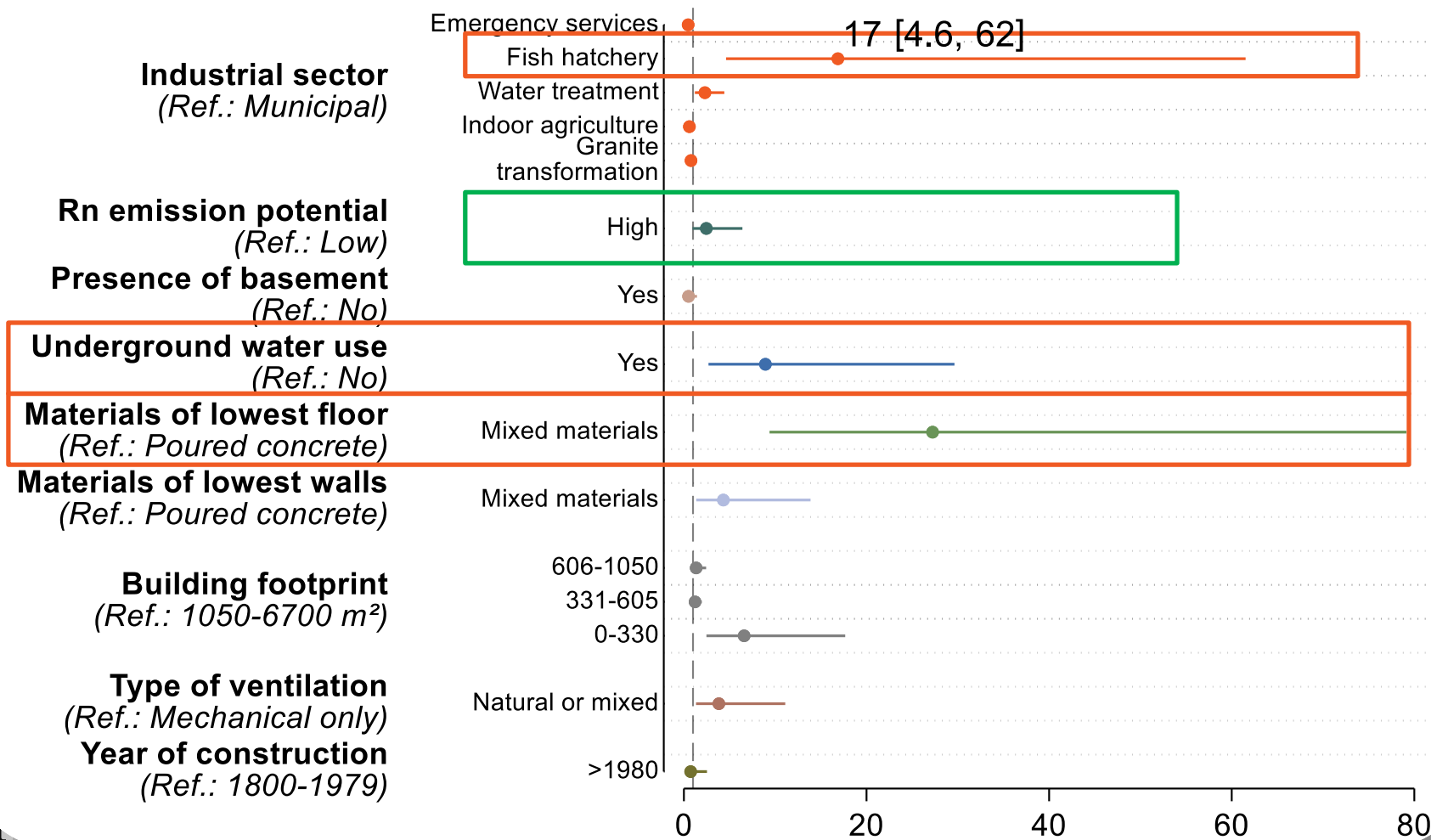
97% des mesures <100 Bq/m³

54% <15 Bq/m³

Déterminants

(Analyses univariées)

Coefficients et intervalles de conf. 95% pour modèles univariés



Déterminants

(Analyse multivariée)

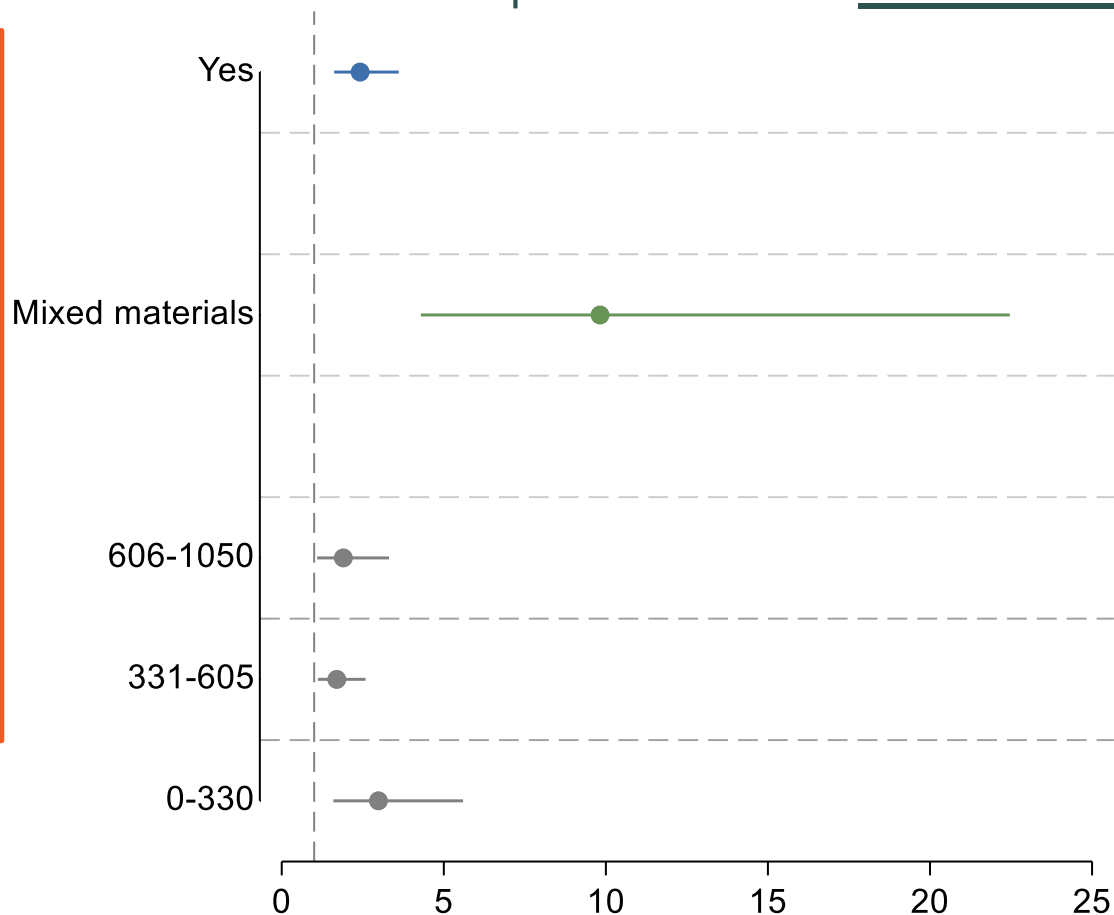
Coefficients et intervalles de conf. 95% pour modèle multivarié

□
(Δ)

Underground water use
(Ref.: No)

Materials of lowest floor
(Ref.: Poured concrete)

Building footprint
(Ref.: 1050-6700 m²)



Considérations

Forces

- Évaluation détaillée des déterminants
- Approche statistique robuste
- Industries sous-représentées

Limites

- Petite taille d'échantillon par industrie
- Certaines données manquantes concernant les déterminants

Conclusions

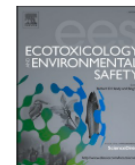
- Méconnaissance générale par rapport aux expositions potentielles en milieu de travail.
- Méconnaissance des milieux manipulant ou utilisant des MRN.
- Réceptivité des participants à la communication des informations.



ELSEVIER

Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Ecotoxicology and Environmental Safety

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecoenv

Identifying high-risk workplaces for radon: The role of buildings' foundations and underground water sources

Sabrina Gravel^{a,b,c,*}, Maude Pomerleau^a, Tony Wong^a, Patrick Poulin^d,
France Labrèche^{a,b,c}

^a Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en Sécurité du travail (IRSST), Canada

^b École de santé publique (ESPUM), Université de Montréal, Montréal, Québec, Canada

^c Centre de recherche en santé publique (CReSP), Université de Montréal et CIUSSS du Centre-Sud-de-l'Île-de-Montréal, Montréal, Québec, Canada

^d Institut national de santé publique du Québec INSPQ, Canada

ARTICLE INFO

Keywords:

Radon
Occupational exposure
Workplace
Naturally occurring radioactive material
Building materials

ABSTRACT

Objective: Radon, a naturally occurring lung carcinogen, can seep into buildings and expose occupants, including workers. Our aim is to describe radon exposure in various workplaces, identify factors associated with exposure, and highlight levers for preventive action.

Material and Methods: Workplaces with an underground or slab-on-grade work area were recruited in four regions of Québec (Central Canada) with high and low potential for radon emissions. Long-term radon samples were taken during the cold season with Alpha Track AT-100 passive dosimeters, deployed by the research team in accordance with Health Canada's Guide for radon measurements in public buildings.

Results: There were 354 radon measurements in 57 buildings constructed between 1877 and 2021 (54 workplaces), with on average six measurements (1–28) per workplace during a median of 109 days. Ten buildings had all measurements below the detection limit (15 Bq/m³), and six had at least one measurement above 100 Bq/m³. The highest values recorded were in a fish hatchery (>1500 Bq/m³). Generalized estimating equations revealed that a lowest floor made of materials other than poured concrete, the presence of naturally occurring radioactive material (underground water), and a small building footprint were the most predictive factors of higher concentrations, regardless of the regional radon emission potential.

Conclusion: In this convenience sample, most workplaces presented radon concentrations well below guidelines. However, the surprise expressed by workplace managers and public health officials regarding high concentrations associated with NORM is evidence of a lack of awareness of the dangers of radon in these environments.

Mise en contexte

- Le radon est un gaz radioactif naturel issu de la désintégration de l'uranium dans le sol⁽¹⁾. Il peut s'accumuler dans les espaces fermés, notamment les sous-sols et certains environnements de travail⁽²⁾
- La cause N^o1 du Cancer de poumon chez les non-fumeurs⁽³⁾
- Responsable de 55% de l'exposition naturelle aux rayonnements ionisants⁽⁴⁾.
- La limite d'Exposition est fixé à 1mSv pour le public général et 20 mSv pour les secteur réglementé⁽⁵⁾.

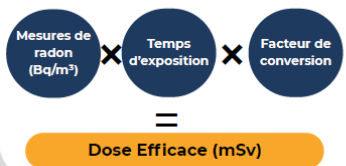
Objectif

- Évaluer les doses efficaces liées au radon en milieu de travail au Québec et identifier les environnements présentant les expositions les plus élevées.

Méthodologie

Conformément aux Directives de Santé Canada⁽⁶⁾

- Pendant la saison froide du 2023
- 4 régions du Québec à différents potentiels d'émission⁽⁷⁾
- 54 milieux professionnels, différents secteurs d'activité
 - 422 dosimètres passifs
- Évaluation de l'activité physique fournie
- Documentation du nombre d'heures travaillées annuellement



Analyse et résultats

- 9 milieux présentaient des concentrations de radon inférieures à la limite de détection pour l'ensemble des mesures.
- 54 % des mesures de concentration étaient inférieures à la limite de détection.
- Le nombre moyen de travailleurs exposés par environnement varie de 1 jusqu'à 200.
- La charge horaire annuelle variait entre 1 632 et 2 880 h/an selon les milieux.
- 21 cas d'exposition à des concentrations faibles "inférieur à 200 Bq/m³" ont entrainé des doses dépassant la limite recommandée pour le public.
- Les usines agroalimentaires et les environnements des services publics ne présentaient aucune dose annuelle supérieure à 1 mSv.
- Une exposition annuelle maximale de 49,7 mSv a été estimée dans une pisciculture, représentant la situation la plus élevée observée.

Illustration

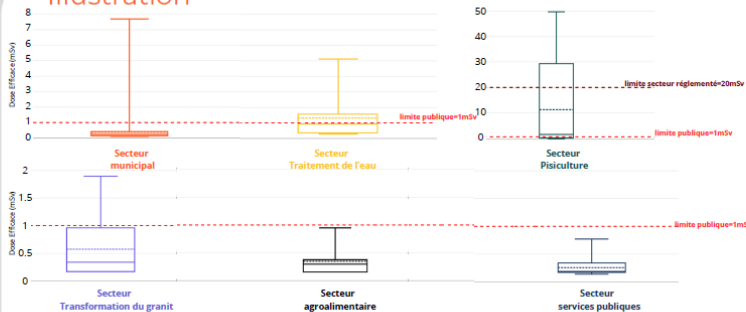


Figure 1: Distribution de la dose efficace par secteur

6 mesures ≥ 200 (Bq/m³)

21 mesures ≤ 200 (Bq/m³)

27 Résultats de dose ≥ 1 (mSv)

4 Résultats de dose ≥ 20 mSv

Conclusion

- Malgré des concentrations souvent faibles, le temps d'occupation élevé et l'effort physique fourni au travail peuvent entrainer une augmentation significative de la dose annuelle.
- L'estimation d'une dose annuelle de ~ 50 mSv dans une pisciculture met en évidence l'existence de milieux spécifiques à risque élevé, nécessitant des mesures de contrôle prioritaires.
- Une forte variabilité des expositions selon les environnements, soulignent l'importance d'une évaluation ciblée par milieu de travail.

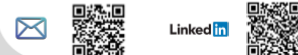
Bibliographie

- ⁽¹⁾ Darby, S., et al. (2005). "Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies." *BMJ* 330(7485): 223.
- ⁽²⁾ Gravel, S., et al. (2023). "Identifying high-risk workplaces for radon: The role of buildings' foundations and underground water sources." *Ecotoxicol Environ Sci* 307: 119624.
- ⁽³⁾ Pawel, D.J., and J. S. Puskas (2004). "THE U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY'S ASSESSMENT OF RISKS FROM INDOOR RADON." *Health Physics* 87(1): 68-74.
- ⁽⁴⁾ Dugg, B.H., et al. (2011). "General Overview of Radon Studies in Health Hazard Perspectives." *Journal of Oncology* 2021: 1-7.
- ⁽⁵⁾ Stewart, F. A., et al. (2012). "ICRP publication 118: ICRP statement on tissue reactions and early and late effects of radiation in normal tissues and organs: threshold doses for tissue reactions in a radiation protection context." *Annals of the ICRP* 41(1-2): 1-322.
- ⁽⁶⁾ Health Canada. (2021) Guide for radon measurements in public buildings (978-0-660-40740-5).
- ⁽⁷⁾ Drolet, J. P., et al. (2014). "Methodology developed to make the Quebec indoor radon potential map." *Science of the Total Environment* 473-474: 372-380.
- ⁽⁸⁾ Santé Canada. (2023). Lignes directrices sur le radon. Gouvernement du Canada.

Remerciement

- Nous souhaitons remercier chaleureusement l'équipe de professionnels dévoués qui a réalisé le travail de terrain, ainsi que les experts en santé publique et en exposition au radon qui ont été consultés tout au long de la réalisation de cette recherche.
- Nous remercions également les milieux de travail participants, leurs gestionnaires ainsi que leurs travailleurs.
- Cette recherche a reçu le soutien de Mitacs dans le cadre du programme Accélération de Mitacs.
- Subvention IRSST #2022-0004

Correspondance (*)



4

Priorisation et
mitigation

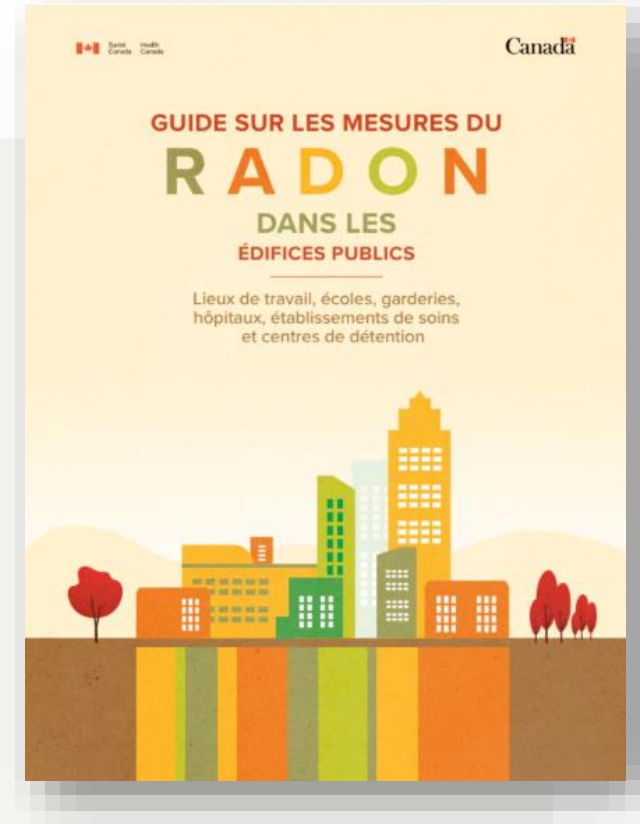
Priorisation

- Sensibilisation
- Milieux plus à risque
 - MRN
 - Sous-sol en matériaux alternatifs

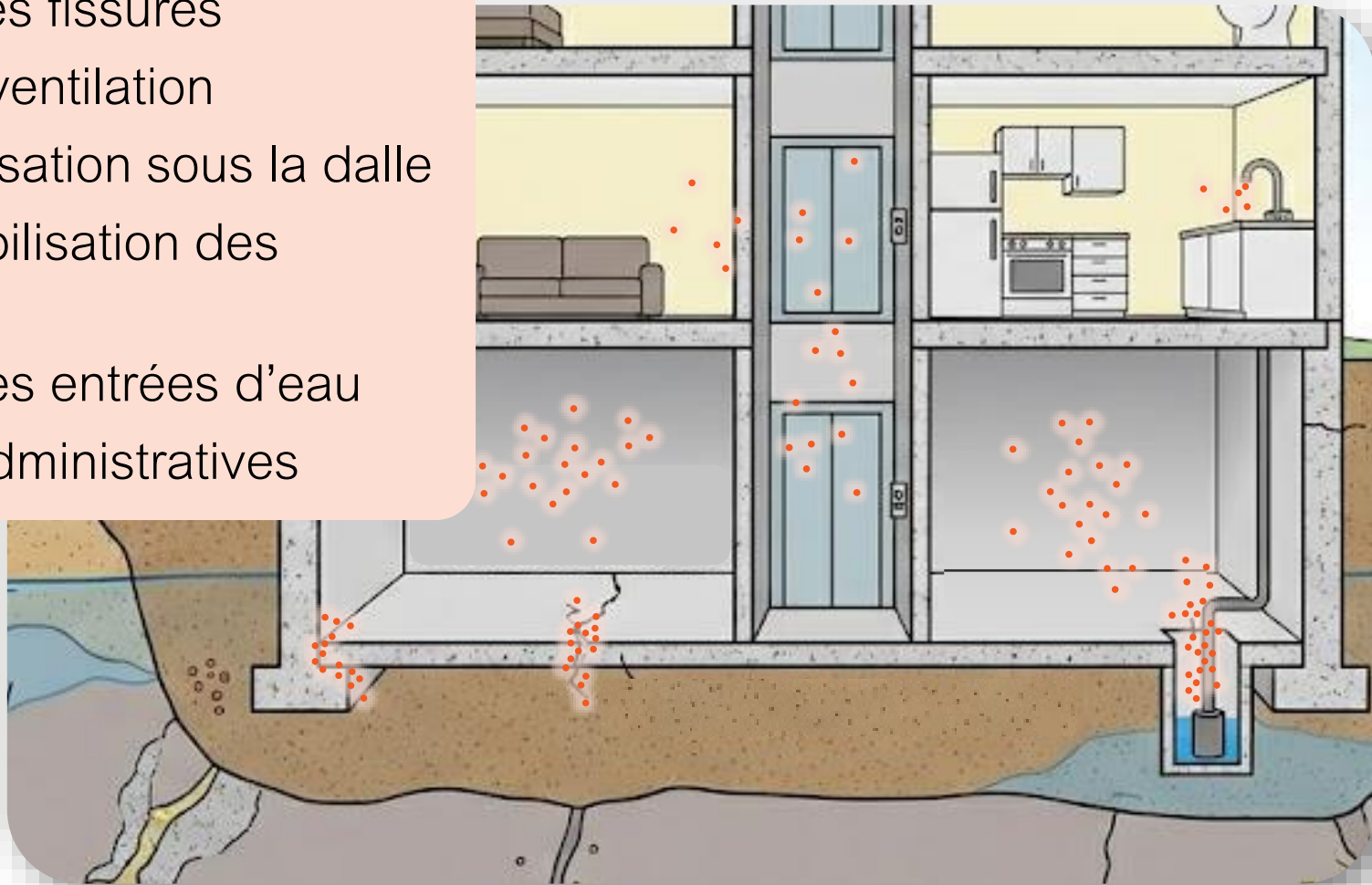


Mitigation

- Mesurer correctement
- Prioriser les interventions
- Employer des compagnies spécialisées
- Valider l'efficacité post-mitigation
- Assurer un suivi dans le temps



- Colmater les fissures
- Diluer par ventilation
- Dépressurisation sous la dalle
- Imperméabilisation des fondations
- Aération des entrées d'eau
- Mesures administratives



Conclusion



Un danger invisible mais bien réel en milieu de travail



Un encadrement réglementaire encore limité



Une sensibilisation et des connaissances à développer

La prévention repose sur:

MESURE • PRIORISATION • MITIGATION • SUIVI

Merci!

Sabrina.Gravel@IRSST.qc.ca



Collaborateurs du projet

- Jean-Claude Dessau (CSMR)
- Fabien Gagnon (CSMR)
- Mathieu Brossard (Santé Canada)
- Alberto Morales (IRSST)

Coordonnatrices du projet

- Maude Pomerleau (IRSST)
- Margaux Sadoine (INSPQ)

Équipe terrain

- Dany Nadeau-Dupuis (IRSST)
- François Guoin (IRSST)
- Mohamed Nejib (IRSST)
- Vincente Fernandez (IRSST)
- Caroline Gauthier (IRSST)
- Nancy Lacombe (IRSST)

Étudiants

- Julie Pascal (ENTPE)
- Sid Ahmed Tiarti (U de M)