



Projet de dépistage du radon dans des écoles  
primaires du Québec situées en zones  
d'investigation prioritaires

INSTITUT NATIONAL  
DE SANTÉ PUBLIQUE  
DU QUÉBEC

Québec 



Rapport de recherche

# Projet de dépistage du radon dans des écoles primaires du Québec situées en zones d'investigation prioritaires

Direction de la santé environnementale  
et de la toxicologie

Avril 2012

## **AUTEURS**

Patrick Poulin, agent de planification, de coordination et de recherche  
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie, Institut national de santé publique du Québec

Jean-Marc Leclerc, conseiller scientifique  
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie, Institut national de santé publique du Québec

## **AVEC LA COLLABORATION DE**

Albert Daveluy, conseiller en santé environnementale  
Ministère de la Santé et des Services sociaux

Jean-Claude Dessau, médecin-conseil  
Agence de la santé et des services sociaux des Laurentides/Direction de santé publique  
Ministère de la Santé et des Services sociaux

Fabien Gagnon, médecin-conseil  
Agence de la santé et des services sociaux de l'Estrie/Direction de santé publique  
Institut national de santé publique du Québec

Suzanne Gingras, statisticienne  
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie, Institut national de santé publique du Québec

Wiber Deck, médecin-conseil  
Agence de la santé et des services sociaux de la Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine/Direction de santé publique

Marie Chagnon, conseillère en santé environnementale  
Agence de la santé et des services sociaux de la Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine/Direction de santé publique

Gille Delaunais, agente de planification en santé environnementale  
Agence de la santé et des services sociaux de l'Outaouais/Direction de santé publique

## **SECRÉTARIAT**

Diane Bizier Blanchette, agente administrative  
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie, Institut national de santé publique du Québec

*Ce document est disponible intégralement en format électronique (PDF) sur le site Web de l'Institut national de santé publique du Québec au : <http://www.inspq.qc.ca>.*

*Les reproductions à des fins d'étude privée ou de recherche sont autorisées en vertu de l'article 29 de la Loi sur le droit d'auteur. Toute autre utilisation doit faire l'objet d'une autorisation du gouvernement du Québec qui détient les droits exclusifs de propriété intellectuelle sur ce document. Cette autorisation peut être obtenue en formulant une demande au guichet central du Service de la gestion des droits d'auteur des Publications du Québec à l'aide d'un formulaire en ligne accessible à l'adresse suivante : <http://www.droitauteur.gouv.qc.ca/autorisation.php>, ou en écrivant un courriel à : [droit.auteur@cspq.gouv.qc.ca](mailto:droit.auteur@cspq.gouv.qc.ca).*

*Les données contenues dans le document peuvent être citées, à condition d'en mentionner la source.*

DÉPÔT LÉGAL – 3<sup>e</sup> TRIMESTRE 2012  
BIBLIOTHÈQUE ET ARCHIVES NATIONALES DU QUÉBEC  
BIBLIOTHÈQUE ET ARCHIVES CANADA  
ISBN : 978-2-550-65276-2 (VERSION IMPRIMÉE)  
ISBN : 978-2-550-65277-9 (PDF)

©Gouvernement du Québec (2012)

## REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier les personnes suivantes pour leur contribution à la réussite du projet : messieurs Gilles Pomerleau, Gilles Marchand et Guillaume Hébert du ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport; monsieur Pierre Chevalier de l'Institut national de santé publique du Québec; monsieur Mathieu Brossard et madame Isabelle Vézina de Santé Canada, les directeurs régionaux de santé publique et les gestionnaires des commissions scolaires impliquées. Les auteurs souhaitent enfin remercier Richard Martel et son équipe de l'Institut national de recherche scientifique.

Ce projet pilote de dépistage du radon dans des écoles a été rendu possible grâce à une contribution financière du ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec et de Santé Canada.



## AVANT-PROPOS

Le présent rapport a été rédigé à la demande du ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) à la suite d'un mandat confié à l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) dans une lettre expédiée par monsieur Alain Poirier à monsieur Richard Massé le 16 juillet 2008. Ce rapport fait état de l'ensemble des activités réalisées au cours des années 2009-2010 par l'équipe de recherche de l'INSPQ et ses collaborateurs en lien avec le projet de dépistage du radon dans les écoles du Québec. On y présente le devis de recherche utilisé, une rétrospective des travaux effectués, un portrait général des résultats obtenus, des recommandations formulées ainsi qu'un résumé des activités de communication soutenues par les différents partenaires impliqués. Il est de l'avis des auteurs que ce document pourra éventuellement servir d'outil méthodologique de base dans le cadre d'initiatives provinciales et régionales de détection de radon dans les établissements publics.

Bien que le présent rapport mette davantage l'accent sur des aspects méthodologiques et analytiques issus d'une démarche proprement scientifique, le projet de dépistage intègre une importante composante sanitaire. En effet, la réalisation de ce projet de dépistage a permis de documenter le niveau d'exposition des occupants de bâtiments situés dans des secteurs d'investigation prioritaires. Lorsque jugées nécessaires, les autorités en cause ont recommandé de mettre en place des mesures correctives afin de diminuer l'exposition cumulative au radon des groupes cibles. Enfin, les auteurs souhaitent que la réalisation du projet de dépistage dans les écoles ait eu pour effet de sensibiliser la population locale à la problématique, ce qui devrait se traduire par une augmentation de la propension à mesurer le radon dans les domiciles.

Il est à noter que l'archivage des données issues de cette étude est assumé par l'INSPQ. La base de données sera stockée à l'Institut pour une durée indéterminée; le groupe de recherche utilisera notamment les données à des fins de recherche pour une période approximative de cinq ans.



## SOMMAIRE

Des activités de dépistage du radon dans des écoles primaires ont eu lieu dans plusieurs pays de par le monde ainsi que dans quelques provinces canadiennes, notamment en Colombie-Britannique, en Nouvelle-Écosse et au Nouveau-Brunswick. Au Québec, un projet pilote de dépistage du radon dans les écoles primaires et quelques lieux publics de certaines municipalités des MRC du Granit et du Haut-Saint-François a d'abord été réalisé au cours de l'hiver 2007 par la Direction de santé publique de l'Estrie. Ce premier projet pilote a notamment permis de démontrer l'existence possible de concentrations élevées en radon dans des édifices publics et d'émettre certains constats relativement à la collaboration active des partenaires et à l'efficacité des mesures correctrices appliquées lorsque celles-ci sont réalisées dans les règles de l'art. D'après les auteurs de cette étude, ces résultats justifiaient d'étendre le dépistage du radon aux autres écoles du Québec. Par la suite, soit en 2009-2010, un projet de dépistage du radon a été entrepris dans des écoles primaires du Québec situées dans des zones dites d'investigation prioritaires. Ce dernier, qui constitue un segment du *Plan d'action intersectoriel québécois sur le radon*, a été réalisé par l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ), en collaboration avec le ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS), le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS), Santé Canada, les commissions scolaires concernées, ainsi que les directions de santé publique (DSP) de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine, des Laurentides et de l'Outaouais.

L'étude, effectuée dans 65 écoles, comportait deux principaux objectifs. Le premier, d'ordre sanitaire, consistait à documenter, dans les écoles primaires ciblées, les concentrations en radon auxquelles les occupants sont exposés aux fins de recommander les interventions appropriées visant, au besoin, à protéger la santé des enfants et du personnel. Le second, d'ordre scientifique, visait à explorer les associations entre les concentrations de radon dans les bâtiments et les différents indicateurs géologiques.

À l'hiver 2010, plus de 500 dosimètres ont été installés dans les écoles des trois régions ciblées par l'étude. Après quelque trois mois d'exposition, les dosimètres ont été retirés des locaux investigués puis expédiés au Bureau de la radioprotection de Santé Canada pour analyse. Les résultats obtenus ont fait ressortir que 83 % des écoles investiguées présentaient des valeurs respectant la directive fédérale, tandis que pour 17 % d'entre elles, au moins un local démontrait un dépassement de cette même ligne directrice. La moyenne arithmétique obtenue pour cette étude<sup>1</sup> était de 56 becquerels par mètre cube (Bq/m<sup>3</sup>). À l'automne 2010, les résultats de l'étude ont été transmis aux partenaires impliqués puis aux publics cibles suivant les modalités définies dans le plan de communication produit à cet effet. Dès le début, il a été convenu que le milieu scolaire veillerait à la mise en œuvre des travaux d'atténuation appropriés dans les écoles où des concentrations mesurées de radon dépassaient la ligne directrice fédérale. Nous espérons que l'intérêt soulevé par ce projet mènera éventuellement les autorités compétentes provinciales et régionales à soutenir ou développer d'autres projets similaires auprès des gestionnaires de bâtiments publics et des propriétaires de bâtiments privés.

---

<sup>1</sup> Moyenne calculée pour tous les locaux des écoles de toutes les régions ciblées.



## TABLE DES MATIÈRES

<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b>IX</b>
<b>LISTE DES FIGURES .....</b>	<b>IX</b>
<b>LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES .....</b>	<b>XI</b>
<b>1 MISE EN CONTEXTE .....</b>	<b>1</b>
1.1 Nature et origine du radon.....	1
1.2 Effets sur la santé .....	1
1.3 Ligne directrice de Santé Canada .....	2
1.4 Plan d'action intersectoriel contre le radon.....	3
1.5 Pertinence de mesurer le radon dans les écoles.....	3
1.6 Zones d'investigation prioritaires .....	4
1.7 Objectifs du projet de recherche.....	4
1.8 Partenaires impliqués dans le projet.....	5
<b>2 MÉTHODOLOGIE.....</b>	<b>7</b>
2.1 Régions, commissions scolaires et écoles ciblées .....	7
2.2 Plan de mesure .....	7
2.3 Acquisition de données complémentaires .....	8
2.4 Traitement statistique des données.....	9
<b>3 RÉSULTATS .....</b>	<b>11</b>
3.1 Analyse générale des résultats obtenus.....	11
3.2 Analyse détaillée .....	13
3.2.1 Caractéristiques géologiques des sites à l'étude .....	13
3.2.2 Caractéristiques structurales des écoles investiguées.....	14
<b>4 INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS .....</b>	<b>17</b>
4.1 Recommandations de l'équipe de recherche.....	17
4.1.1 Description des recommandations.....	19
<b>5 DISCUSSION.....</b>	<b>23</b>
5.1 Éléments contextuels à considérer concernant les mesures de radon obtenues .....	23
5.2 Comparaison avec les données de la littérature .....	24
5.2.1 Données québécoises .....	24
5.2.2 Données dans les écoles canadiennes .....	25
5.3 Influence des caractéristiques géologiques et structurales.....	26
5.4 Approche préconisée par les partenaires en matière d'atténuation .....	27
5.5 Gestion des aspects communicationnels .....	29
5.5.1 Plan de communication .....	29
5.5.2 Chronologie des actions entreprises.....	29
5.6 Bilan du projet .....	30
5.7 Retombées du projet.....	30

<b>6</b>	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>33</b>
	<b>RÉFÉRENCES .....</b>	<b>35</b>
<b>ANNEXE 1</b>	<b>QUESTIONNAIRE PRÉSENTÉ AUX RESPONSABLES DE L'ENTRETIEN DES ÉCOLES À L'ÉTUDE .....</b>	<b>37</b>
<b>ANNEXE 2</b>	<b>DONNÉES TRAITÉES.....</b>	<b>45</b>
<b>ANNEXE 3</b>	<b>CARACTÉRISTIQUES GÉOLOGIQUES DES SITES À L'ÉTUDE .....</b>	<b>49</b>
<b>ANNEXE 4</b>	<b>PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES STRUCTURALES DES BÂTIMENTS À L'ÉTUDE.....</b>	<b>53</b>
<b>ANNEXE 5</b>	<b>OUTILS DE COMMUNICATION .....</b>	<b>57</b>
<b>ANNEXE 6</b>	<b>QUESTIONNAIRE D'ÉVALUATION DU PROJET .....</b>	<b>65</b>

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Description schématique des activités de déploiement .....	8
Tableau 2	Analyse générale des résultats obtenus .....	11
Tableau 3	Caractéristiques géologiques des régions à l'étude .....	14
Tableau 4	Caractéristiques structurales des bâtiments à l'étude .....	15
Tableau 5	Exemple d'une grille d'analyse détaillée destinée aux gestionnaires de bâtiments présentant les mesures de radon obtenues et les recommandations de l'équipe de recherche .....	19
Tableau 6	Comparaison des résultats de l'étude avec les données issues de la littérature .....	24

## LISTE DES FIGURES

Figure 1	Distribution des écoles selon les catégories d'intervention (mesure la plus élevée dans chaque école, tous les étages et toutes les régions confondus).....	12
Figure 2	Arbre décisionnel et scénarios utilisés pour traiter chacune des données obtenues dans les écoles investiguées.....	18



## LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

Bq/m <sup>3</sup>	becquerel par mètre cube
cm	centimètre
eU	équivalent uranium
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
m	mètre
mSv	millisievert
ppm	parties par million
LDF	ligne directrice fédérale
VRC	ventilateur récupérateur de chaleur



# 1 MISE EN CONTEXTE

Il existe un large consensus dans la communauté scientifique qui considère l'exposition au radon dans les bâtiments comme une cause de cancer du poumon qui peut être contrôlée. Santé Canada, en collaboration avec les provinces et les territoires, a récemment revu et abaissé sa ligne directrice afin d'indiquer aux occupants ou aux gestionnaires de bâtiments la concentration à partir de laquelle ceux-ci devraient entreprendre des mesures correctives afin de réduire les teneurs en radon. Dans un objectif d'implantation et de mise en application de la nouvelle directive fédérale, le MSSS a élaboré pour le Québec un *Plan d'action intersectoriel contre le radon*. C'est en accord avec les buts de ce plan d'action que l'INSPQ a réalisé un projet de dépistage du radon qui cible plus spécifiquement des écoles situées dans des zones d'investigation prioritaires, secteurs établis à partir d'indicateurs notamment décrits dans l'étude de Lévesque *et al.* (1995) et de mesures de radon effectuées au cours des dernières décennies. Le projet s'inscrit également dans la *Stratégie nationale sur le radon* de Santé Canada, dont certains volets impliquent la mesure du radon et la cartographie. En plus de fournir une description succincte du projet de dépistage et du contexte dans lequel il s'inscrit, le présent document fait brièvement état de la méthodologie utilisée pour l'installation des appareils de mesure ainsi que du traitement, de l'interprétation et de la divulgation des données obtenues.

## 1.1 NATURE ET ORIGINE DU RADON

Le radon est un gaz radioactif, incolore, inodore et insipide qui provient de la dégradation de l'uranium naturellement présent dans les minéraux du socle rocheux, les sols et l'eau. En sa qualité de gaz, le radon a la propension de migrer par les interstices du sol, vers sa surface. Dans l'air extérieur, les concentrations de radon sont généralement négligeables à cause de la dilution atmosphérique. Dans ces conditions, le radon ne présente pas une préoccupation de santé publique. En revanche, les concentrations de radon peuvent atteindre un seuil problématique en milieu intérieur, notamment dans le sous-sol des bâtiments, en s'infiltrant par les fissures et les entrées de service qui traversent les fondations. Dans un tel contexte, il est considéré comme un contaminant, au potentiel cancérigène. Puisque la principale source de radon dans les édifices provient du substrat sur lequel ils ont été érigés, et considérant que le radon est plus lourd que l'air, il est plus probable de trouver des concentrations élevées aux étages inférieurs de ceux-ci. C'est à la lumière de cette dynamique singulière qu'une attention particulière fut portée aux locaux situés aux plus bas étages des bâtiments investigués.

## 1.2 EFFETS SUR LA SANTÉ

Classé agent cancérigène pour l'homme par la United States Environmental Protection Agency (US EPA) et le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC), le radon (et ses produits de filiation) représente un risque de cancer pulmonaire prouvé chez l'humain. Le radon pénètre dans les poumons avec l'air inspiré. En se désintégrant, le radon ainsi que ses produits de filiation émettent des radiations ionisantes suffisamment énergétiques pour altérer les cellules bronchiques et engendrer des mécanismes génotoxiques susceptibles d'induire un cancer (Hart *et al.*, 1989; NRC 1999; Typografyk 1999). Celui-ci se manifeste généralement plusieurs années après la survenue des altérations (Archer 1991).

D'un point de vue épidémiologique, l'association causale entre l'exposition aux produits de filiation du radon et le cancer du poumon a d'abord été démontrée à partir d'études effectuées chez des populations de mineurs (Samet 1989; Lubin *et al.*, 1995). Par la suite, de nombreuses études ont montré une relation causale entre l'exposition résidentielle au radon et le risque de développer un cancer du poumon, mais cette fois, à des concentrations bien inférieures à celles retrouvées dans les mines (Pershagen *et al.*, 1994; Field *et al.*, 2001; Tomasek *et al.*, 2001; Wang *et al.*, 2002). Selon ces mêmes études, le niveau de risque dépendrait de la concentration de radon à laquelle les individus sont exposés et de la durée de l'exposition. Au Québec, on estime qu'environ 10 % des décès par cancer du poumon seraient associés à l'exposition au radon, ce qui pourrait donc représenter environ 600 des 6300 décès observés annuellement (Société canadienne du cancer 2008).

### 1.3 LIGNE DIRECTRICE DE SANTÉ CANADA

En l'absence d'un règlement ou d'une norme régissant la teneur acceptable en radon dans les maisons et les édifices publics, Santé Canada, en collaboration avec les provinces et les territoires, a élaboré en 1988 une directive indiquant aux occupants ou aux gestionnaires les concentrations à partir desquelles ceux-ci devraient entreprendre des mesures correctives permettant de réduire les teneurs en radon. Le seuil de référence était de 800 Bq/m<sup>3</sup>. Cette ligne directrice a été abaissée à 200 Bq/m<sup>3</sup> par le gouvernement canadien le 9 juin 2007 (voir encadré)<sup>2</sup>.

#### Recommandations de Santé Canada

- Il faut prendre des mesures correctives lorsque la concentration moyenne annuelle de radon dépasse les 200 Bq/m<sup>3</sup> dans les aires normalement occupées d'un bâtiment.
- Plus les concentrations de radon sont élevées, plus il faut agir rapidement.
- Lorsque des mesures correctives sont prises, la teneur en radon doit être réduite au plus bas niveau qu'on puisse raisonnablement atteindre.
- La construction de nouveaux bâtiments devrait se faire à l'aide de techniques qui permettront de réduire au minimum l'entrée de radon et de faciliter l'élimination du radon après la construction, si cela s'avérait nécessaire par la suite.

#### Échéances recommandées par Santé Canada pour la correction

Concentrations de radon	Temps recommandé pour la correction
> 600 Bq/m <sup>3</sup>	Moins d'un an
Entre 200 Bq/m <sup>3</sup> et 600 Bq/m <sup>3</sup>	Moins de deux ans
< 200 Bq/m <sup>3</sup>	Aucune correction requise

<sup>2</sup> Il est à noter que la récente recommandation de [l'Organisation mondiale de la Santé](#) (l'OMS) préconise une directive se situant entre 100 et 300 Bq/m<sup>3</sup>, ce qui est congruent avec la position adoptée par Santé Canada.

## 1.4 PLAN D'ACTION INTERSECTORIEL CONTRE LE RADON

Le MSSS a élaboré un *Plan d'action intersectoriel contre le radon*, en collaboration avec l'INSPQ et plusieurs ministères et organismes concernés, réunis au sein du Comité intersectoriel québécois sur le radon (CIQR). Ce Plan, qui vise essentiellement à réduire le risque de cancer du poumon associé à l'exposition au radon dans l'air intérieur au Québec, s'inscrit dans les objectifs du Programme national de santé publique 2003-2012 du MSSS. Il fait également suite aux recommandations de l'avis scientifique sur le radon produit par l'INSPQ en 2004 et se veut en harmonie avec le plan d'action mis en place par Santé Canada pour l'implantation de la nouvelle ligne directrice canadienne sur le radon.

Les objectifs du *Plan d'action intersectoriel contre le radon* sont :

- D'informer et de sensibiliser la population ainsi que les administrateurs des bâtiments publics sur la problématique du radon.
- D'établir une cartographie de la distribution spatiale du radon au Québec par l'utilisation d'indicateurs géologiques, géochimiques et radiométriques de présence de radon, ainsi que par des mesures directes de concentrations de radon dans les bâtiments.
- De promouvoir les mesures de prévention et lorsque nécessaire, d'atténuation de l'infiltration du radon dans les bâtiments, tant publics que privés.

## 1.5 PERTINENCE DE MESURER LE RADON DANS LES ÉCOLES

L'exposition au radon en milieu intérieur est souvent présentée comme un problème qui ne concerne que les propriétaires de résidences privées. Cependant, considérant certaines situations, comme le fait que les enfants d'âge scolaire peuvent passer près du quart de leur temps à l'école et qu'ils peuvent être exposés au radon tôt dans leur vie, on ne peut pas négliger l'efficacité potentielle d'une intervention dans ces lieux sur la réduction d'une exposition cumulative au radon. Fréquemment situées au cœur des communautés, les écoles sont des lieux d'étude privilégiés puisqu'elles sont couramment occupées tant pour des activités à vocation scolaire, que récréative ou communautaire. Une étude coût-efficacité réalisée au Royaume-Uni dans les maisons, les écoles et les établissements de santé d'une région considérée à risque a montré que c'est dans les écoles que le rendement des interventions s'est avéré le plus élevé. De plus, des activités de dépistage en milieu scolaire ont été réalisées ailleurs au Canada (Colombie-Britannique, Nouvelle-Écosse, Ontario, Saskatchewan, Nouveau-Brunswick) ainsi que dans divers pays, ce qui permet de procéder à certaines comparaisons. Ce choix repose également sur l'avis de l'INSPQ (Dessau *et al.*, 2004) qui mentionne que *les options qui semblent les plus prometteuses sont l'adoption dans le code de construction de mesures pour prévenir l'infiltration du radon dans les nouvelles habitations ainsi que le dépistage des niveaux élevés de radon dans les lieux publics (écoles, garderies, etc.)*.

Les aspects structuraux caractérisant les écoles primaires constituent un intérêt supplémentaire pour l'étude. En effet, parce que ce sont généralement de petits bâtiments, relativement simples sur le plan structurel (absence d'ascenseur, de système de ventilation mécanique complexe, souvent construits sur un seul type de fondation et possédant peu d'étages), il s'avère

relativement simple d'établir une caractérisation des lieux. Comme les techniques de construction des écoles sont relativement uniformes, ces bâtiments peuvent être comparés d'une région à une autre. Enfin, comme ce type de bâtiment s'apparente aux constructions résidentielles, les résultats observés peuvent s'avérer utiles pour évaluer l'exposition de la communauté environnante.

## 1.6 ZONES D'INVESTIGATION PRIORITAIRES

À partir de certains indicateurs géologiques, géochimiques et radiologiques, il est possible d'identifier au Québec des secteurs habités propices à l'émanation de radon où le risque d'exposition dans l'air intérieur pourrait être plus élevé. Un secteur peut être désigné comme tel s'il possède au moins un des critères suivants : être considéré comme un district radioactif; avoir des formations géologiques uranifères; dévoiler une signature radiométrique (spectroscopie gamma aéroportée exprimée en équivalents uranium – eU) supérieure à 2 ppm ou encore, renfermer des dépôts sédimentaires lacustres et/ou fluviaux présentant des concentrations en uranium supérieures à 4 ppm. Ces secteurs sont d'ailleurs identifiés comme étant prioritaires (zones d'investigation prioritaires<sup>3</sup>) dans le *Plan d'action intersectoriel contre le radon*. Il a été convenu, dans le cadre de cette stratégie, que les opérations de dépistage du radon soient effectuées prioritairement dans ces secteurs.

## 1.7 OBJECTIFS DU PROJET DE RECHERCHE

Le projet réalisé par l'INSPQ a pour principal objectif de réaliser le dépistage du radon dans des écoles primaires publiques du Québec situées dans des zones d'investigation prioritaires. Les objectifs spécifiques sont :

- De connaître, dans les écoles primaires ciblées, les concentrations en radon auxquelles les occupants sont exposés.
- De diminuer, dans les cas où des mesures correctives sont nécessaires, l'exposition cumulative au radon des occupants de ces établissements.
- De raffiner les associations entre les indicateurs géologiques, géochimiques et radiométriques sélectionnés, dans le but éventuel de préciser plus efficacement la distribution spatiale des zones propices à émettre du radon et de confirmer le statut à risque des secteurs étudiés.
- D'identifier les aspects structuraux des bâtiments étudiés les plus susceptibles d'influencer les concentrations de radon.

Le projet vise également à développer l'approche avec les différents partenaires impliqués et à valider un protocole expérimental qui pourrait par la suite être utilisé dans le cadre d'une activité de dépistage à l'échelle de la province. De plus, puisqu'il est prévu d'appliquer le protocole analytique de Santé Canada dans ses grandes orientations, les données obtenues dans la présente étude pourront être utilisées à des fins de cartographie par les instances gouvernementales provinciales.

---

<sup>3</sup> Contrairement à l'expression « zone d'investigation prioritaire » définie ci-haut, l'expression « zone à risque » désigne des secteurs géographiques où l'on aura identifié la présence concomitante de plusieurs indicateurs de radon. Ce travail a été entrepris par l'INRS au cours de l'année.

## **1.8 PARTENAIRES IMPLIQUÉS DANS LE PROJET**

### **Directions de santé publique (DSP)**

Les directions de santé publique des régions concernées par le projet avaient pour tâche de répondre aux interrogations d'ordre sanitaire de santé suscitées par la mise en œuvre du projet. Les DSP se sont avérées des partenaires importants pour le suivi de la campagne de dépistage tant avec les commissions scolaires impliquées qu'avec la population, particulièrement pour les aspects de communication.

### **Commissions scolaires**

Les commissions scolaires, conformément à leur mandat, se sont montrées des partenaires de premier plan, notamment en ce qui concerne les contacts à établir avec les directions des écoles, l'information à diffuser, la logistique à déployer et la prise en charge des travaux d'atténuation. Des personnes ressources ont été désignées pour soutenir l'équipe de recherche lors de l'installation et du retrait des dosimètres. Ce sont également les commissions scolaires qui ont apporté leur soutien financier à la mise en œuvre des travaux d'atténuation, les mesures post atténuation servant à vérifier l'efficacité de ces dernières et enfin, les mesures de suivi.

### **Institut national de recherche scientifique (INRS)**

L'Institut national de recherche scientifique a conclu une entente avec l'INSPQ en ce qui concerne la cartographie du radon pour le territoire québécois. L'INRS possède une expertise reconnue dans ce domaine. Les informations issues du projet ont été intégrées dans la banque de données servant à bonifier cette cartographie. L'INRS a également fourni les données radiogéochimiques associées aux sites étudiés.

### **Santé Canada**

Santé Canada fut un bailleur de fonds et un partenaire important pour ce projet, compte tenu de son expertise en la matière. Conformément au protocole d'accord établi, Santé Canada a fourni l'ensemble des dosimètres nécessaires à l'étude, assumé les coûts des analyses, en plus d'assumer la formation de l'équipe technique de l'INSPQ. Enfin, Santé Canada a offert sa collaboration pour certains aspects logistiques, notamment en offrant l'accès à du matériel de communication.

### **Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS)**

Dans le cadre du présent projet, la collaboration du MELS s'est avérée essentielle, d'abord pour initier et faciliter les contacts avec les commissions scolaires, puis pour soutenir le projet vis-à-vis ces dernières. La direction de l'équipement scolaire du MELS a également mis à la disposition des gestionnaires des commissions scolaires les services d'un ingénieur pour la planification et la mise en œuvre des travaux d'atténuation.

### **Ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS)**

Le MSSS fut le principal bailleur de fonds pour le projet ainsi que porteur du dossier de la protection contre le radon au Québec; c'est lui qui met en œuvre le *Plan d'action intersectoriel contre le radon* en collaboration avec les différents partenaires. Le MSSS est également responsable d'informer la population québécoise sur la problématique.

## 2 MÉTHODOLOGIE

### 2.1 RÉGIONS, COMMISSIONS SCOLAIRES ET ÉCOLES CIBLÉES

Les régions à l'étude, soit celles de la Gaspésie, des Laurentides et de l'Outaouais, ont d'abord été choisies dues au fait qu'on y retrouve des zones d'investigation prioritaires. Comme le projet concernait les écoles, il a été convenu que le dépistage serait effectué sur la base des entités géographiques que constitue le territoire des commissions scolaires. Après évaluation de la situation qui prévalait dans ces régions, il a été convenu d'effectuer le dépistage dans trois commissions scolaires, soit celles des Chic-Chocs, de Pierre-Neveu et des Hauts-Bois-de-l'Outaouais, respectivement. L'ensemble des écoles primaires situées sur le territoire de ces commissions scolaires (soit environ une vingtaine par région) a été investigué afin d'obtenir un recouvrement spatial le plus complet possible et d'obtenir une puissance statistique adéquate.

De plus, pour des raisons d'acceptabilité sociale, l'équipe de recherche a inclus les écoles primaires publiques anglophones des commissions scolaires Western Québec présentes sur les territoires administratifs des commissions scolaires des Haut-Bois-de-l'Outaouais et des Chic-Chocs respectivement. Mentionnons que les écoles secondaires n'ont pas été retenues dans le présent projet étant donné que la plupart d'entre elles se retrouvent dans des bâtiments plus gros possédant des spécificités structurales susceptibles de complexifier le dépistage (ascenseur, ventilation mécanique, multiples étages, etc.). Par ailleurs, il existe d'autres secteurs au Québec où la présence d'indices géologiques et/ou de mesures de radon antérieures pourrait justifier de mener une campagne de dépistage. Cependant, en raison des limites budgétaires et organisationnelles, il s'est avéré pertinent de retenir un nombre défini de secteurs correspondant aux zones étant potentiellement les plus exposées au radon.

### 2.2 PLAN DE MESURE

D'abord, mentionnons que le protocole s'inspire largement de la démarche préconisée par Santé Canada. Des appareils de mesure de type *Alpha track* ont été installés à proximité d'un mur intérieur (approximativement à 40 cm) dans la zone d'air normalement respiré, soit entre 0,8 m et 2 m du plancher, à au moins 50 cm du plafond. Afin d'éviter qu'ils soient manipulés, déplacés ou altérés par les occupants, les dosimètres ont été fixés dans la partie supérieure des murs (sur un meuble, une étagère ou une tablette). Un dosimètre a été installé dans chacun des locaux normalement occupés, situés aux étages les plus bas de l'édifice (sous-sol et rez-de-chaussée – occupés par une même personne pendant plus de quatre heures par jour). À des fins de contrôle de la qualité, une série de duplicata ont été installés. Lorsque le résultat d'un duplicata s'avérait significativement différent du résultat de la mesure (différence > 15 %), l'équipe de recherche a recommandé que la mesure du local en question soit répétée. Des contrôles négatifs (dosimètre conservé intact dans son sachet, placé à proximité du dosimètre actif) ont également été inclus au plan de mesure. Comme dans le cas des duplicata, les résultats divergeant issus des contrôles négatifs ont fait l'objet d'une recommandation distincte. Ces dosimètres ont été exposés à l'air ambiant des bâtiments investigués pour une période de trois mois.

Ainsi, entre le 17 janvier et le 19 février 2010, 585 dosimètres de type *Alpha track* ont été déployés dans 65 écoles des commissions scolaires des Chics-Chocs, d'Eastern Shores, de Pierre-Neveu, des Hauts-Bois-de-l'Outaouais et de Western Québec (tableau 1). En avril 2010, ces dosimètres ont été collectés par le personnel des commissions scolaires impliquées puis envoyés à l'INSPQ par courrier recommandé. À la suite d'une vérification effectuée par l'équipe de recherche, les dosimètres ont été confiés au laboratoire d'analyse du Bureau de la radioprotection de Santé Canada. Les résultats d'analyse ont été communiqués à l'équipe de recherche de l'INSPQ le 17 août 2010.

**Tableau 1 Description schématique des activités de déploiement**

Régions	Commissions scolaires	Période de déploiement	Nombre d'écoles investiguées	Nombre de dosimètres déployés*
Gaspésie	Chic-Chocs	17 au 22 janvier 2010	17	105
	Eastern Shores		2	24
Laurentides	Pierre-Neveu	1 au 5 février 2010	22	225
Outaouais	Haut-Bois-de-l'Outaouais	15 au 19 février 2010	18	162
	Western Québec		6	69

\* Ce nombre exclut les blancs et les duplicata.

### 2.3 ACQUISITION DE DONNÉES COMPLÉMENTAIRES

De façon complémentaire, une série de renseignements de nature structurale et géologique ont été compilés avant l'installation des dosimètres. Fournis par un spécialiste en bâtiment identifié par les commissions scolaires, les renseignements relatifs aux caractéristiques structurales des écoles investiguées ont été colligés à partir d'un formulaire autoadministré. Celui-ci comprend notamment des questions portant sur la présence d'un vide sanitaire, d'une dalle de béton, le type de ventilation, etc. (voir annexe 1).

D'autre part, les données à caractère géologique correspondant aux sites d'investigation ont été fournies par les partenaires de l'INRS. Les données géochimiques de concentrations en uranium dans les sédiments de lacs et de ruisseaux ont été obtenues à la suite d'une entente entre l'INRS et le ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec (MRNF). D'autre part, les données radiométriques sont issues de cartes de radiométrie gamma disponibles sur le site de Ressources naturelles Canada ([http://gdr.nrcan.gc.ca/gamma/comp\\_f.php](http://gdr.nrcan.gc.ca/gamma/comp_f.php)). Il est à noter que la région de la Gaspésie n'est pas couverte par le registre de données fourni par le ministère fédéral. Enfin, le registre des unités géologiques répertoriées sur les sites à l'étude est issu de la carte géologique du Québec du MRNF alors que les formations propices aux émissions de radon ont été fournies par M. Jean-Yves Labbé, géologue au MRNF.

## 2.4 TRAITEMENT STATISTIQUE DES DONNÉES

### **Variable dépendante : la concentration de radon**

La lecture des dosimètres a été effectuée par le fournisseur des appareils (Bureau de radioprotection de Santé Canada). La concentration du radon est exprimée en becquerels par mètre cube ( $\text{Bq/m}^3$ ). La limite de détection inférieure est de  $15 \text{ Bq/m}^3$  alors que la limite supérieure est de  $1500 \text{ Bq/m}^3$  (déterminée pour une période de 3 mois d'exposition).

### **Variables indépendantes : caractéristiques géologiques et structurales**

Les variables indépendantes regroupent des données discrètes et continues décrivant respectivement les caractéristiques géologiques et structurales des sites et des bâtiments à l'étude. D'une part, elles rassemblent les formations géologiques propices (valeurs discrètes), les concentrations en uranium dans les sédiments de lacs et de ruisseaux ainsi que les émissions gamma émises par la surface (valeurs continues en ppm). D'autre part, elles intègrent des renseignements à caractère structural (déclinées sous forme de valeurs discrètes) tels que le niveau de la pièce, la présence d'un vide sanitaire, le type de ventilation, etc.

### **Approche statistique préconisée**

Dans un premier temps, les données brutes (mesures dans les locaux investigués; variable dépendante) ont subi un premier traitement visant à établir pour chacune des écoles à l'étude la moyenne arithmétique de tous les locaux investigués (MoyArithÉcole), des locaux du sous-sol (MoyArithSS), des locaux du rez-de-chaussée (MoyArithRC), la moyenne géométrique de tous les locaux investigués (MoyGéoÉcole), des locaux du sous-sol (MoyGéoSS), des locaux du rez-de-chaussée (MoyGéoRC) ainsi qu'à dégager la valeur maximale obtenue pour tous les locaux investigués (MaxÉcole), les locaux du sous-sol (MaxSS) et les locaux du rez-de-chaussée (MaxRC) (voir annexe 2) .

Les conditions nécessaires à l'utilisation de tests paramétriques étant satisfaites (la distribution des concentrations de radon dans les bâtiments suivant une distribution log normal) des modèles statistiques simples ont été utilisés pour comparer les mesures obtenues pour les 3 régions à l'étude (analyses de variance de type ANOVA (*Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks*) à partir des données agrégées (MoyArithÉcole, MoyArithSS, MoyArithRC, MoyGéoÉcole, MoyGéoSS, MoyGéoRC, MaxÉcole, MaxSS, MaxRC). Lorsqu'une différence significative était observée entre les régions, des tests de comparaisons multiples (*Dunn's method*) étaient appliqués pour discriminer les régions où les mesures de radon sont significativement différentes des autres. De façon accessoire, des analyses de variance suivies de tests de comparaisons multiples ont également été effectuées sur les mesures de concentrations en uranium dans les sédiments de lacs et de ruisseaux ainsi que les émissions gamma émises par la surface regroupées sous l'étiquette des régions ciblées.

Par la suite, l'effet respectif des caractéristiques géologiques et structurales sur les concentrations de radon agrégées a fait l'objet d'une évaluation quantitative. Des matrices de corrélation (*Spearman Rank Order Correlation*; les données ne répondant pas à une distribution log-normale) ont été utilisées pour vérifier s'il y a une association entre les

variables dépendantes agrégées et indépendantes. Une approche de type continue à d'abord été utilisée puis une approche dichotomique a été mise de l'avant en scindant les variables dépendantes agrégées en deux groupes; soit celles étant supérieures à  $200 \text{ Bq/m}^3$  et celles inférieures à  $200 \text{ Bq/m}^3$ . Un seuil de significativité statistique de 0,05 a été retenu pour l'ensemble des analyses déclinées.

## 3 RÉSULTATS

### 3.1 ANALYSE GÉNÉRALE DES RÉSULTATS OBTENUS

Dans l'ensemble, les résultats obtenus étaient généralement situés sous la ligne directrice fédérale (LDF) et variaient entre 15 et 663 Bq/m<sup>3</sup>. Alors que la limite inférieure de la plage correspond au seuil de détection, l'activité volumique maximale enregistrée dans le cadre de cet exercice a été relevée à l'école Notre-Dame-des-Neiges de Marsoui, en Gaspésie (663 Bq/m<sup>3</sup>). Il est à noter que les concentrations de radon mesurées au rez-de-chaussée de cette école (aucune mesure étant disponible pour le sous-sol) ont rehaussé les moyennes arithmétiques présentées pour la région de la Gaspésie, et ce, au-delà des concentrations moyennes définies pour le sous-sol des écoles de cette région. Au total, 24 dosimètres ont été égarés au cours de la période de mesure (soit ~ 4 % des dosimètres déployés), ce qui apparaît peu élevé, compte tenu du milieu dans lequel les dosimètres étaient déployés (présence d'enfants). De plus, aucun résultat aberrant n'a été observé. Suivant l'élaboration de ces constats généraux, les paramètres statistiques de base ont été calculés (voir tableau 2).

L'analyse de variance effectuée n'a pas permis de dégager de différences significatives entre les mesures de radon agrégées (MoyArithÉcole, MoyArithSS, MoyArithRC, MoyGéoÉcole, MoyGéoSS, MoyGéoRC, MaxÉcole, MaxSS, MaxRC) pour les écoles des 3 régions à l'étude (Gaspésie, Laurentides, Outaouais).

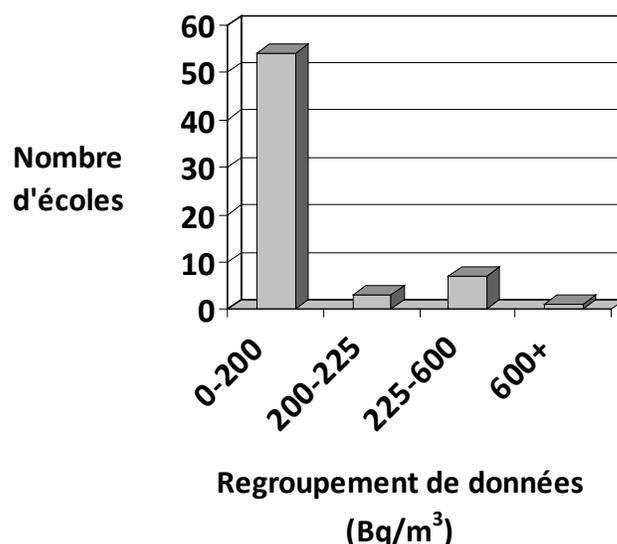
**Tableau 2 Analyse générale des résultats obtenus**

Paramètres évalués	Toutes les régions n = 561	Gaspésie n = 127	Laurentides n = 221	Outaouais n = 213
<b>Ensemble de l'école</b>				
Donnée minimale obtenue (Bq/m <sup>3</sup> )	15	15	15	15
Donnée maximale obtenue (Bq/m <sup>3</sup> )	663	663	453	206
<b>Rez-de-chaussée</b>				
Moyenne arithmétique (5 <sup>e</sup> p.c.- 95 <sup>e</sup> p.c.)(Bq/m <sup>3</sup> )	51 (15 - 155)	82 (15 - 286)	46 (15 - 157)	40 (15 - 93)
Écart type (Bq/m <sup>3</sup> )	73	134	49	32
<b>Sous-sol</b>				
Moyenne arithmétique (5 <sup>e</sup> p.c.- 95 <sup>e</sup> p.c.)(Bq/m <sup>3</sup> )	71 (15 - 205)	62 (15 - 131)	98 (17 - 311)	55 (15 - 147)
Écart type (Bq/m <sup>3</sup> )	72	62	96	45
Dosimètres égarés	24 (4,1 %)	2 (1,6 %)	4 (1,7 %)	18 (7,7 %)

Sur la base de la mesure la plus élevée obtenue (tous étages confondus) dans chacune des écoles investiguées, les bâtiments ont été regroupés en 4 catégories distinctes (voir figures 1 et 2). Ces catégories (ou regroupements) ont été définies suivant les recommandations émises dans la ligne directrice de Santé Canada.

Ainsi, les mesures de radon obtenues pour 54 des 65 écoles investiguées présentent des concentrations de radon sous la ligne directrice de Santé Canada de 200 Bq/m<sup>3</sup> (soit 83 % des écoles investiguées). Trois des écoles investiguées (soit 5 %) présentaient une concentration maximale de radon comprise entre 200 et 225 Bq/m<sup>3</sup> alors que 7 d'entre elles (soit 11 %) présentaient une concentration maximale située entre 225 et 600 Bq/m<sup>3</sup>. D'autre part, des concentrations de radon excédant 600 Bq/m<sup>3</sup> n'ont été mesurées que dans les locaux que d'une seule école (soit, moins de 1 % des écoles investiguées).

De façon plus détaillée, c'est en Outaouais que les mesures moyennes obtenues, tant au sous-sol qu'au rez-de-chaussée, se sont avérées les plus basses. Seules 2 écoles ont montré des concentrations de radon légèrement au-dessus de la LDF (8 %) alors que la grande majorité des écoles investiguées dans cette région (92 %) ont présenté des résultats relativement peu élevés. Dans les Laurentides, 18 des 22 écoles investiguées (82 %) ont présenté des concentrations sous la LDF alors que quatre écoles ont présenté au moins une mesure entre 200 et 600 Bq/m<sup>3</sup> (soit 18 % des écoles investiguées). Comme dans les autres régions, la majeure partie des écoles investiguées en Gaspésie ont présenté des concentrations de radon sous la LDF (soit 74 %) alors que des concentrations entre 225 et 600 Bq/m<sup>3</sup> ont été mesurées dans les locaux de 4 d'entre elles (soit 21 %). Tel que mentionné précédemment, une seule école a présenté des concentrations excédant 600 Bq/m<sup>3</sup>.



**Figure 1** Distribution des écoles selon les catégories d'intervention (mesure la plus élevée dans chaque école, tous les étages et toutes les régions confondus)

## **3.2 ANALYSE DÉTAILLÉE**

### **3.2.1 Caractéristiques géologiques des sites à l'étude**

#### **Signature géochimique**

Les mesures d'uranium total effectuées dans les sédiments de lacs et de ruisseaux pour toutes les régions à l'étude varient entre 0,57 et 25,85 ppm. En Gaspésie, la mesure moyenne calculée pour les sites à l'étude est de 2,39 ppm alors qu'elle atteint 10,03 ppm en Outaouais et 17,08 ppm dans les Laurentides. On observe une différence significative entre les mesures obtenues dans les différentes régions à l'étude (tableau 3 et annexe 3).

#### **Signature radiométrique**

Pour l'ensemble des sites, les signatures gamma varient entre 0,70 et 1,45 équivalent uranium (ppm eU). Il est à noter qu'aucune donnée n'était disponible pour la région de la Gaspésie. D'autre part, les mesures obtenues pour les sites localisés dans la région des Laurentides (1,06 ppm) étaient significativement plus élevées que celles obtenues pour la région de l'Outaouais (0,63 ppm) (tableau 3 et annexe 3).

#### **Signature pétrographique**

En Gaspésie, on retrouve 8 formations distinctes appartenant à la province géologique des Appalaches et dont la majorité d'entre elles contiennent des unités rocheuses propices aux émissions de radon. Parmi ces unités, celles contenant des mudstones, claystones et shales riches en matières organiques sont particulièrement susceptibles de contenir des concentrations appréciables d'uranium et dans une certaine mesure d'émettre du radon. Dans les Laurentides, la géologie relativement complexe de la province du Grenville ne permet pas d'identifier des strates rocheuses distinctes pouvant être associées à des formations géologiques. D'autre part, il demeure possible d'identifier de grandes unités métamorphiques provenant de la transformation de roches ignées ou de schistes argileux entrecoupés de grands intrusifs granitiques. La majorité de ces unités présentent un potentiel d'émission de radon non négligeable. Tout comme les Laurentides, le territoire de l'Outaouais s'étend en majeure partie sur la province de Grenville, en marge d'un grand paléocontinent, la Laurentia. Les unités issues de processus géologiques propres aux marges continentales sont constituées de métasédiments composés de marbres, gneiss, paragneiss, quartzites, ainsi que d'amphibolites d'origine volcanique. Seuls les gneiss, granites et pegmatites sont susceptibles d'émettre du radon (tableau 3 et annexe 3).

L'analyse statistique n'a montré aucune corrélation entre les mesures de radon agrégées continues (MoyArithÉcole, MoyArithSS, MoyArithRC, MoyGéoÉcole, MoyGéoSS, MoyGéoRC, MaxÉcole, MaxSS, MaxRC) et les caractéristiques géologiques propres aux sites à l'étude (concentration d'uranium dans les dépôts de surface, émissions gamma et formations géologiques propices). D'autre part, l'approche dichotomisée a montré une faible corrélation entre certaines mesures moyennes calculées et les formations géologiques propices :

- Moyennes arithmétiques calculées aux rez-de-chaussée (MoyArithRC) et les formations géologiques propices ( $r = 0,282$ ;  $p = 0,0276$ );

- Moyennes géométriques calculées pour les écoles (MoyGéoÉcole) et les formations géologiques propices ( $r = 0,253$ ;  $p = 0,0422$ );
- Moyennes arithmétiques calculées pour les écoles (MoyArithÉcole) et les formations géologiques propices ( $r = 0,253$ ;  $p = 0,0422$ ).

**Tableau 3 Caractéristiques géologiques des régions à l'étude**

Paramètres évalués	Toutes les régions	Gaspésie	Laurentides	Outaouais
Concentrations minimales d'uranium dans les sédiments (ppm)	0,57	0,78	2,49	0,57
Concentrations maximales d'uranium dans les sédiments (ppm)	25,85	9,50	25,85	23,61
Concentrations moyennes (arithm.) d'uranium dans les sédiments (écart type) (ppm)	10,16 (8,50)	2,30 (2,46)	17,08 (7,71)	10,03 (6,74)
Émissions gamma minimales (eq U ppm)	0,16	ND	0,60	0,16
Émissions gamma maximales (eq U ppm)	1,45	ND	1,45	1,18
Émissions gamma moyennes (arithm.) (écart type) (eq U ppm)	0,83	ND	1,05 (0,27)	0,63 (0,25)
Principales unités géologiques potentiellement impliquées dans la production de radon	-	mudstone, claystone	granite, quartzite, monzonite, tonalite	gneiss, granite, pegmatite

### 3.2.2 Caractéristiques structurales des écoles investiguées

Les écoles primaires publiques investiguées ont été construites entre 1911 et 1997. De façon générale, ce sont de petits bâtiments possédant une superficie moyenne de 1305 m<sup>2</sup>, disposée sur un maximum de 4 étages. Ils sont généralement constitués d'une charpente de bois, reposent sur des fondations de béton coulé et sont suffisamment isolés pour affronter les rigueurs de l'hiver canadien. Aux fins de la présente étude, les auteurs considèrent ces bâtiments comme relativement similaires. Le tableau 4 présente les principales caractéristiques du parc immobilier investigué (voir annexe 4 pour données détaillées). Puisque certaines écoles investiguées ont fait l'objet de plusieurs phases d'agrandissement, il demeure possible de retrouver plusieurs types de fondations au sein d'un même bâtiment. Ainsi, certaines écoles possèdent un vide sanitaire sous leur partie centrale et une dalle de fondation en béton coulée dans une section adjacente construite ultérieurement.

Il est à noter que l'analyse statistique continue a dégagé une faible corrélation entre la mesure maximale obtenue dans les écoles (MaxÉcole) et l'absence de système de ventilation général ( $r = 0,258$ ;  $p = 0,0381$ ). En d'autres termes, les mesures de radon les plus élevées ont été obtenues dans des écoles où il n'y a pas de système de ventilation; en corollaire, les mesures de radon les plus basses sont associées à la présence d'un système de ventilation mécanique général. Par ailleurs, l'approche dichotomique n'a pas permis d'établir de corrélations significatives entre les variables considérées.

**Tableau 4 Caractéristiques structurales des bâtiments à l'étude**

Paramètres évalués	Toutes les régions n = 65	Gaspésie n = 19	Laurentides n = 22	Outaouais n = 24
Âge (a) (moyenne - écart type)	1952 - 13	1955 - 9	1948 - 12	1953 - 17
Nombre d'étages (moyenne - écart type)	2,4 - 0,6	2,1 - 0,3	2,5 - 0,8	2.6 - 0,6
Superficie (m <sup>2</sup> ) (moyenne - écart type)	1305 - 1019	1377 - 669	878 - 845	1680 - 1241
Fenêtre ouvrable au rez-de-chaussée (n - %)	64 - 98 %	19 - 100 %	22 - 100 %	23 - 96 %
Fenêtre ouvrable au sous-sol (n - %)	45 - 69 %	12 - 63 %	14 - 64 %	19 - 79 %
Système de ventilation général (n - %)	7 - 11 %	2 - 11 %	0 - 0 %	5 - 21 %
Sous-sol (n - %)	52 - 80 %	17 - 89 %	13 - 59 %	22 - 92 %
Dalle de béton (n - %)	57 - 88 %	19 - 100 %	17 - 77 %	21 - 88 %
Vide sanitaire (n - %)	12 - 18 %	6 - 32 %	2 - 9 %	4 - 17 %



## **4 INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS**

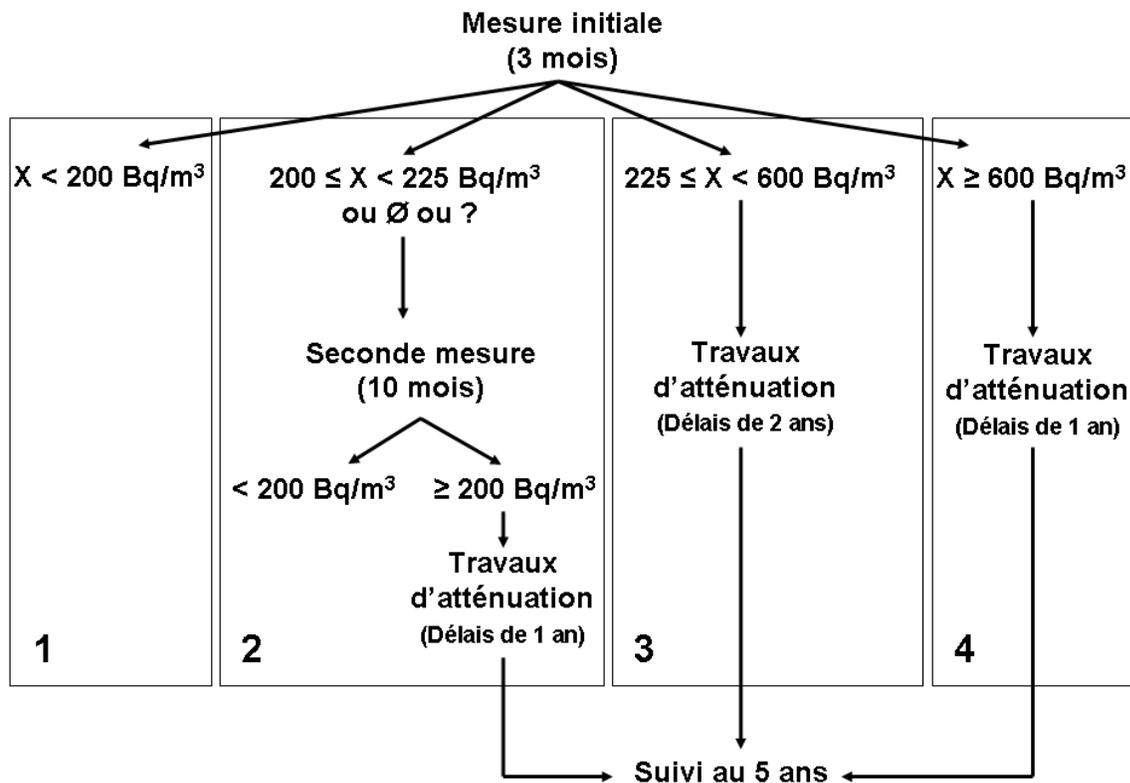
### **4.1 RECOMMANDATIONS DE L'ÉQUIPE DE RECHERCHE**

Afin de limiter toute confusion dans l'interprétation des mesures de radon obtenues, une analyse détaillée des résultats a été élaborée à l'intention des gestionnaires de bâtiments des commissions scolaires impliquées. Un exemple de cette analyse décrivant les données obtenues dans une école est présenté au tableau 5. Cet exemple présente l'ensemble des résultats obtenus dans l'enceinte de l'école ainsi que les recommandations appropriées. Ces recommandations s'appliquent aux mesures distinctes (local par local) et non pas sur la moyenne obtenue pour le bâtiment.

Compte tenu de la marge d'erreur liée à l'appareil de mesure utilisé, il a été convenu que toute mesure comprise entre 200 et 225 Bq/m<sup>3</sup> devrait être reprise sur une période de 10 mois. Cette recommandation visait à éviter les faux positifs. L'équipe scientifique considère néanmoins cette nouvelle mesure comme une démarche minimale devant être entreprise par les gestionnaires du bâtiment ou du local concerné. Les gestionnaires demeuraient cependant libres d'appliquer des mesures plus interventionnistes (c.-à-d. mesures qui vont au-delà des exigences prescrites par la LDF; tant en ce qui a trait au seuil qu'aux délais d'intervention).

Les recommandations concernant les mesures d'atténuation à effectuer dans un local donné dont les concentrations dépassent la LDF tenaient compte à la fois de la concentration de radon retrouvée ainsi que de la vocation du local et du temps d'utilisation. À des fins de gestion, une proposition concernant l'ensemble du bâtiment fut également présentée. L'approbation et la mise en œuvre de ces options demeurait à la discrétion des gestionnaires des bâtiments concernés. Quelles que soient les options de gestion retenues, elles devraient respecter les délais de correction prescrits par le Bureau de la radioprotection de Santé Canada en fonction de l'ampleur de dépassements.

Afin de faciliter l'interprétation des différents cas de figure pouvant se présenter, quatre scénarios types ont été élaborés. Pour chacun de ces scénarios, des recommandations appropriées (suivant le plus fidèlement possible le libellé de la directive de Santé Canada) ont été proposées (voir figure 2).



**Figure 2** Arbre décisionnel et scénarios utilisés pour traiter chacune des données obtenues dans les écoles investiguées

Légende : X représente chacune des données obtenues dans une même école.  
 ∅ signifie qu'un dosimètre est déplacé, perdu, détruit ou inopérant.  
 ? signifie que des résultats suscitent un questionnement les rendant non interprétables.

Adapté des recommandations de Santé Canada.

Les quatre scénarios décrits dans la figure 2 font référence aux encadrés correspondant (action recommandée) dans le tableau 5. La description de chaque scénario est présentée dans la section suivante.

**Tableau 5 Exemple d'une grille d'analyse détaillée destinée aux gestionnaires de bâtiments présentant les mesures de radon obtenues et les recommandations de l'équipe de recherche**

**École Y**                      **Nombre de dosimètres déployés : 10**  
**Municipalité Z**           **Moyenne du bâtiment (Bq/m<sup>3</sup>) : 185**

Localisation		Résultat		Action recommandée		
Pièce	Étage	# détecteur	Concentration (Bq/m <sup>3</sup> )	Nouvelle mesure requise	Recommandation	Scénario de référence
Gymnase	-1	A014979	310	NON	Atténuation d'ici 2 ans	3
Local 109	-1	A016292	320	NON	Atténuation d'ici 2 ans	3
Local 201	1	A014978	166	NON	Aucune action à entreprendre	1
Local 202	1	A043427	149	NON	Aucune action à entreprendre	1
Local 204	1	A043273	160	NON	Aucune action à entreprendre	1
Local 205	1	A043422	136	NON	Aucune action à entreprendre	1
Local 208	1	A043437	155	NON	Aucune action à entreprendre	1
Local 211	1	A043476	212	OUI	Atténuation d'ici 2 ans si la nouvelle mesure excède la ligne directrice fédérale	2
Local 212	1	A043445	83	NON	Aucune action à entreprendre	1
Local 216	1	A016251	155	NON	Aucune action à entreprendre	1

Légende : -1 = sous-sol; 1 = rez-de-chaussée.

**Recommandation de l'équipe de recherche :** Pour ce bâtiment, il est proposé à court terme de changer la vocation du local 109, et du gymnase et/ou d'y augmenter le taux de renouvellement de l'air; d'ici 2 ans, identifier la source du problème et apporter les mesures d'atténuation adéquates. En ce qui concerne le local 211, une remesure est recommandée; si la nouvelle mesure excède la ligne directrice fédérale, il sera recommandé d'apporter les mesures d'atténuation adéquates d'ici 2 ans.

#### 4.1.1 Description des recommandations

##### Scénario 1 : Aucune action à entreprendre

Le bâtiment présente des concentrations de radon sous la LDF et conséquemment, aucune action spécifique au radon n'est suggérée. Il est à noter que si des modifications susceptibles d'augmenter l'infiltration des gaz souterrains sont apportées au bâtiment, il s'avèrerait alors approprié de procéder à une nouvelle mesure de radon dans les aires occupées concernées.

### **Scénario 2 : Une seconde mesure est recommandée**

Afin de s'assurer de la validité de la mesure, il a été recommandé, lorsque les concentrations mesurées présentent des problèmes d'interprétation, de reprendre une mesure de radon, dans le ou les locaux identifiés, sur une période minimale de 10 mois. Dans le cas où cette nouvelle mesure confirmait un dépassement de la ligne directrice fédérale, il était recommandé d'apporter les mesures d'atténuation appropriées.

Cette approche ne s'éloigne pas de la ligne directrice de Santé Canada, qui recommande, dans le cas où les concentrations moyennes (moyennes annuelles) se situent entre 200 et 600 Bq/m<sup>3</sup>, d'entreprendre des travaux correctifs dans un délai de deux ans. En effet, le fait de procéder à une seconde mesure l'année suivante, qui confirmerait le dépassement observé lors de la première mesure, n'entraverait en rien le début des travaux, qui pourront toujours s'effectuer dans les délais prescrits. Il est à noter que la plage située entre 200 et 225 Bq/m<sup>3</sup> correspond à l'incertitude sur la mesure.

### **Scénario 3 : Une mesure d'atténuation est recommandée**

Si les concentrations de radon mesurées se situent entre 225 et 600 Bq/m<sup>3</sup> il a été recommandé d'appliquer la ligne directrice de Santé Canada et de procéder à des travaux d'atténuation dans un délai de deux ans. Tout en respectant les délais prescrits par Santé Canada, il pourrait s'avérer approprié, à court terme, d'augmenter le taux de renouvellement de l'air dans le local concerné, et ce, selon les recommandations du code de construction.

### **Scénario 4 : Une mesure d'atténuation est recommandée**

Si les concentrations de radon mesurées excèdent 600 Bq/m<sup>3</sup>, il a été recommandé de mettre en place des mesures d'atténuation dès l'année suivante. Tout en respectant les délais prescrits par Santé Canada, il pourrait s'avérer approprié, à court terme, d'augmenter le taux de renouvellement de l'air dans le local concerné, et ce, selon les recommandations du code de construction.

Par *mesure* ou *travaux d'atténuation*, l'équipe de recherche entend toute mesure qui permet de diminuer au plus bas niveau possible (sous la LDF), l'exposition au radon des occupants de l'école ou du local concerné. Un tel objectif devrait être atteint en préconisant la mise en œuvre de mesures correctrices visant à réduire les concentrations de radon dans l'enceinte du local concerné (ex. travaux visant à améliorer le renouvellement d'air frais; colmatage des joints, des fissures de fondation et des entrées de service en contact avec le sol; dépressurisation sous la dalle de fondation, etc.). Il est à noter que lorsque les circonstances le justifient, il peut être acceptable, à titre de mesure palliative, de changer la vocation du local concerné (c'est-à-dire toute nouvelle utilisation qui exclut l'occupation du local plus de 4 heures par jour par une même personne). Dans ce cas, il faudra bien sûr voir à apporter des mesures d'atténuation visant à diminuer les concentrations de radon aussi basses que possible dans l'éventualité où une réaffectation de la pièce concernée est envisagée à des fins d'occupation (c.-à-d. plus de 4 heures par jour par une même personne). L'équipe de recherche privilégiait toutefois la mise en œuvre de mesures correctrices étant donné que ce type d'intervention est durable et qu'il procure d'autres effets bénéfiques tels que la réduction des infiltrations d'humidité et l'amélioration potentielle de la qualité de l'air dans le reste du bâtiment.

L'exécution de travaux d'atténuation ou de mesures correctrices devrait viser l'atteinte de concentration de radon la plus basse que l'on puisse raisonnablement atteindre. Cette considération est importante dans la mesure où l'étude est conduite dans des secteurs d'investigation prioritaires, c'est-à-dire là où il est possible de retrouver des concentrations extérieures en radon (bruit de fond) non négligeables. Lorsque des travaux d'atténuation auront été effectués, il est recommandé d'effectuer un suivi par une mesure post-travaux, puis une mesure tous les 5 ans afin de s'assurer de l'efficacité et de la pérennité de ces derniers. Au même titre que les travaux d'atténuation, il est à noter que ce suivi sera effectué sous la supervision et aux frais du réseau scolaire.



## 5 DISCUSSION

### 5.1 ÉLÉMENTS CONTEXTUELS À CONSIDÉRER CONCERNANT LES MESURES DE RADON OBTENUES

Comme mentionné, les concentrations de radon mesurées dans les écoles sont généralement sous la ligne directrice et lorsque des dépassements sont observés, ceux-ci sont généralement de faibles amplitudes. Considérant le contexte dans lequel les mesures ont été effectuées (dans des édifices publics situés en zones d'investigation prioritaires, sur une période de 3 mois, en saison hivernale), les résultats obtenus étaient conformes aux attentes de l'équipe scientifique sur le plan de la proportion de bâtiments dépassant la ligne directrice.

La ligne directrice canadienne sur le radon est basée sur une estimation du risque à la santé fondée sur une exposition moyenne annuelle à ce gaz<sup>4</sup>. Pour des raisons de faisabilité, Santé Canada recommande d'évaluer les concentrations de radon présentes dans l'enceinte des bâtiments publics à partir d'une mesure effectuée sur une période minimale de trois mois, idéalement au cours de la saison froide. Il faut préciser que cette approche est préconisée dans le but d'obtenir une estimation des concentrations de radon dans des conditions d'exposition maximales et que, par conséquent, elle peut contribuer à surestimer l'exposition annuelle réelle des occupants. Dans l'étude panquébécoise effectuée dans les maisons (Lévesque *et al.*, 1995)<sup>5</sup>, cette surestimation varie de 10 à 35 % selon que l'on mesure au sous-sol ou au rez-de-chaussée. Cette surestimation doit être prise en considération dans les cas où la valeur obtenue est proche de la ligne directrice fédérale.

Comme précédemment mentionné, la limite de détection des dosimètres déployés dans le cadre de cette étude est de 15 Bq/m<sup>3</sup>, ce qui correspond à une valeur avoisinant le bruit de fond. Ainsi, par souci de prudence, cette valeur de 15 Bq/m<sup>3</sup> a été inscrite au registre des données lorsque le résultat de l'analyse en laboratoire s'avérait non interprétable d'un point de vue quantitatif. En conséquence, la prise en compte de ce seuil de détection a engendré une surestimation des concentrations moyennes de radon.

Par ailleurs, le climat exceptionnellement doux de l'hiver 2009-2010 pourrait avoir réduit « l'effet de cheminée ou de tirage » causé par la différence de pression normalement engendrée par les écarts importants de température observés entre l'intérieur et l'extérieur durant la saison froide, diminuant de ce fait l'infiltration potentielle des gaz souterrains. De plus, il est possible que les conditions de ventilation ou d'utilisation du bâtiment n'aient pas été représentatives des hivers froids communément rencontrés sur le territoire de la province compte tenu notamment de l'ouverture potentiellement plus fréquente des portes et des fenêtres.

---

<sup>4</sup> [http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/radiation/radon/guidelines\\_lignes\\_directrice-fra.php](http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/radiation/radon/guidelines_lignes_directrice-fra.php).

<sup>5</sup> LÉVESQUE, B., GAUVIN, D., MCGREGOR, R.G., MARTEL, R., GINGRAS, S., DONTIGNY, A., WALKER, W.B. et LAJOIE, P. (1995). Étude d'exposition au radon<sup>222</sup> dans les résidences de la province de Québec, Centre de santé publique de Québec, Société canadienne d'hypothèques et de logement, 45 p.

## 5.2 COMPARAISON AVEC LES DONNÉES DE LA LITTÉRATURE

### 5.2.1 Données québécoises

En dépit de certains aspects propres au design expérimental mis de l'avant (dépistage dans des bâtiments publics, mesures effectuées sur 3 mois d'hiver, utilisation de détecteur de type alpha track, etc.), il demeure intéressant de comparer les données obtenues aux données de la littérature. Le tableau suivant présente les différentes données recueillies dans des résidences privées dans le cadre d'une étude panquébécoise telles que rapportées par Levesque *et al.* (1995) et Dessau *et al.* (2004) (voir tableau 6).

**Tableau 6 Comparaison des résultats de l'étude avec les données issues de la littérature**

Paramètres évalués	Toutes les régions (Bq/m <sup>3</sup> )	Gaspésie (Bq/m <sup>3</sup> )	Laurentides (Bq/m <sup>3</sup> )	Outaouais (Bq/m <sup>3</sup> )
<b>Présente étude</b> <b>Moyenne arithmétique,</b> <b>[géométrique] et (écart</b> <b>type) au rez-de-chaussée</b>	51 [35] (73) n = 420	82 [41] (134) n = 87	46 [31] (49) n = 174	40 [32] (32) n = 159
<b>Levesque <i>et al.</i>, 1995</b> <b>[moyenne géométrique]</b> <b>au rez-de-chaussée</b>	[14] n = 322 Province de Québec	[42] n = 10	[12] n = 14	[16] n = 8
<b>Dessau <i>et al.</i>, 2004</b> <b>Moyenne arithmétique et</b> <b>(écart type) au rez-de-</b> <b>chaussée</b>	38 (60) Province de Québec	72 (85) n = 15	26 (32) n = 18	27 (26) n = 15
<b>Présente étude</b> <b>Moyenne arithmétique,</b> <b>[géométrique] et (écart</b> <b>type) au sous-sol</b>	71 [50] (72) n = 141	62 [43] (62) n = 40	98 [67] (96) n = 47	55 [42] (45) n = 54
<b>Levesque <i>et al.</i>, 1995</b> <b>[moyenne géométrique]</b> <b>au sous-sol</b>	[31] n = 421 Province de Québec	[121] n = 11	[13] n = 18	[27] n = 12

Les moyennes obtenues pour les trois régions visées par la présente étude sont respectivement plus élevées que celles obtenues dans les résidences privées. Ceci semble plutôt étonnant puisqu'il est reconnu que les concentrations mesurées diminuent avec l'augmentation du volume d'air, compte tenu de l'augmentation de la capacité de dilution. Il en est de même pour les régions prises individuellement, exception faite des moyennes géométriques présentées par Lévesque et collaborateurs en Gaspésie. Ici, la prudence est de mise quant à la validité de cette dernière donnée compte tenu du faible nombre d'échantillons considérés dans l'étude panquébécoise pour la région de la Gaspésie. En dépit de cette dernière observation, les résultats rapportés dans la présente étude ne vont donc pas dans le sens de certaines études internationales qui concluaient que les concentrations en radon dans les lieux publics sont généralement inférieures à celles mesurées dans les maisons, cet écart pouvant être de dix fois inférieur (Cohen *et al.*, 1984).

La relative petite taille des écoles sélectionnées dans la présente étude pourrait expliquer en partie les valeurs observées. Une observation similaire a été rapportée dans un projet pilote effectué en Estrie lors duquel 5 écoles de MRC du Granit et du Haut-Saint-François<sup>6</sup> ont fait l'objet d'un dépistage à court terme (DSPE, 2007). Lors de ce projet de démonstration, la moyenne des concentrations mesurée tous étages confondus pour l'ensemble des cinq écoles tests (155 Bq/m<sup>3</sup>) ou pour l'ensemble des neuf écoles évaluées (134 Bq/m<sup>3</sup>) était supérieure à celle mesurée par l'étude panquébécoise dans les sous-sols des domiciles québécois.

En ce qui concerne la proportion de bâtiments dépassant la LDF, les auteurs de la présente étude s'attendaient à des dépassements dans une proportion d'environ 10 % dans les secteurs ciblés (c.-à-d. zones d'investigation prioritaires). À la suite de l'analyse, les résultats montrent une proportion de bâtiments dépassant la LDF atteignant 17 %. Il est à noter qu'un résultat similaire a été obtenu dans le cadre du projet pilote mené en Estrie avec une proportion de bâtiments dépassant la LDF atteignant 20 %.

Combinés, ces résultats constituent un argument supplémentaire supportant la nécessité de la pertinence de développer des programmes de dépistage du radon dans les bâtiments publics (écoles, garderies, etc. tel que recommandé par l'INSPQ dans Dessau *et al.*, 2004). (voir section 5.1).

### 5.2.2 Données dans les écoles canadiennes

Les autorités sanitaires de certaines provinces canadiennes ont effectué des projets de dépistage dans des établissements scolaires. Nous tenterons de comparer les données de la présente étude à celles issues de ces initiatives.

En **Colombie-Britannique**, un projet pilote de dépistage du radon effectué dans 375 écoles de trois districts scolaires au cours de l'année 1991-1992 a permis de dégager des résultats fort intéressants (Tracy *et al.*, 2006). La région de Castlegar s'est particulièrement démarquée avec des proportions de dépassements de l'ancienne LDF de 800 Bq/m<sup>3</sup> atteignant 15 %. D'autre part, les concentrations moyennes obtenues pour les écoles étaient plus basses que celles mesurées dans les résidences privées avoisinantes. Quelques mois auparavant, la **Saskatchewan** s'était engagée dans l'analyse du radon dans l'air intérieur de 939 écoles. Environ 3 % des écoles investiguées avaient montré des concentrations supérieures à 200 Bq/m<sup>3</sup> (Brown *et al.*, s.d). Au cours de la même année (1990-1991), l'Association canadienne de radioprotection (ACR) a conduit un programme de dépistage dans toutes les écoles sous l'autorité des huit commissions scolaires de Toronto (**Ontario**). À la suite de la divulgation des résultats, les autorités responsables d'une école, où les concentrations de radon excédaient la LDF, ont convenu d'installer un système de ventilation pour pallier cette situation. Des mesures de suivi ont permis de démontrer la nécessité d'entreprendre une mise au point de ce système qui s'était avéré, a priori, inefficace. Cette étude a notamment permis de démontrer la pertinence d'entreprendre des tests de suivi afin de s'assurer de l'efficacité des nouvelles installations (Moridi et Becker 1996). Quelques années plus tard, soit en 2004, 14 écoles de la région de la capitale de la **Nouvelle-Écosse**

---

<sup>6</sup> Ce secteur a été choisi sur la base des concentrations en uranium dans les sédiments de lacs et de ruisseaux.

ont fait l'objet d'une campagne de dépistage du radon. À cette époque, aucune des écoles investiguées ne dépassait l'ancienne LDF de 800 Bq/m<sup>3</sup>. Suivant l'abaissement de la LDF en 2007, le gouvernement de la province s'engageait à effectuer des mesures de radon dans toutes les écoles puis dans l'ensemble des lieux publics au cours de 5 années suivant sa déclaration (<http://www.radio-canada.ca/regions/atlantique/2007/02/19/008-NE-radon.shtml>). Plus récemment (2008), une campagne de dépistage du radon a été amorcée au **Nouveau-Brunswick** visant à rafraîchir une série de données datant des années 1990. Une première phase a été effectuée de janvier à mars 2008 dans 28 bâtiments à vocation scolaire alors qu'une seconde phase s'est amorcée en janvier 2009 dans 32 écoles de la province (<http://www.capacadie.com/regional/2009/4/29/a-la-recherche-de-radon-dans-les-ecoles>). Des concentrations de radon excédant la LDF ont été mesurées dans plus de 15 écoles (<http://www.jminforme.ca/article/876248>).

### 5.3 INFLUENCE DES CARACTÉRISTIQUES GÉOLOGIQUES ET STRUCTURALES

Bien que les analyses statistiques effectuées n'aient montré aucune corrélation entre les mesures moyennes et maximales calculées pour les écoles, et la signature géochimique et radiologique des sites choisis, ces résultats n'indiquent en aucun cas que de tels facteurs ne sont pas susceptibles d'affecter les potentialités d'infiltration de radon dans les bâtiments. En effet, il a été démontré à différents endroits dans le monde qu'il était possible d'identifier des secteurs à forte émission de radon, sur la base d'indicateurs géologiques, géochimiques et/ou radiologiques (ex. Nouvelle-Écosse). À priori, l'absence de corrélation pourrait être imputable à la faible taille de l'échantillon. Il est à remarquer qu'il aurait été pertinent, en guise de comparatif, d'inclure au design expérimental des écoles témoins situées dans des secteurs jugés non à risque. Les limites liées aux ressources financières ont d'une part contraint l'équipe scientifique à sélectionner un maximum de 65 écoles et d'autre part, à se limiter à des régions d'investigation prioritaires, l'étude devant aussi répondre à un objectif d'ordre sanitaire. Ainsi, ces choix obligés ont pu malencontreusement contribuer à limiter la significativité de ces caractéristiques géologiques au regard des mesures de radon obtenues.

Par ailleurs, tel que mentionné à la section 3.2, des corrélations ont été établies entre certaines mesures moyennes dichotomisées et les formations géologiques propices. Bien que les indices de corrélation soient généralement faibles ( $r < 0.3$ ), ceux-ci tendent à confirmer l'utilité relative de cet indice géologique. Les auteurs pensent que cet indice est hautement pertinent car il décrit les conditions minéralogiques qui prévalent sur une colonne géologique de plusieurs centaines, voire plusieurs milliers de mètres de profondeur. Contrairement aux signatures géochimiques et radiologiques présentées qui témoignent des concentrations en uranium des dépôts meubles superficiels et des affleurements rocheux (spécifiques aux couches superficielles) l'attribution de l'indice *formations géologiques propices* est basé sur 1) l'appréciation des concentrations en uranium du socle rocheux, 2) les caractéristiques physico-chimiques des constituantes minéralogiques, 3) les caractéristiques structurales des unités rocheuses. Cet indice prend donc en considération les potentialités de production de radon du socle rocheux dans son entièreté par la présence d'isotopes pères mais également par la labilité des constituantes minérales d'intérêts en lien avec les conditions ambiantes ainsi que potentialités de migration verticale de ces derniers en fonction des microstructures (type de cristallisation et d'agencement minéral) et des

macrostructures (d'origine sédimentaire, métamorphique, volcanique, tectonique, etc.) affectant les unités géologiques.

Les mesures de radon obtenues dans le cadre de la présente étude tendent à confirmer que les régions d'investigation prioritaires ciblées constituent des secteurs où les potentialités d'émission de radon sont plus élevées qu'ailleurs en province. Selon les auteurs, les secteurs investigués peuvent être considérés comme des zones à forts potentiels d'émission de radon en regard des mesures moyennes régionales calculées (tableau 6) et des proportions de bâtiments dans lesquels les mesures excèdent la LDF. Sur la base de ces observations, les auteurs de l'étude reconnaissent la pertinence et la fiabilité des indicateurs choisis pour orienter les études de dépistage du radon dans les lieux publics mais admettent que ceux-ci ne constituent pas les seuls facteurs pouvant expliquer les concentrations mesurées. Les mesures obtenues constituent également un argument supplémentaire pour l'établissement d'une cartographie nationale des zones à risque, notamment sur la base des unités géologiques reconnues comme propices à émettre du radon.

En ce qui a trait à l'influence des caractéristiques structurales, l'analyse statistique a montré une faible corrélation entre les mesures de radon les plus élevées et l'absence d'un système de ventilation mécanique général (voir section 3.2). Ce résultat est compatible avec les observations effectuées; toutes les écoles équipées d'un système de ventilation mécanique général (7 sur 65) présentent des concentrations en radon sous la LDF alors que toutes les écoles excédant la LDF sont non mécaniquement ventilées (tableau 4 et annexe 4). Permettant un renouvellement de l'air intérieur à une fréquence plus élevée qu'avec la seule ventilation naturelle, la présence de tels systèmes pourrait constituer une certaine protection contre l'exposition des occupants au radon. Par ailleurs, puisqu'il existe peu de données sur l'efficacité de tels systèmes, il serait pertinent d'étudier la performance de ces systèmes lorsqu'ils sont utilisés pour rabattre le radon.

#### **5.4 APPROCHE PRÉCONISÉE PAR LES PARTENAIRES EN MATIÈRE D'ATTÉNUATION**

À la suite des discussions avec la direction des ressources matérielles et de l'équipement scolaire du MELS, les gestionnaires des commissions scolaires et les DSP impliquées, les partenaires sont parvenus à dégager un consensus relativement à la mise en œuvre des travaux d'atténuation. Bien que le libellé des recommandations tel que présenté par l'équipe de recherche laisse le soin aux commissions scolaires de statuer sur la nature définitive des mesures d'atténuation à entreprendre, ces dernières ont convenu d'adopter une approche plus interventionniste visant à mettre en place des mesures correctives dès que des potentialités de dépassement de la LDF ont été identifiées. De façon plus spécifique, les partenaires ont convenu de dichotomiser les résultats obtenus sur la base de la LDF (200 Bq/m<sup>3</sup>) et d'intervenir de façon prompte, pérenne et dans la mesure du possible, d'appliquer les mesures d'atténuation à l'ensemble du bâtiment. Le recours aux mesures palliatives (c.-à-d. condamner l'accès aux locaux concernés, fermer l'école temporairement, etc.) a été écarté d'emblée, tout comme l'application d'une seconde mesure à long terme pour confirmer les mesures se situant sur la plage d'incertitude 200-225 Bq/m<sup>3</sup>.

Bien qu'elle aille dans une certaine mesure au-delà des recommandations de Santé Canada, cette approche possède un net avantage sur le plan communicationnel. En effet, elle permet de simplifier le message à transmettre aux clientèles cibles et dénote une préoccupation pour la santé des enfants par les gestionnaires de bâtiments. Sur le plan sanitaire, cette approche va dans le sens d'une gestion prudente si l'on considère que les expositions des clientèles scolaires à des niveaux situés près de la ligne directrice ne sont pas souhaitables. Certains considèrent que les recommandations de Santé Canada ont été émises dans un esprit de dépistage et que toutes mesures excédant la LDF indiquent que le bâtiment est possiblement aux prises avec un problème d'infiltration de radon.

De façon plus spécifique, les gestionnaires des commissions scolaires impliquées ont convenu de procéder, à court terme et ce dès qu'une mesure révèle une concentration supérieure à 200 Bq/m<sup>3</sup>, à l'inspection et à la réparation de la dalle de fondation (colmatage des fissures et des ouvertures au pourtour des entrées de service), puis à l'installation d'un ventilateur récupérateur de chaleur (VRC). Il a également été convenu que les gestionnaires des commissions scolaires procèdent à une mesure de radon postintervention afin de s'assurer de l'efficacité des actions posées. Bien que cette façon de procéder ne figure pas parmi les solutions proposées par Santé Canada en matière d'atténuation, mentionnons qu'elle a déjà prouvé son efficacité notamment dans une école de la commission scolaire Pierre-Neveu, dans les Laurentides. En effet, à la suite des mesures de radon effectuées dans l'école Henri-Bourassa de Chute-Saint-Philippe en 2008 (mesure qui atteignait 1 371 Bq/m<sup>3</sup>), les autorités de la commission scolaire Pierre-Neveu avaient opté pour l'installation d'un échangeur d'air récupérateur de chaleur dans le vide sanitaire de l'école en question. Notons que l'efficacité de cette mesure a été en quelque sorte confirmée dans le cadre des présents travaux, les concentrations de radon mesurées dans les locaux de cette école variant entre 63 et 94 Bq/m<sup>3</sup>.

Il est entendu que le contexte singulier dans lequel cette intervention s'inscrivait (présence d'un vide sanitaire) complique les comparaisons avec une installation traditionnelle de VRC en ce qui concerne le renouvellement de l'air pour les occupants. D'autre part, cette mesure d'assainissement semble prometteuse et dans une certaine mesure justifiée si l'on considère les résultats de notre analyse statistique. En effet, celle-ci a montré un lien entre les concentrations maximales de radon obtenues et l'absence de système de ventilation général (voir section 3.2). Puisque l'efficacité de ce système est peu documentée, il sera pertinent de compiler certaines informations techniques en lien avec la mise en application de cette mesure d'atténuation (type de système, chauffage/climatisation intégré, apport d'air frais, débit, temps et horaire d'utilisation, mode de démarrage, entretien, etc.). Afin d'assurer son efficacité, une attention particulière devra être consacrée au choix du système, à son installation, à son calibrage et à son entretien. Par ailleurs, s'il s'avère efficace, l'installation d'un tel système est susceptible d'apporter des bénéfices sanitaires supplémentaires en améliorant la qualité générale de l'air intérieur et le confort des occupants, ce qui constitue un atout de taille.

## **5.5 GESTION DES ASPECTS COMMUNICATIONNELS**

### **5.5.1 Plan de communication**

Au cours de l'hiver 2009, les services des communications des partenaires impliqués dans le projet (MSSS, MELS, INSPQ) se sont rencontrés à plusieurs reprises pour développer un plan de communication visant à définir les approches à préconiser pour informer de façon adéquate et transparente tous les publics cibles, incluant les employés des écoles, les parents d'élèves, les municipalités et la population locale. Ce document contient notamment une matrice des activités à mettre en place, avant, pendant et après la mise en œuvre du projet, les messages que les différents partenaires ont été invités à transmettre aux clientèles cibles, ainsi que les outils de communication spécialement développés pour le projet. Rejoignant les objectifs du *Plan d'action intersectoriel contre le radon*, les initiatives de communication prévues dans ce plan contribuent également à informer et à sensibiliser la population à l'existence du radon en milieu intérieur, aux méthodes préventives, à l'importance de mesurer la concentration de radon dans la maison et à la nécessité d'appliquer, au besoin, des mesures de correction (voir annexe 5).

### **5.5.2 Chronologie des actions entreprises**

Même si plusieurs rencontres de consultation et de coordination ont eu lieu en 2009 entre les partenaires impliqués, c'est à la mi-janvier 2010 que les activités de communication se sont réellement amorcées. Celles-ci ont débuté par la diffusion d'une page web décrivant les grandes lignes du projet sur les sites internet de l'INSPQ et du MELS. Dans les jours qui ont suivi, les commissions scolaires ont expédié des modèles de lettres destinés aux clientèles de leur réseau (annexe 5). De leur côté, les DSP ont expédié une lettre aux maires des municipalités visées. Une fois cette étape de sensibilisation effectuée, les membres de l'équipe qui ont procédé au déploiement des dosimètres ont rencontré, dans chacune des écoles investiguées, les directeurs d'écoles, les enseignants et les enfants fréquentant les locaux dans lesquels des mesures ont été effectuées. Ces brèves séances d'information ainsi que le dépôt d'affichettes et de matériel de sensibilisation ont permis de restreindre la perte de dosimètres et de sensibiliser ces clientèles à la problématique du radon.

À la suite de la réception des données brutes (mi-août 2010), une analyse préliminaire des résultats et des recommandations associées a été présentée à la Direction de l'équipement scolaire du MELS, aux directeurs des DSP impliquées ainsi qu'aux services de communication des organismes présents dans le cadre d'une rencontre qui s'est tenue en septembre 2010. À la suite de cette rencontre, les représentants de l'équipe de recherche se sont rendus dans les trois régions d'intérêt pour présenter les rapports d'analyse préliminaires aux responsables des commissions scolaires impliquées en présence des délégués des directions régionales de santé publique concernées. Au mois d'octobre, les organismes impliqués ont effectué une mise à jour de leur site web et ont participé à l'expédition de lettres d'annonce des résultats aux clientèles cibles (annexe 5).

En ce qui a trait aux communications avec les médias, certains partenaires régionaux ont convenu de présenter des communiqués de presse aux médias locaux afin d'annoncer la mise en œuvre de l'étude et/ou les résultats agrégés issus de celle-ci. De façon générale,

tant les gestionnaires des commissions scolaires que les porteurs de dossier des DSP ont été peu sollicités par les médias cibles; seule une modeste couverture médiatique a été consacrée au projet. De façon plus spécifique, la DSP de l'Outaouais a été approchée par les journalistes de TVA pour constituer une capsule d'information. La commission scolaire des Chic-Chocs, la DSP de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine ainsi que celle des Laurentides ont été approchées par des journalistes de Radio-Canada, notamment pour une entrevue radiophonique à la *Première chaîne* ainsi que pour une contribution au bulletin scientifique Découverte.

## **5.6 BILAN DU PROJET**

Une fois le projet terminé, une rencontre visant à effectuer une analyse rétrospective a été organisée le 13 janvier 2011 par l'équipe scientifique avec les directeurs régionaux impliqués dans le projet. Cette rencontre a permis aux directeurs d'exprimer leur point de vue sur les aspects positifs et négatifs associés au projet et de se prononcer sur les futures actions à entreprendre dans ce dossier. De façon complémentaire, l'équipe de l'INSPQ a préparé un questionnaire d'évaluation destiné aux intervenants des instances impliquées (annexe 6).

Les résultats du sondage font ressortir un niveau de satisfaction généralement élevé de la part des partenaires. Le traitement scientifique ainsi que la coordination du projet dans son ensemble ont fait l'objet de commentaires positifs.

## **5.7 RETOMBÉES DU PROJET**

Le milieu scolaire primaire, qui regroupe de jeunes enfants, constitue un milieu sensible. Ainsi, comme constaté dans divers États et pays, ce projet a incité les autorités scolaires provinciales à poursuivre cette démarche initiée par l'équipe de recherche. Préoccupé par les résultats et les conséquences du projet mené par l'INSPQ, le MELS a signifié sa nette volonté de faire en sorte que les commissions scolaires puissent, dans les années à venir, effectuer de telles mesures dans leur parc immobilier. C'est dans cet esprit que le MELS a lancé une opération de dépistage visant l'ensemble des écoles primaires et secondaires de son réseau par l'entremise d'une lettre (datée du 18 août 2011) adressée aux directeurs généraux des commissions scolaires et des établissements d'enseignement privés du Québec. Par le biais de celle-ci, le MELS invite les directeurs à procéder à la mesure du radon dans leurs bâtiments d'ici juillet 2014.

De façon complémentaire, l'équipe de recherche mise sur le présent projet afin que celui-ci incite le personnel et les parents des élèves à mesurer le radon dans leur propre domicile. De telles initiatives auraient pour effet de stimuler la mise en place graduelle d'un marché pour les services de mesure et d'atténuation du radon au Québec et plus spécialement dans les régions où des campagnes de dépistage ont été réalisées. De plus, l'obtention de mesures de radon dans des secteurs d'investigation prioritaires contribuera à identifier les secteurs pouvant être désignés « à forte potentialité d'émission de radon », ce qui permettra de promouvoir la mise en application des mesures préventives dans les nouveaux bâtiments des municipalités concernées, tel que prévu dans la dernière version du Code national du bâtiment ainsi que de prioriser des secteurs donnés pour la mise en œuvre d'interventions subséquentes.

De façon complémentaire, il est intéressant de souligner que les mesures d'atténuation mises en place dans certaines écoles à la suite de ce projet (colmatage des fissures de fondation et du pourtour des entrées de service, augmentation du renouvellement d'air, dépressurisation sous la dalle), contribueront à assainir l'air intérieur des bâtiments, notamment en limitant l'entrée des gaz souterrains, en améliorant la qualité de l'air dans l'enceinte de l'école et en contrôlant le taux d'humidité relative. En ce sens, ces interventions constituent une activité d'entretien visant l'assainissement du bâtiment et l'atteinte d'un milieu de vie sain. Conscient de cet aspect, le MELS recommandera désormais que tout nouveau bâtiment construit ou tout projet d'agrandissement réalisé dans son réseau soit conçu de façon à limiter la pénétration des gaz souterrains par les techniques décrites au Code national du bâtiment.

Dans un autre ordre d'idées, l'équipe de recherche suggère que des discussions soient amorcées entre les directions régionales de santé publique et les autorités municipales des secteurs où des écoles ont fait l'objet de dépassements. En effet, dans ces secteurs, il apparaît pertinent que les propriétaires de bâtiments résidentiels effectuent à leur tour un test de dépistage du radon dans leur domicile. Les municipalités situées dans des secteurs propices aux émanations de radon devraient également voir, lors de la construction de nouvelles maisons, à l'application de moyens pour prévenir l'infiltration de gaz souterrains (ex. pose d'une membrane de polyéthylène sous les fondations des nouvelles maisons) comme stipulé au Code de construction du Québec (article 9.13.4.1).



## 6 CONCLUSION

En premier lieu, la présente étude a montré que les concentrations de radon mesurées dans les écoles investiguées sont généralement sous la ligne directrice et que lorsque des dépassements sont observés, ceux-ci sont généralement de faible amplitude. En moyenne, les occupants des écoles ayant fait l'objet de dépistage sont exposés à des concentrations équivalentes à 56 Bq/m<sup>3</sup>. Sur les 65 écoles, 11 d'entre elles (soit 17 %), ont présenté au moins une mesure dépassant la LDF. Tant la prévalence des écoles dépassant la LDF que les moyennes obtenues pour les trois régions visées par l'étude demeurent plus élevées que celles obtenues dans les résidences privées des secteurs correspondants lors d'une étude réalisée au début des années 1990. Ce constat est plutôt étonnant puisqu'il est reconnu que les concentrations mesurées diminuent de façon inversement proportionnelle avec la taille des bâtiments, compte tenu de l'augmentation de la capacité de dilution. Une partie de cette différence vient probablement de la méthodologie utilisée pour chacune de ces deux études qui est passablement différente.

L'ensemble des écoles où l'on a mesuré des concentrations de radon excédant la LDF feront l'objet de travaux d'atténuation, et ce, dans les délais prescrits. Les gestionnaires des commissions scolaires ont en effet convenu de procéder à l'inspection et à la réparation de la dalle de fondation (colmatage des fissures et du pourtour des entrées de service) puis à l'installation d'un ventilateur récupérateur de chaleur (VRC). Il a également été convenu que les gestionnaires des commissions scolaires procèdent à une mesure de radon post intervention afin de s'assurer de l'efficacité des actions entreprises. La mise en œuvre de ces mesures, dans l'éventualité où elles s'avèreront efficaces, aura pour effet de diminuer l'exposition cumulative au radon des occupants de ces établissements. De façon générale, les résultats obtenus constituent un argument supplémentaire supportant le développement de la pertinence de développement de programmes de dépistage du radon dans les bâtiments publics (écoles, garderies, etc.) tel que recommandé par l'INSPQ dans ces précédents travaux.

Il faut souligner que l'installation d'un VRC à titre de mesure d'atténuation du radon n'est pas une solution recommandée d'emblée par Santé Canada, bien que cette mesure ait été appliquée à quelques reprises par le passé, au Canada comme à l'étranger. Il sera par conséquent intéressant de documenter l'efficacité et la pérennité de ce type d'intervention, qui demeurent encore peu connues. Il est à remarquer que l'application de cette mesure d'atténuation s'inscrit dans une logique compatible avec les résultats statistiques obtenus montrant une corrélation entre l'absence de VCR et la présence de concentrations plus élevées de radon dans les écoles investiguées.

Au regard des moyennes régionales calculées et des proportions de bâtiments dans lesquels les mesures excèdent la LDF, la présente étude tend à confirmer que les régions ciblées constituent bien des secteurs où les potentialités d'émission de radon sont plus élevées qu'ailleurs en province. Bien que les analyses n'aient montré aucun lien statistique entre les mesures de radon agrégées et les signatures géochimiques et radiologiques des sites investigués, les indices géologiques qui ont initialement mené aux choix de ces secteurs demeurent pertinents aux yeux des auteurs. Parmi les différents facteurs pouvant expliquer les concentrations mesurées, les formations géologiques propices semblent les plus

performantes pour orienter de nouvelles campagnes de dépistage. C'est pourquoi, de l'avis des auteurs, cet indice devrait figurer parmi les caractéristiques géologiques considérées pour l'établissement d'une cartographie nationale des zones à forts potentiels d'émission de radon. Ainsi, les données issues de la présente étude, couplées aux récents travaux de cartographie, pourraient constituer des arguments supplémentaires pour désigner les secteurs investigués comme « zones à potentialité élevée d'émission de radon ».

En rejoignant les différents acteurs concernés du réseau de l'éducation et de la santé, tant du palier central que régional, l'équipe de recherche de l'INSPQ a mis en place une approche intersectorielle efficace. Cette approche, qui inclut l'élaboration d'outils de travail et de communication, pourra être mise à profit dans l'élaboration de futures campagnes de dépistage du radon. Le plan de communication développé a permis de présenter les résultats obtenus aux clientèles cibles de façon ordonnée, simple et objective et de rejoindre les objectifs du *Plan d'action intersectoriel* visant à informer et à sensibiliser la population sur la problématique du radon. En somme, les auteurs considèrent que le présent projet a permis de répondre de façon satisfaisante aux objectifs de départ.

## RÉFÉRENCES

- ARCHER, V.E. (1991). A review of radon in homes: Health effects, Measurement, Control, and Public Policy, *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, vol. 6, no. 8, p. 665-671.
- BROWN, D., WEBSTER, S. et VOLK, T. (s.d.). Monitoring of radon in Saskatchewan schools, Saskatchewan Labour, Report RSU 86/OT/0391, 27 p.
- COHEN, B.L., KULWICKI, D.R., WARNER, K.R.J.R et GRASSI, C.L. (1984). Radon concentration inside public and commercial building in the Pittsburg area, *Health Physics*, vol. 47, no. 3, p. 399-405.
- DESSAU, J.-C., GAGNON, F., LÉVESQUE B., PRÉVOST, C., LECLERC, J.-M. et BELLES-ILES, J.-C. (2004). Le radon au Québec, Évaluation du risque à la santé et analyse critique des stratégies d'intervention, Direction des risques biologiques, environnementaux et occupationnels, Institut national de santé publique du Québec, 118 p + annexes.
- DIRECTION DE SANTÉ PUBLIQUE ET DE L'ÉVALUATION (DSPE) (2007). Étude sur l'exposition au radon dans les édifices publics des MRC du Granit et du Haut-Saint-François, Sherbrooke, Agence de la santé et des services sociaux de l'Estrie, 105 p.
- FIELD, R.W., STECK, D.J., SMITH, B.J., BRUS, C.P., FISHER, E.F., NEUBERGER, J.S. et LYNCH, C.F. (2001). The Iowa radon lung cancer study-phase I: residential radon gas exposure and lung cancer, *Science of the Total Environment*, vol. 272, no. 1-3, p. 67-72.
- HART, B.L., METTLER, F.A. et HARLEY, N.H. (1989). Radon: Is it a problem?, *Radiology*, vol. 172, p. 593-599.
- LÉVESQUE, B., GAUVIN, D., MCGREGOR, R.G., MARTEL, R., GINGRAS, S., DONTIGNY, A., WALKER, W.B. et LAJOIE, P. (1995). Étude d'exposition au radon<sup>222</sup> dans les résidences de la province de Québec, Centre de santé publique de Québec, Société canadienne d'hypothèques et de logement, 45 p.
- LUBIN, J.H., BOICE, J.D., EDLING, C., HORNUNG, R.W, HOWE, G.R, KUNZ, E., KUSIAK, R.A., MORRISON, H.I., RADFORD, E.P., SAMET, J.M., TIRMARCHE, M., WOODWARD, A., YAO S.X. ET PIERCE, D.A. (1995). Lung cancer in radon-exposed miners and estimation of risk from indoor exposure. *Journal of the National Cancer Institute*, vol. 87, p. 817-27.
- MORIDI, R. et BECKER, E. (1996). Radon mitigation at Birch Cliff public school, *Health Physics*, vol. 70, no. 1, p. 99-102.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) (1999). Health effects of exposure to radon, Washington, BEIR VI, National Academy Press.

PERSHAGEN, G., AKERBLOM, G., AXELSON, O., CLAVENSJO, B., DAMBER, L., DESAI, G., ENFLO, A., LAGARDE, F., MELLANDER, H., SVARTENGREN, M. (1994). Residential radon exposure and lung cancer in Sweden, *New England Journal of Medicine*, vol. 330, no. 3, p. 159-164.

SAMET, J.M. (1989). Radon and lung cancer. *Journal of the National Cancer Institute*, vol. 81, p. 745-57.

SOCIÉTÉ CANADIENNE DU CANCER [www.cancer.ca/Canada-wide/Prevention/ Specific%20environmental%20contaminants/Radiation/Radon%20exposure%20and%20lung%20cancer.aspx?sc\\_lang=fr-CA](http://www.cancer.ca/Canada-wide/Prevention/Specific%20environmental%20contaminants/Radiation/Radon%20exposure%20and%20lung%20cancer.aspx?sc_lang=fr-CA).

TOMASEK, L., MULLER, T., KUNZ, E., HERIBANOVA, A., MATZNER, J., PLACEK, V., BURIAN, I. et HOLECEK, J. (2001). Study of lung cancer and residential radon in Czech Republic, *Central European Journal of Public Health*, vol. 9, no. 3, p. 150-153.

TRACY, B.L., KREWSKI, D., CHEN, J., ZIELINSKI, J.M., BRAND, K.P. et MEYERHOF, D. (2006). Assessment and management of residential radon health risks: A report from the Health Canada workshop, *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, vol. 69, p. 735-758.

TYPOGRAFYK, G. (1999). Radioactivité et radioprotection, Berne, Office fédéral de la santé publique, 38 p.

UNSCEAR (2000). SOURCES OF IONIZING RADIATION. H. Vanmarcke, SCK•CEN, Departement Stralingsbeschermingsonderzoek, Boeretang 200, B-2400 Mol, België.

WANG, Z., LUBIN, J.H., WANG, L., ZHANG, S., BOICE, J.D. Jr, CUI, H., ZHANG, S., CONRATH, S., XIA, Y., SHANG, B., BRENNER, A., LEI, S., METAYER, C., CAO, J., CHEN, K.W., LEI, S. et KLEINERMAN, R.A. (2002). Residential radon and lung cancer risk in a high-exposure area of Gansu Province, China, *American Journal of Epidemiology*, vol. 155, no. 6, p. 554-564.

## **ANNEXE 1**

**QUESTIONNAIRE PRÉSENTÉ AUX RESPONSABLES  
DE L'ENTRETIEN DES ÉCOLES À L'ÉTUDE**



**QUESTIONNAIRE PRÉSENTÉ AUX RESPONSABLES DE L'ENTRETIEN DES ÉCOLES À L'ÉTUDE**

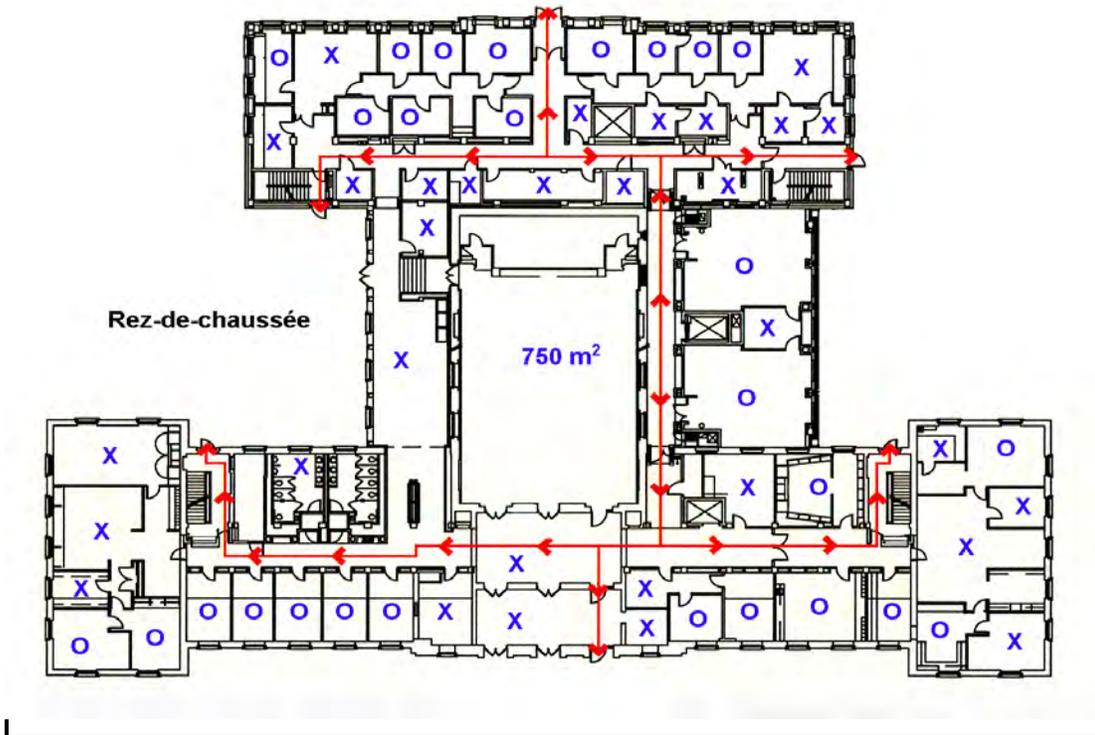
Institut national de santé publique du Québec		Date: <input type="text"/>
<b>Projet de mesure du radon dans les écoles</b>		
Questionnaire de caractérisation des bâtiments à l'étude		
<b>1. Information générale sur le bâtiment</b>		
Nom du bâtiment:	<input type="text"/>	
Région socio-sanitaire:	<input type="text"/>	
Commission scolaire :	<input type="text"/>	
Adresse, rue et ville :	<input type="text"/>	
Code postal:	<input type="text"/>	
Année de construction:	<input type="text"/>	
Combien d'étages le bâtiment compte-t-il?	<input type="text"/>	
Quelle superficie au sol couvre-t-il?	<input type="text"/>	
Le bâtiment est-t-il isolé à l'amiante floquée?	Oui <input type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>
Le bâtiment a-t-il déjà été modifié pour contrer des infiltrations de gaz?	Oui <input type="checkbox"/>	Non <input type="checkbox"/>
<b>2. Personnes ressources</b>		
Prénom, nom et fonction de la personne ayant complété le questionnaire:	<input type="text"/>	
Affiliation:	<input type="text"/>	
Téléphone:	<input type="text"/>	
E-mail:	<input type="text"/>	
Nom du gestionnaire du bâtiment, si différent:	<input type="text"/>	
Nom du représentant du comité de santé et sécurité au travail:	<input type="text"/>	
Nom du responsable à l'entretien ménagé:	<input type="text"/>	

3. Fenestration				
Peut-on ouvrir les fenêtres du sous-sol?	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>
Peut-on ouvrir les fenêtres du rez-de-chaussée?	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>
4. Ventilation				
Est-ce un système de ventilation général?	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>
De quel type de ventilation le bâtiment est-il muni?				
I) Ventilation naturelle	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>
II) Ventilation mécanique général	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>
III) Ventilation mécanique locale	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>
Si le système de ventilation est du type "mécanique général", est-ce un système à:				
I) Débit intermittent	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>
II) Débit continu	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>
Le démarrage et l'arrêt du système sont contrôlés:				
I) Manuellement	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>
II) Automatisé	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>
III) Autre (spécifier)		<input type="text"/>		
Quel sont les périodes d'utilisation habituelle du système de ventilation?		En semaine (heure)		
		de:	<input type="text"/>	
		à:	<input type="text"/>	
		Le week-end (heure)		
		de:	<input type="text"/>	
		à:	<input type="text"/>	
En moyenne, quel est le volume d'air frais admis dans le bâtiment?		<input type="text"/>		
I) en litres/secondes		<input type="text"/>		
OU II) en m <sup>3</sup> /minutes (pcm)		<input type="text"/>		
5. Source d'eau potable				
De quel source provient l'eau potable?				
I) Puits de surface	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>
II) Puits artésien	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>
III) Réseau d'alimentation municipal	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>

6. Cave et sous-sol				
Y-a-t-il un sous-sol?	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>
Le sous-sol est-t-il accessible?	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>
Le sous-sol est-t-il aménagé?	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>
Le sous-sol est-t-il ventilé?	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>
7. Type de sol de la cave ou du sous-sol				
Combien y-a-t'il de niveaux sous la surface du sol? (Comptez un demi sous-sol comme un étage)	<input type="text"/>			
Y-a-t-il plusieurs types de sous-sol	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>
Y-a-t-il présence d'un vide sanitaire?	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>
Y-a-t-il présence d'une dalle de béton?	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>
Est-ce une surface de roc, de terre battue ou de gravier sans membrane plastique?	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>
Le sous-sol est-il aménagé de façon à contrer l'entrée des gaz souterrains (présence d'une membrane étanche)	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>
8. Type de fondation				
Les murs de fondation sont-ils en béton coulé?	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>
Les murs de fondation sont-ils en blocs de béton?	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>
Les murs de fondation sont-ils en pierre?	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>
9. État intérieur de la fondation				
Non observable:				<input type="checkbox"/>
En bon état:				<input type="checkbox"/>
En mauvais état:				<input type="checkbox"/>
I) Présences de fissures	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>
II) Présence de déformations	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>
III) Présence d'effritement	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>
IV) Surfaces humides ou mouillées	Oui	<input type="checkbox"/>	Non	<input type="checkbox"/>

10. Occupation du bâtiment	
Approximativement, combien d'élèves fréquentent votre école?	<input type="text"/>
Approximativement, combien d'employés travaillent dans votre école?	<input type="text"/>
Quels sont les autres personnes ou groupes qui fréquentent le bâtiment?	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Quel est la période d'utilisation habituelle du bâtiment?	En semaine (heure) de: <input type="text"/> à: <input type="text"/> Le week-end (heure) de: <input type="text"/> à: <input type="text"/>
Identifier le niveau le plus bas occupé du bâtiment (Occupé signifie fréquenté plus de 4h par jour par une même personne)	<input type="text"/>
11. Plan de l'école	
<p>Afin d'estimer le nombre de détecteurs nécessaires à la mesure du radon dans votre bâtiment, nous vous prions de joindre à ce questionnaire un plan détaillé de votre école. Veuillez indiquer sur votre plan, pour chacune des pièces<sup>a</sup> du bâtiment, si la pièce est occupée par une personne pendant une période supérieure ou égale à quatre heures par jour ou non. Il serait souhaitable que vous complétiez le plan en parcourant les étages à pied en validant l'occupation avec les utilisateurs des espaces visés.</p> <p>Étape 1: Imprimer un plan pour chaque étage de votre école. Le plan utilisé peut être de différente nature (plan de mesurage, d'occupation, d'évacuation, etc...), du moment que les espaces occupés soient clairement visibles.</p> <p>Étape 2: Indiquer sur le plan par un "O" les pièces occupées par une même personne pendant plus de quatre heures par jour et par un "X" les pièces qui ne rencontrent pas ce critère. Pour les pièces dont la superficie est supérieure à 200 m<sup>2</sup>, veuillez indiquer la superficie approximative sur le plan.</p> <p>Étape 3: Reproduire les plans (numérisation, photocopie) pour ensuite les joindre au présent questionnaire et retournez le tout par courriel à l'adresse suivante; Patrick.Poulin@inspq.qc.ca, ou par fax au numéro suivant: 418-654-3649 ou par la poste à l'attention de Patrick Poulin au 945, avenue Wolfe, 4e étage, Québec (Qc.) G1V 5B3 CANADA.</p> <p>Note<sup>a</sup>: Une pièce est l'espace défini entre des murs allant du plancher au plafond. Les bureaux à cloison (cubicules) ne sont pas considérés comme des pièces séparées.</p> <p>Voir exemple à la page suivante</p>	

12. Exemple d'un plan d'échantillonnage





**ANNEXE 2**  
**DONNÉES TRAITÉES**



**DONNÉES TRAITÉES**

Nom de l'école	Région socio-sanitaire	Commission scolaire	Mesure maximale			Moyenne géométrique			Moyenne Arithmétique		
			Sous-sol MaxSS	Rez-de-chaussée MaxRC	École MaxÉcole	Sous-sol MoyGéoSS	Rez-de-chaussée MoyGéoRC	École MoyGéoÉcole	Sous-sol MoyArithSS	Rez-de-chaussée MoyArithRC	École MoyArithÉcole
De Belle-Anse	Gaspésie	Eastern Shore	19	23	23	19	16	16	19	16	16
Gaspe Elementary	Gaspésie	Eastern Shore	101	178	178	64	35	42	68	48	54
Des Prospecteurs	Gaspésie	Chic-chocs	356	82	356	105	40	61	135	48	86
St-Paul	Gaspésie	Chic-chocs		230	230		100	100		107	107
Aux Quatre-vents	Gaspésie	Chic-chocs	131		131	46		46	59		59
Saint-Joseph-Alban	Gaspésie	Chic-chocs	72	122	122	68	122	83	69	122	86
Notre-Dame-Sacré-Cœur	Gaspésie	Chic-chocs	121		121	25		25	38		38
Saint-Rosaire	Gaspésie	Chic-chocs	96	70	96	39	53	43	46	55	49
De La Découverte	Gaspésie	Chic-chocs	25		25	19		19	20		20
Notre-Dame-De-Liesse	Gaspésie	Chic-chocs		31	31		18			19	19
De L'Anse	Gaspésie	Chic-chocs	49		49	19		19	22		22
Des Bois-et-Marées	Gaspésie	Chic-chocs	31	24	31	31	24	27	31	24	28
Notre-Dame-Des-Neiges	Gaspésie	Chic-chocs		663	663		625	625		627	627
Saint-Norbert	Gaspésie	Chic-chocs	98	77	98	98	46	53	98	49	59
Gabriel-Le-Courtois	Gaspésie	Chic-chocs		15	15		15	15		15	15
Saint-Maxime	Gaspésie	Chic-chocs		33	33		25	25		26	26
Du P'tit Bonheur	Gaspésie	Chic-chocs		276	276		124	124		142	142
Saint-Antoine	Gaspésie	Chic-chocs		290	290		290	290		290	290
Notre-Dame	Gaspésie	Chic-chocs		125	125		108	108		109	109
De L'Amitié	Laurentides	Pierre Neveu	18	15	18	18	15	15	18	15	15
De Notre-Dame	Laurentides	Pierre Neveu	320	212	320	315	148	172	315	152	185
Du Saint-Rosaire	Laurentides	Pierre Neveu	80	31	80	70	25	32	71	25	37
Saint-Gérard	Laurentides	Pierre Neveu	74	90	90	63	72	69	64	73	70
De L'Aventure	Laurentides	Pierre Neveu	30	23	30	26	17	19	26	17	20
Du Christ-Roi	Laurentides	Pierre Neveu	280	215	280	246	130	179	252	137	194
De Saint-Joseph	Laurentides	Pierre Neveu	113	25	113	113	20	28	113	20	39
De Saint-François	Laurentides	Pierre Neveu	99	85	99	91	74	82	92	75	83
Notre-Dame	Laurentides	Pierre Neveu	62	16	62	52	15	21	53	15	25
Saint-Joachim	Laurentides	Pierre Neveu	29	107	107	24	45	35	24	58	46
Saint-Jean L'évangéliste	Laurentides	Pierre Neveu	72	43	72	66	29	34	66	32	39
Jean XXIII	Laurentides	Pierre Neveu		217	217		68	68		85	85
De La Carrière	Laurentides	Pierre Neveu		106	106		77	77		79	79
Saint-Eugène	Laurentides	Pierre Neveu	67	113	113	67	26	28	67	33	37
Du Sacré-Cœur	Laurentides	Pierre Neveu	139	28	139	66	16	29	78	17	42
La Madone	Laurentides	Pierre Neveu		83	83		29	29		34	34
Henri-Bourassa	Laurentides	Pierre Neveu		94	94		75	75		76	76
ND du Saint-Sacrement	Laurentides	Pierre Neveu	39	22	39	39	17	18	39	17	19
Du Sacré-Cœur	Laurentides	Pierre Neveu	32	28	32	32	17	18	32	18	19
Du Sacré-Cœur	Laurentides	Pierre Neveu	453	262	453	453	199	234	453	202	252
De Sainte-Anne	Laurentides	Pierre Neveu	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Du Méandre	Laurentides	Pierre Neveu		33	33		18	18		19	19
Saint-Nom-De-Marie	Outaouais	Hauts-Bois-Out	66	31	66	55	27	34	56	28	36
Sainte-Anne	Outaouais	Hauts-Bois-Out	25	16	25	21	15	18	21	15	19
Laval	Outaouais	Hauts-Bois-Out	141	78	141	57	40	45	82	45	55
Notre-Dame-De-Grace	Outaouais	Hauts-Bois-Out	159	92	159	111	67	76	118	70	82
Reine-Perreault	Outaouais	Hauts-Bois-Out	31	27	31	30	26	27	31	26	28
Sainte-Marie	Outaouais	Hauts-Bois-Out	38	29	38	38	18	20	38	18	21
Sainte-Croix-De-Messines	Outaouais	Hauts-Bois-Out	82	144	144	82	74	75	82	78	79
Pie XII	Outaouais	Hauts-Bois-Out	59	77	77	38	42	41	40	45	43
Poupore	Outaouais	Hauts-Bois-Out	136	64	136	65	32	37	79	34	44
Saint-Pierre	Outaouais	Hauts-Bois-Out	83	20	83	39	17	24	46	17	29
Christ-Roi	Outaouais	Hauts-Bois-Out	30	32	32	28	27	27	28	29	28
Saint-Boniface	Outaouais	Hauts-Bois-Out	200	206	206	200	147	153	200	151	158
Dominique-Savio	Outaouais	Hauts-Bois-Out	66	42	66	55	32	37	56	32	39
ND-Du Sacré-Cœur	Outaouais	Hauts-Bois-Out	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Sacré-Cœur	Outaouais	Hauts-Bois-Out	118	34	118	85	27	45	88	28	55
Sainte-Thérèse	Outaouais	Hauts-Bois-Out	73	39	73	73	28	34	73	29	38
Académie Sacré-Cœur	Outaouais	Hauts-Bois-Out	63	92	92	35	46	40	38	51	44
Sacré-Cœur	Outaouais	Hauts-Bois-Out	73	79	79	73	57	62	73	60	64
Wilbert Keon	Outaouais	Western Québec		15	15		15	15		15	15
Maniwaki AVTC	Outaouais	Western Québec	205	57	205	84	41	56	110	42	71
S.E. McDowell	Outaouais	Western Québec		106	106		26	26		31	31
Queen Elizabeth	Outaouais	Western Québec		83	83		42	42		46	46
St-John/J-P II	Outaouais	Western Québec		31	31		24	24		25	25
Maniwaki/Woodland	Outaouais	Western Québec	22	16	22	22	15	16	22	15	16



## **ANNEXE 3**

### **CARACTÉRISTIQUES GÉOLOGIQUES DES SITES À L'ÉTUDE**



**CARACTÉRISTIQUES GÉOLOGIQUES DES SITES À L'ÉTUDE**

Nom de l'école	Région sociox-sanitaire	Commission scolaire	Latitude	Longitude	U sédiment ppm	Radiométrie Eq U ppm	Unité géologique sous-jacente	Unité géologique
Belle-Anse	Gaspésie	Eastern Shore	48,6260870	-64,2297410	2,330083	ND	Formation de Malbaie - Conglomérat, grès et mudstone rouges	Non propice
Gaspé Elementary	Gaspésie	Eastern Shore	48,8273590	-64,4941660	0,782455	ND	Formation de York River - Grès, mudrock gris-vert, wacke, arénite, volcanoclastites, basalte	Non propice
École des Prospecteurs	Gaspésie	Des Chic chocs	48,9596426	-65,4930815	1,536540	ND	Formation d'Indian Cove - Calcaire, mudstone calcaireux, wacke, volcanites et volcanoclastites	Non propice
École St Paul	Gaspésie	Des Chic chocs	49,0515992	-64,4758138	1,918222	ND	Formation de Des Landes - Claystone calcaireux, calcilutite, calcilutite argileuse, calcilutite silteuse, arénite calcaireuse, chert	Propice
École aux Quatre-vents	Gaspésie	Des Chic chocs	48,9927900	-64,3847330	0,969289	ND	Formation de Des Landes - Claystone calcaireux, calcilutite, calcilutite argileuse, calcilutite silteuse, arénite calcaireuse, chert	Propice
St-Joseph-Alban	Gaspésie	Des Chic chocs	48,9316970	-64,2976190	1,892382	ND	Formation de Des Landes - Claystone calcaireux, calcilutite, calcilutite argileuse, calcilutite silteuse, arénite calcaireuse, chert	Propice
Notre-Dame Sacré-cœur	Gaspésie	Des Chic chocs	48,8888860	-64,5518470	0,858899	ND	Formation de Battery Point - Arénite feldspathique, mudstone gris-vert, conglomérat polygénique à granules et calcaux	Propice
St-Rosaire	Gaspésie	Des Chic chocs	48,8305222	-64,4870927	1,163836	ND	Formation de Battery Point - Arénite feldspathique, mudstone gris-vert, conglomérat polygénique à granules et calcaux	Propice
De La Découverte	Gaspésie	Des Chic chocs	48,8304934	-64,4872655	1,152475	ND	Formation de Battery Point - Arénite feldspathique, mudstone gris-vert, conglomérat polygénique à granules et calcaux	Propice
Notre-Dame-De-Liesse	Gaspésie	Des Chic chocs	48,6555950	-64,2146290	2,659119	ND	Formation de Battery Point - Arénite feldspathique, mudstone gris-vert, conglomérat polygénique à granules et calcaux	Propice
École de L'Anse	Gaspésie	Des Chic chocs	49,1239265	-66,5219585	1,005919	ND	Mélange de Cap-Chat - Unité chaotique comprenant des blocs des Formations de Rivière Ouelle, de Tourelle et de Des Landes	Propice
Des Bois et Marees	Gaspésie	Des Chic chocs	49,1609093	-66,4995847	1,254245	ND	Formation de Tourelle - Grès, mudrock, wacke lithique, arénite, calcaire	Non propice
Notre-Dame des Neiges	Gaspésie	Des Chic chocs	49,2136277	-68,0692751	9,502626	ND	Formation de Clondorme - Mudrock, grès, dolomie, calcaire, wacke	Propice
Saint-Norbort	Gaspésie	Des Chic chocs	49,0963576	-66,6866872	1,190559	ND	Formation de Tourelle - Grès, mudrock, wacke lithique, arénite, calcaire	Non propice
Gabriel Le Coutois	Gaspésie	Des Chic chocs	49,1240151	-66,4933559	1,308616	ND	Mélange de Cap-Chat - Unité chaotique comprenant des blocs des Formations de Rivière Ouelle, de Tourelle et de Des Landes	Propice
Saint-Maxime	Gaspésie	Des Chic chocs	49,2286680	-65,7269500	1,375541	ND	Formation de Clondorme - Mudrock, grès, dolomie, calcaire, wacke	Propice
École P'tit Bonheur	Gaspésie	Des Chic chocs	49,2264270	-65,1220810	8,747320	ND	Formation de Clondorme - Mudrock, grès, dolomie, calcaire, wacke	Propice
Saint-Antoine	Gaspésie	Des Chic chocs	49,2516280	-65,5429960	2,277817	ND	Formation de Clondorme - Mudrock, grès, dolomie, calcaire, wacke	Propice
Notre-Dame	Gaspésie	Des Chic chocs	49,1790110	-64,8415127	1,798294	ND	Formation de Clondorme - Mudrock, grès, dolomie, calcaire, wacke	Propice
École de L'Amitié	Laurentides	Pierre Neveu	46,0882680	-75,6213457	11,153332	0,597547	Paragneiss à sillimanite, grenat, biotite	Non propice
De Notre-Dame	Laurentides	Pierre Neveu	46,2858688	-75,6311412	13,224653	0,599871	Marbre, paragneiss, quartzite, amphibolite	Non propice
Du Saint-Rosaire	Laurentides	Pierre Neveu	46,4027770	-75,0250540	7,419215	0,916915	Gneiss, gneiss granitique leucocrate à biotite homblende	Non propice
St-Gérard	Laurentides	Pierre Neveu	46,4187290	-75,3803233	4,311874	1,181584	Marbre et roche calco-silicatée, blanc à vert; à calcite, diopside, dolomie, graphite, phlogopite, plagioclase, scapolite, serpentine, sulfures, titanite	Non propice
De L'Aventure	Laurentides	Pierre Neveu	46,5506891	-74,8288178	5,520765	0,781364	Tonalite, granodiorite, diorite, monzodiorite, gabbro	Propice
Du Christ Roi	Laurentides	Pierre Neveu	46,5181110	-74,9937840	4,990122	1,127739	Tonalite, granodiorite, diorite, monzodiorite, gabbro	Propice
De Saint-Joseph	Laurentides	Pierre Neveu	46,5071120	-75,3531050	16,521425	1,350767	Quartzite et gneiss quartziteux à biotite et localement à graphite, grenat et/ou tourmaline, avec niveaux de paragneiss à sillimanite et autres paragneiss	Propice
De Saint-François	Laurentides	Pierre Neveu	46,5503133	-75,3615381	25,845354	1,446315	Paragneiss, graphite, grenat, muscovite, tourmaline	Non propice
Notre-Dame	Laurentides	Pierre Neveu	46,5568970	-75,3645010	25,795974	1,446315	Paragneiss, graphite, grenat, muscovite, tourmaline	Non propice
Saint-Joachim	Laurentides	Pierre Neveu	46,6004119	-75,7264652	24,830619	0,756962	Granites divers	Propice
St-Jean L'évangéliste	Laurentides	Pierre Neveu	46,5582858	-75,5827819	18,488197	0,805396	Paragneiss non différenciés	Non propice
École Jean XXIII	Laurentides	Pierre Neveu	46,5497258	-75,5067573	22,568662	1,064989	Paragneiss non différenciés	Non propice
De La Carrière	Laurentides	Pierre Neveu	46,5553340	-75,4891330	23,174762	1,140697	Monzonite quartzifère, monzonite et monzogranite roses, gris-rose ou rougeâtres, à biotite, à homblende et localement à orthopyroxène	Propice
Saint-Eugène	Laurentides	Pierre Neveu	46,5490701	-75,4975977	21,410989	1,138049	Monzonite quartzifère, monzonite et monzogranite roses, gris-rose ou rougeâtres, à biotite, à homblende et localement à orthopyroxène	Propice
Sacré-Cœur	Laurentides	Pierre Neveu	46,5525079	-75,4979753	21,019702	1,109913	Monzonite quartzifère, monzonite et monzogranite roses, gris-rose ou rougeâtres, à biotite, à homblende et localement à orthopyroxène	Propice
École La Madone	Laurentides	Pierre Neveu	46,5596660	-75,4923850	22,281875	1,109913	Monzonite quartzifère, monzonite et monzogranite roses, gris-rose ou rougeâtres, à biotite, à homblende et localement à orthopyroxène	Propice
École Hém-Bourassa	Laurentides	Pierre Neveu	46,6519143	-75,2418574	21,671274	1,062775	Monzonite quartzifère, monzonite et monzogranite roses, gris-rose ou rougeâtres, à biotite, à homblende et localement à orthopyroxène	Propice
ND du Saint-Sacrement	Laurentides	Pierre Neveu	46,7019230	-75,4499760	17,896446	1,448618	Monzonite, monzonite quartzifère, syénite quartzifère, monzodiorite et diorite	Propice
École du Sacré-Cœur	Laurentides	Pierre Neveu	46,7010360	-75,4515890	18,194858	1,448618	Monzonite, monzonite quartzifère, syénite quartzifère, monzodiorite et diorite	Propice
École du Sacré-Cœur	Laurentides	Pierre Neveu	46,7807321	-75,3968426	23,549182	0,975722	Quartzite gris clair ou rouille à biotite à feldspath à diopside et grenat, localement interstitiel avec des roches calcosilicatées à diopside	Propice
École de Sainte-Anne	Laurentides	Pierre Neveu	46,8791882	-75,3253587	23,454677	0,701142	Roche métasomatique blanche à grenat, plagioclase, quartz et biotite	Non propice
École Du Méandre	Laurentides	Pierre Neveu	46,4101217	-74,8686155	2,487210	0,935327	Gneiss, gneiss granitique leucocrate à biotite homblende	Non propice
Saint-Nom-De-Marie	Outaouais	Des hauts-Bois	45,9525025	-75,9462078	0,572222	0,410441	Marbre et roche calco-silicatée	Non propice
Ste-Anne	Outaouais	Des hauts-Bois	45,7151594	-76,6088147	17,004028	0,155292	Amphibolite	Non propice
Laval	Outaouais	Des hauts-Bois	46,3007520	-75,8671339	7,096905	0,661339	Marbre, paragneiss, quartzite, amphibolite et pyroxénite non différenciés	Non propice
Notre-Dame-De-Grace	Outaouais	Des hauts-Bois	46,2038491	-75,9669978	4,516661	0,509334	Marbre calcaire	Non propice
Reine-Perreault	Outaouais	Des hauts-Bois	46,1824116	-76,0610148	7,056674	0,482272	Marbre et roche calco-silicatée	Non propice
Sainte-Marie	Outaouais	Des hauts-Bois	45,8446550	-76,4332110	2,274806	0,985905	Gneiss tonalitique	Propice
Sainte-Croix-de-Messines	Outaouais	Des hauts-Bois	46,2481588	-76,0236062	4,248144	0,669237	Marbre et roche calco-silicatée	Non propice
Pie XII	Outaouais	Des hauts-Bois	46,3773542	-75,9648640	10,018024	0,677793	Marbre, paragneiss, quartzite, amphibolite	Non propice
Poupore	Outaouais	Des hauts-Bois	45,8428489	-76,7371785	3,473045	0,235242	Calcaire, dolomie, chert, gypse et anhydrite	Non propice
Saint-Pierre	Outaouais	Des hauts-Bois	45,8429387	-76,7391125	3,452138	0,235242	Calcaire, dolomie, chert, gypse et anhydrite	Non propice
Christ-Roi	Outaouais	Des hauts-Bois	46,3836418	-75,9828624	11,499857	0,624882	Marbre, paragneiss, quartzite, amphibolite	Non propice
Saint-Boniface	Outaouais	Des hauts-Bois	46,5017710	-75,9826460	13,664897	0,716187	Paragneiss non différenciés	Non propice
Dominique-Savo	Outaouais	Des hauts-Bois	46,5380599	-76,0418121	20,659260	0,785651	Marbre	Non propice
ND-Du Sacré-Cœur	Outaouais	Des hauts-Bois	45,9101243	-77,0720155	16,073785	0,495868	Calcaire, dolomie, chert, gypse et anhydrite	Non propice
Sacré-Cœur G Remous	Outaouais	Des hauts-Bois	46,6195680	-75,9150240	14,006438	0,739471	Paragneiss non différenciés	Non propice
Sainte-Thérèse	Outaouais	Des hauts-Bois	46,1363847	-76,2482707	3,481926	0,882911	Marbre et roche calco-silicatée	Non propice
Académie Sacré-Cœur	Outaouais	Des hauts-Bois	46,3775582	-75,9750239	12,877223	0,623190	Marbre, paragneiss, quartzite, amphibolite	Non propice
Sacré-Cœur	Outaouais	Des hauts-Bois	46,0926386	-76,0548089	3,554509	0,758670	Marbre et roche calco-silicatée	Non propice
Wilbert Keon	Outaouais	Western Québec	45,9100422	-77,0743196	16,176651	0,495868	Calcaire, dolomie, chert, gypse et anhydrite	Non propice
Maniwaki	Outaouais	Western Québec	46,3710920	-75,9811730	11,109384	0,607377	Granites divers; pegmatite	Propice
S E McDowell	Outaouais	Western Québec	45,8023117	-76,4925433	20,031921	1,068954	Roches calcosilicatées, marbre, dolomie, schiste et quartzite	Non propice
Queen Elizabeth	Outaouais	Western Québec	45,9485814	-76,0153815	1,406276	0,485802	Marbre et roche calco-silicatée	Non propice
St-John-J-P II	Outaouais	Western Québec	45,7359900	-76,5951240	23,608242	1,177255	Paragneiss, quartzite et amphibolite	Non propice
Maniwaki/Woodland	Outaouais	Western Québec	46,3781390	-75,9773605	12,749943	0,623190	Marbre, paragneiss, quartzite, amphibolite	Non propice



## **ANNEXE 4**

### **PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES STRUCTURALES DES BÂTIMENTS À L'ÉTUDE**



## PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES STRUCTURALES DES BÂTIMENTS À L'ÉTUDE

Nom de l'école	Région	Commission scolaire	Année	Nb. d'étage	Ouvrir les fenêtres sous-sol	Ouvrir les fenêtres rez-de-chaussée	Ventilation gén.	Sous-sol	Vide sanitaire	Dalle de béton
De Belle-Anse	Gaspésie	Eastern Shore	1946	2		X		X	X	X
Gaspe Elementary	Gaspésie	Eastern Shore	1956	3	X	X		X		X
Des Prospecteurs	Gaspésie	Chic-chocs	1961	3	X	X		X	X	X
St-Paul	Gaspésie	Chic-chocs	1968	2		X				X
Aux Quatre-vents	Gaspésie	Chic-chocs	1964	2	X	X		X		X
Saint-Joseph-Alban	Gaspésie	Chic-chocs	1953	2	X	X		X		X
Notre-Dame-Sacré-Cœur	Gaspésie	Chic-chocs	1963	2	X	X		X		X
Saint-Rosaire	Gaspésie	Chic-chocs	1934	2	X	X		X		X
De La Découverte	Gaspésie	Chic-chocs	1951	2	X	X		X		X
Notre-Dame-De-Liesse	Gaspésie	Chic-chocs	1961	2	X	X		X	X	X
De L'Anse	Gaspésie	Chic-chocs	1952	2		X		X	X	X
Des Bois-et-Marées	Gaspésie	Chic-chocs	1962	2	X	X		X		X
Notre-Dame-Des-Neiges	Gaspésie	Chic-chocs		2		X		X		X
Saint-Norbert	Gaspésie	Chic-chocs	1943	2	X	X		X	X	X
Gabriel-Le-Courtois	Gaspésie	Chic-chocs	1965	2		X	X	X		X
Saint-Maxime	Gaspésie	Chic-chocs	1957	2		X	X			X
Du P'tit Bonheur	Gaspésie	Chic-chocs		2	X	X		X		X
Saint-Antoine	Gaspésie	Chic-chocs	1953	2	X	X		X		X
Notre-Dame	Gaspésie	Chic-chocs	1957	2		X		X	X	X
De L'Amitié	Laurentides	Pierre Neveu	1938	4	X	X		X		X
De Notre-Dame	Laurentides	Pierre Neveu	1953	2	X	X		X		X
Du Saint-Rosaire	Laurentides	Pierre Neveu	1930	3	X	X				X
Saint-Gérard	Laurentides	Pierre Neveu	1956	2		X		X	X	
De L'Aventure	Laurentides	Pierre Neveu	1953	3		X				X
Du Christ-Roi	Laurentides	Pierre Neveu	1956	2	X	X				X
De Saint-Joseph	Laurentides	Pierre Neveu	1948	2	X	X		X		X
De Saint-François	Laurentides	Pierre Neveu	1955	2	X	X		X		X
Notre-Dame	Laurentides	Pierre Neveu	1950	2	X	X		X		X
Saint-Joachim	Laurentides	Pierre Neveu	1954	2	X	X		X		X
Saint-Jean L'évangéliste	Laurentides	Pierre Neveu	1945	3	X	X		X		X

Projet de dépistage du radon dans des écoles primaires  
du Québec situées en zones d'investigation prioritaires

Jean XXIII	Laurentides	Pierre Neveu	1962	2		X				X
De La Carrière	Laurentides	Pierre Neveu	1961	1		X				
Saint-Eugène	Laurentides	Pierre Neveu	1948	4	X	X		X		X
Du Sacré-Cœur	Laurentides	Pierre Neveu	1915	4		X				
La Madone	Laurentides	Pierre Neveu	1951	2		X				X
Henri-Bourassa	Laurentides	Pierre Neveu	1955	2		X			X	
ND du Saint-Sacrement	Laurentides	Pierre Neveu	1928	3	X	X		X		X
Du Sacré-Cœur	Laurentides	Pierre Neveu	1946	3	X	X		X		X
Du Sacré-Cœur	Laurentides	Pierre Neveu	1937	3	X	X		X		X
De Sainte-Anne	Laurentides	Pierre Neveu	1960	2	X	X		X		X
Du Méandre	Laurentides	Pierre Neveu	1960	2		X				
Saint-Nom-De-Marie	Outaouais	Hauts-Bois-Out	1957	3	X	X		X		X
Sainte-Anne	Outaouais	Hauts-Bois-Out	1958	2	X	X		X		X
Laval	Outaouais	Hauts-Bois-Out	1947	3	X	X		X		X
Notre-Dame-De-Grace	Outaouais	Hauts-Bois-Out	1955	3	X	X				X
Reine-Perreault	Outaouais	Hauts-Bois-Out	1945	3	X	X		X		X
Sainte-Marie	Outaouais	Hauts-Bois-Out	1953	2	X	X		X		X
Sainte-Croix-De-Messines	Outaouais	Hauts-Bois-Out	1954	2	X	X		X		X
Pie XII	Outaouais	Hauts-Bois-Out	1958	2	X	X		X		X
Poupore	Outaouais	Hauts-Bois-Out	1952	3	X	X		X		X
Saint-Pierre	Outaouais	Hauts-Bois-Out	1922	3	X	X		X		X
Christ-Roi	Outaouais	Hauts-Bois-Out	1956	3	X	X		X	X	X
Saint-Boniface	Outaouais	Hauts-Bois-Out	1944	3	X	X		X		X
Dominique-Savio	Outaouais	Hauts-Bois-Out	1962	2	X	X		X		X
ND-Du Sacré-Cœur	Outaouais	Hauts-Bois-Out	1961	2	X	X		X		X
Sacré-Cœur	Outaouais	Hauts-Bois-Out	1958	3	X	X		X		X
Sainte-Thérèse	Outaouais	Hauts-Bois-Out	1952	3	X	X		X		X
Académie Sacré-Cœur	Outaouais	Hauts-Bois-Out	1935	3	X	X		X	X	X
Sacré-Cœur	Outaouais	Hauts-Bois-Out	1959	3	X	X	X	X	X	X
Wilbert Keon	Outaouais	Western Québec	1911	3			X	X		
Maniwaki AVTC	Outaouais	Western Québec	1954	2	X	X		X		
S E McDowell	Outaouais	Western Québec		1,5		X	X	X		X
Queen Elizabeth	Outaouais	Western Québec	1997	1,5		X	X	X		X
St-John/J-P II	Outaouais	Western Québec	1981	2		X	X			X
Maniwaki/Woodland	Outaouais	Western Québec	1960	3,5		X		X	X	

**ANNEXE 5**  
**OUTILS DE COMMUNICATION**







## Exemple de lettre aux parents (avant le projet)

### **Objet : Projet pilote de dépistage du radon dans l'école de votre enfant**

Madame,  
Monsieur,

Au mois de mai 2009, la Commission scolaire \_\_\_\_\_ confirmait son accord pour qu'un projet pilote de dépistage du radon soit réalisé dans certaines de ses écoles primaires OU dans toutes ses écoles primaires. Ce projet de dépistage, qui débutera en janvier 2010, sera réalisé par l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ), en collaboration avec le ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS), le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS) et la direction des écoles concernées. L'école primaire que fréquente votre enfant fait partie de ce projet pilote et nous désirons vous transmettre des renseignements relatifs à cette opération pour vous permettre de comprendre les objectifs poursuivis et les activités qui se dérouleront dans l'école au cours des prochaines semaines.

Le radon est un gaz d'origine naturelle qui provient de la dégradation de l'uranium présent dans certaines formations géologiques. Selon les indicateurs géologiques disponibles, notre région pourrait être plus propice aux émissions de radon. Il faut savoir que ce gaz représente un risque pour la santé lorsqu'une personne est exposée de façon continue à des concentrations élevées de radon dans l'air intérieur d'un bâtiment sur plusieurs décennies. Pour réduire les risques associés au radon, Santé Canada a récemment adopté une nouvelle ligne directrice abaissant la concentration jugée acceptable dans l'air ambiant des immeubles. Ainsi, si les concentrations mesurées dans un bâtiment excèdent la nouvelle ligne directrice, il est recommandé au propriétaire de celui-ci d'effectuer des travaux visant à contrôler l'infiltration de radon.

Bien qu'il y ait peu de risques pour que des problèmes significatifs existent dans les écoles du Québec, le MSSS recommande, sur une base préventive, que des mesures des concentrations de radon y soient effectuées. C'est ainsi qu'il a été décidé de réaliser un projet pilote dans plus de 60 écoles au Québec, dont toutes les écoles primaires OU XX écoles primaires situées sur le territoire de la Commission scolaire \_\_\_\_\_. Ce projet pilote servira à établir les bases d'une éventuelle opération à plus grande échelle, selon les résultats qui seront obtenus. L'objectif de ce projet pilote est également d'améliorer les connaissances sur le radon et de préciser les actions de la Stratégie québécoise de protection de la santé publique contre le radon, en cours d'élaboration.

Les écoles primaires ont été retenues pour cette étude, notamment parce que ce sont des immeubles relativement simples sur le plan architectural, ce qui facilite la caractérisation des lieux, l'interprétation subséquente des résultats ainsi que l'application des mesures correctives, le cas échéant.

À partir de janvier 2010, un représentant de l'INSPQ, accompagné d'un représentant de notre commission scolaire, installeront des détecteurs de radon (dosimètres) dans certains locaux de l'école. Ces appareils sont de très petite taille et ne présentent aucun danger pour la santé. Ils seront retirés au printemps et ensuite analysés en laboratoire. Pour assurer une qualité optimale des mesures de radon et éviter que les résultats soient altérés, des affichettes seront apposées à proximité des dosimètres. Les résultats de l'étude ainsi que les

recommandations appropriées seront présentés aux autorités de notre commission scolaire, qui s'assurera de vous les communiquer.

Dans le cas où des concentrations élevées de radon seraient observées dans un ou plusieurs locaux de l'école de votre enfant, notre commission scolaire planifiera la mise en place des mesures correctives appropriées.

Étant donné que la population est encore peu renseignée sur le radon et les risques qui y sont associés, il se peut que ce projet soulève des questions. Si vous désirez obtenir des renseignements additionnels au sujet du projet de dépistage du radon, communiquez avec M. Louis-Marie Poissant, de la Direction de santé publique de l'Outaouais, au 819 776-7669. **OU** le D<sup>r</sup> Jean-Claude Dessau, de la Direction de santé publique des Laurentides, au 450 436-8622, poste 2298. **OU** M<sup>me</sup> Marie Chagnon, de la Direction de santé publique de la Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine, au 418 368-2443, poste 4633. Vous pouvez également visiter les sites Internet suivants :

- Institut national de santé publique du Québec : [www.inspq.qc.ca](http://www.inspq.qc.ca)
- Ministère de la Santé et des Services sociaux : [www.msss.gouv.qc.ca/radon](http://www.msss.gouv.qc.ca/radon)
- Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport : [www.mels.gouv.qc.ca/radon](http://www.mels.gouv.qc.ca/radon).

Je vous prie d'agréer, Madame, Monsieur, l'expression de mes sentiments les meilleurs.

**Signature d'un représentant de la direction de l'école**

## **Exemple de lettre aux parents (après le projet)**

### **Objet : Résultats du projet pilote de dépistage du radon dans l'école**

Madame,  
Monsieur,

Au mois de janvier 2010, nous vous informions que l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ), en collaboration avec le ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS), la Direction de santé publique \_\_\_\_\_, le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS) et Santé Canada, procéderait à l'installation de dosimètres dans notre école primaire dans le cadre d'un projet pilote de dépistage du radon. Ces dosimètres, servant à la mesure du radon, ont été retirés au printemps 2010 et analysés en laboratoire au cours de l'été. D'origine naturelle, le radon est un gaz radioactif qui provient de la dégradation de l'uranium présent dans la croûte terrestre. Ce gaz peut s'infiltrer et s'accumuler dans les bâtiments par le sous-sol. Une exposition à des concentrations élevées de radon pendant plusieurs décennies augmente le risque de développer un cancer du poumon.

La direction de l'école \_\_\_\_\_ a récemment reçu les résultats des mesures de radon effectuées au cours de l'hiver 2010. Ce projet a été élaboré par l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ), le ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS), le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS) et la Direction de santé publique \_\_\_\_\_, en collaboration avec Santé Canada. D'origine naturelle, le radon est un gaz radioactif qui provient de la dégradation de l'uranium présent dans la croûte terrestre. Ce gaz peut s'infiltrer et s'accumuler dans les bâtiments par le sous-sol. Le radon est mesuré dans les bâtiments parce qu'une exposition à des concentrations élevées de radon pendant plusieurs décennies augmente le risque de contracter un cancer du poumon.

### **Résultats**

#### **Scénario 1**

Dans le cadre de ce projet pilote, les résultats obtenus démontrent que les concentrations de radon mesurées dans les locaux de l'école respectent la ligne directrice recommandée par Santé Canada, soit moins de 200 becquerels par mètre cube d'air dans les locaux normalement occupés. Il n'y a donc aucune mesure corrective à mettre en place dans notre école.

#### **Scénario 2**

Dans le cadre de ce projet pilote, les résultats obtenus démontrent que certains locaux de l'école dépassent la ligne directrice de Santé Canada, soit une concentration de 200 becquerels par mètre cube d'air. Compte tenu de ces résultats, la Commission scolaire procédera à des travaux correctifs dans les délais prescrits par Santé Canada. Les locaux où des interventions s'avèrent nécessaires sont : \_\_\_\_\_.

Il est important de rappeler que toutes ces mesures sont prises à titre **préventif**. En effet, selon les experts de Santé publique, il n'y a pas lieu de s'inquiéter de cette situation, car seule une exposition **continue** à des concentrations **élevées** de radon dans l'air intérieur d'un bâtiment pendant **plusieurs dizaines années** représenterait un risque pour la santé. De plus, la Commission scolaire confirme qu'elle effectuera les travaux requis pour corriger la situation.

**Si vous désirez obtenir de plus amples renseignements au sujet des mesures de radon** effectuées ou des travaux correctifs envisagés dans notre école, je vous invite à me contacter et je ferai le nécessaire pour obtenir les précisions ou les renseignements requis. Vous trouverez également de l'information générale sur le radon en consultant les sites Internet suivants :

- INSPQ : [www.inspq.qc.ca/radon/](http://www.inspq.qc.ca/radon/)
- MSSS : [www.msss.gouv.qc.ca/radon](http://www.msss.gouv.qc.ca/radon)
- MELS : [www.mels.gouv.qc.ca/radon/](http://www.mels.gouv.qc.ca/radon/)

Nous vous remercions de votre collaboration dans le cadre de ce projet qui vise à assurer la sécurité des personnes qui fréquentent notre école.

**Signature d'un représentant de la direction de l'école**

**ANNEXE 6**

**QUESTIONNAIRE D'ÉVALUATION DU PROJET**



# Questionnaire d'évaluation du projet de dépistage du radon dans les écoles

## 1. Rappel des grandes lignes du projet de dépistage

### Objectif principal

Le principal objectif était de réaliser le dépistage du radon dans des écoles primaires publiques du Québec situées dans des zones d'investigation prioritaire à des fins de protection de la santé des enfants et du personnel.

### Les objectifs spécifiques étaient :

- 1) De connaître, dans les écoles primaires ciblées, les concentrations en radon auxquelles les occupants étaient exposés;
- 2) De diminuer, dans les cas où des mesures correctives s'avéraient nécessaires, l'exposition cumulative au radon des occupants de ces établissements;
- 3) De raffiner les associations entre les indicateurs géologiques, géochimiques et radiométriques sélectionnés, dans le but éventuel de préciser plus efficacement la distribution spatiale des zones propice à émettre du radon et de confirmer le statut à risque des secteurs étudiés.
- 4) D'identifier les aspects structuraux des bâtiments étudiés les plus susceptibles d'influencer les concentrations de radon.

### Le projet visait également à :

- a. Développer l'approche avec les différents partenaires impliqués;
- b. Valider un protocole expérimental qui pourrait par la suite être utilisé dans le cadre d'une activité de dépistage à l'échelle de la province;
- c. Utiliser les données obtenues à des fins de cartographie par les instances gouvernementales.

### Un des objectifs secondaires importants visait aussi à sensibiliser les différentes clientèles impliquées, soit :

- Les représentants du MELS;
- les responsables des commissions scolaires;
- les directeurs d'école et leur personnel enseignant ou non;
- les écoliers et leurs parents;
- les élus municipaux.

## 2. Évaluation du niveau de satisfaction

### 1<sup>re</sup> partie : Questionnaire fermé

	Très insatisfaisant	Insatisfaisant	Satisfaisant	Très satisfaisant
Élaboration et mise en œuvre du projet				
Déploiement et collecte des dosimètres				
Gestion des aspects de communication				
Outils de travail et de communication développés				
Recommandations de l'équipe de recherche en matière d'atténuation				
Suivi général du projet				
Collaboration intersectorielle				
Partage des tâches et des responsabilités				
Contribution du projet à la protection de la santé publique				

**Note :** Si vous avez des commentaires spécifiques à formuler à propos d'un ou de plusieurs des items présentés ci-haut, veuillez les rapporter au point 4 de la seconde partie.

### 2<sup>e</sup> partie : Questionnaire ouvert

1. Quels sont les aspects/points positifs de ce projet?
2. Quels sont les points à améliorer?
3. Comment les points apportés à la seconde question pourraient être améliorés?
4. Commentaires généraux

### **3<sup>e</sup> partie : Suivi du volet communicationnel**

Afin de pouvoir documenter l'impact du projet sur la population, nous vous serions très reconnaissants de nous fournir une liste ainsi qu'une courte description des requêtes et questions transmises par la population et les médias?

**Merci de votre collaboration!**





EXPERTISE  
CONSEIL



INFORMATION



FORMATION

[www.inspq.qc.ca](http://www.inspq.qc.ca)



RECHERCHE  
ÉVALUATION  
ET INNOVATION



COLLABORATION  
INTERNATIONALE



LABORATOIRES  
ET DÉPISTAGE

Institut national  
de santé publique

Québec

