



## **Évaluation par des experts internationaux des pratiques de la Direction de santé publique concernant les problèmes de santé associés aux infiltrations d'eau dans les bâtiments**

Actes de l'audit tenu en avril 2013





# **Évaluation par des experts internationaux des pratiques de la Direction de santé publique concernant les problèmes de santé associés aux infiltrations d'eau dans les bâtiments**

Actes de l'audit tenu en avril 2013

*L'Évaluation par des experts internationaux des pratiques de la Direction de santé publique concernant les problèmes de santé associés aux infiltrations d'eau dans les bâtiments* est une production de la Direction de santé publique de l'Agence de la santé et des services sociaux de Montréal.

1301, rue Sherbrooke Est  
Montréal (Québec) H2L 1M3  
514 528-2400  
dsp.santemontreal.qc.ca

**Experts internationaux participants** (par ordre alphabétique)

Harriet Ammann, toxicologie et santé publique, Department of environmental and occupational health sciences, School of public health, University of Washington

Scott Armour, santé environnementale et hygiène de l'environnement, remédiation des bâtiments endommagés par l'eau et les moisissures, Institute of Inspection, Restoration, and Cleaning Certification (IICRC)

Tony Colantonio, architecture, science des bâtiments et thermographie infrarouge, Travaux publics Canada

Jean Cox-Ganser, épidémiologie, National Institute for Occupational Safety and Health, États-Unis

Anne Hyvarinen, santé environnementale et microbiologie, Department of environmental health, National institute for health and welfare, Finland

Eckardt Johanning, médecine environnementale et du travail, Fungal Research Group Foundation, Université Columbia

Philip Morey, hygiène de l'environnement et microbiologie, ENVIRON International Corporation

**Équipe de la Direction de santé publique de l'Agence de la santé et des services sociaux de Montréal**

Louis Jacques<sup>1,2,3,4</sup>, Noémie Savard<sup>1,3</sup>, Yves Frenette<sup>1,3</sup>, Stéphane Perron<sup>1,2,3</sup>, Stéphanie Gauthier<sup>1,3</sup>, Geneviève Hamelin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Direction de santé publique de l'Agence de la santé et des services sociaux de Montréal

<sup>2</sup> Clinique de médecine du travail et de l'environnement, Centre hospitalier de l'Université de Montréal (CHUM)

<sup>3</sup> Université de Montréal

<sup>4</sup> Université McGill

Dr Louis Drouin, responsable du secteur Environnement urbain et santé, Direction de santé publique de l'Agence de la santé et des services sociaux de Montréal, et son adjoint, Norman King

**Traduction**

Anne-Marie Mesa, traductrice agréée

**Remerciements**

Nous aimerions remercier tous les experts pour leur précieuse contribution à l'audit. Leur passion et leur intérêt envers la prévention des effets sur la santé des dégâts d'eau dans les bâtiments et de la contamination par les moisissures sont pour nous une grande source de motivation. Sans eux, l'activité n'aurait pas pu avoir lieu. Nous souhaitons également remercier le ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec (MSSS) de son généreux soutien financier à l'organisation de la réunion.

**Note**

Dans ce document, l'emploi du masculin générique désigne aussi bien les femmes que les hommes et est utilisé dans le seul but d'alléger le texte.

© Direction de santé publique

Agence de la santé et des services sociaux de Montréal (2015) Tous droits réservés

ISBN 978-2-89673-466-5 (version imprimée)

ISBN 978-2-89673-465-8 (version PDF)

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2015

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives Canada, 2015

## MOT DU DIRECTEUR

Les dégâts et les infiltrations d'eau dans les bâtiments et la croissance fongique associée constituent une préoccupation majeure pour les autorités de santé publique. La Direction de santé publique de l'Agence de la santé et des services sociaux de Montréal (DSP de Montréal) intervient activement dans ce dossier depuis plusieurs années avec ses partenaires. L'évaluation des impacts sanitaires associés à ce problème, celle de l'état des bâtiments, les procédures de correction des problèmes et l'entretien préventif des bâtiments sont tous des domaines d'activité fort complexes qui donnent lieu à des opinions divergentes parmi les professionnels sur les meilleures façons de procéder. En conséquence, la DSP a organisé un audit international de deux jours avec des experts provenant des États-Unis, du Canada et de la Finlande afin d'évaluer l'approche suivie et les recommandations émises par la DSP de Montréal et ses partenaires. Les actes de cet audit présentent le contenu des discussions qui ont eu lieu pendant les deux jours et se terminent par une série de recommandations qui ont pour objectif de guider les interventions futures dans ce domaine. Je remercie chaleureusement le personnel de la DSP qui a organisé cet audit et qui y a participé, les sept panélistes experts sans qui cette activité n'aurait pas pu avoir lieu ainsi que le ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec (MSSS) pour son généreux appui financier.

Richard Massé



## SOMMAIRE

Les 25 et 26 avril 2013, des experts de diverses disciplines et de différents pays se sont réunis à Montréal, Québec, Canada pour discuter et évaluer les méthodes utilisées et les recommandations émises par le secteur Environnement urbain et santé de la Direction de santé publique de l'Agence de la santé et des services sociaux de Montréal (DSP de Montréal) concernant les impacts sanitaires des dégâts d'eau chroniques dans les bâtiments. Cette réunion a été jugée nécessaire en raison d'importantes divergences d'opinions chez les différents professionnels concernés quant aux méthodes à utiliser pour l'investigation, l'interprétation des données et les recommandations visant à résoudre les problèmes relatifs aux bâtiments et à la santé.

Les objectifs de cette séance de deux jours étaient d'évaluer les méthodes utilisées ainsi que les recommandations formulées par la DSP de Montréal et ses partenaires concernant les impacts sanitaires des dégâts d'eau chroniques dans les bâtiments, et de formuler des recommandations visant à améliorer les aspects suivants :

- 1) évaluation des bâtiments ayant subi un dégât d'eau et de la santé de leurs occupants;
- 2) interprétation des données et conclusions des investigations;
- 3) recommandations émises;
- 4) évaluation de l'efficacité de la remédiation.

Un groupe de sept scientifiques choisis pour leur expérience et leur expertise dans les domaines concernés a été invité à passer en revue les méthodes et les recommandations émises par la DSP de Montréal. Des professionnels des secteurs de la santé, municipal et de l'éducation, ainsi que des consultants œuvrant dans le domaine des dégâts d'eau dans les bâtiments, ont été invités à participer à la réunion de deux jours. Après un survol du problème présenté par le Dr Louis Jacques de la DSP de Montréal, les experts ont retenu des cas réels d'écoles (2) et de bâtiments résidentiels (2) affectés par les dégâts d'eau chroniques. Chaque discussion a été suivie d'une discussion générale ouverte à tous les participants.

L'état d'un bâtiment peut avoir un impact sur la santé et les effets des infiltrations d'eau chroniques sur la santé sont bien reconnus. Il existe plusieurs sources d'humidité dans un bâtiment et les infiltrations d'eau non détectées et non réparées dans un délai de 24 à 48 heures peuvent entraîner une prolifération excessive et un accroissement des moisissures et d'autres micro-organismes. Divers fragments et produits microbiens – pas seulement les spores – sont associés à des effets sur la santé, notamment sur l'appareil respiratoire (irritation, allergie et autres types de réactions) et ailleurs dans l'organisme; ces effets varient selon le type et l'étendue de l'exposition et des facteurs individuels (âge, atopie, etc.).

L'investigation des bâtiments repose sur une approche intégrée qui tient compte de nombreux éléments (histoire, observation, y compris l'inspection visuelle de l'intérieur du bâtiment et de l'enveloppe extérieure, divers tests, évaluation de la santé des occupants). Considérés ensemble, ces éléments permettent d'évaluer le risque et de proposer des mesures de remédiation.

Il existe de nombreux outils utiles qui devraient faire partie de toute investigation d'un bâtiment. Le plus important est un humidimètre (détecteur d'humidité) utilisé pour détecter les matériaux humides, pour confirmer les résultats de la thermographie infrarouge et pointer les zones pour les inspections intrusives.

Une caméra thermique à infrarouge détecte les différences de température sur une surface relativement étendue. Elle peut contribuer à repérer l'humidité puisque l'évaporation à la surface d'un matériau humide entraîne son refroidissement. Cependant, l'utilisation de cet outil nécessite une formation spécialisée et de l'expérience.

Les inspections intrusives, c'est-à-dire l'ouverture dans une structure (mur, plafond, plancher, etc.), de l'intérieur ou de l'extérieur, aux endroits où l'on suspecte la présence actuelle ou antérieure d'une infiltration d'eau ou d'humidité excessive, devraient être faites précocement et plus systématiquement pour confirmer ou exclure la présence d'une contamination, identifier la source et guider la remédiation. Ainsi, les inspections intrusives s'imposent lorsque l'infiltration d'eau est chronique. Les prélèvements de matériaux ou de surface, et l'ouverture des structures en cas de problème dans un mur, passent tous avant l'échantillonnage de l'air.

L'échantillonnage de l'air est un enjeu complexe, et souvent, il n'est pas recommandé parce que les résultats sont difficiles à interpréter. Il n'y a pas de relation quantitative établie entre les effets sur la santé et les résultats de l'échantillonnage de l'air. Cela étant dit, dans des situations particulières, l'échantillonnage pourrait faire partie de l'investigation d'un bâtiment. Si on y a recours, on prêtera une attention particulière aux méthodes utilisées, à l'analyse et à l'interprétation des données. Enfin, les experts déconseillent de tirer des conclusions en se basant uniquement sur les résultats de l'échantillonnage de l'air. Ils accordent beaucoup plus d'importance à l'évaluation générale du bâtiment pour trouver des preuves d'humidité et de contamination microbienne et à l'évaluation de la santé des occupants.

L'évaluation de la santé est un autre outil pouvant compléter l'investigation d'un bâtiment. Sur le plan clinique, c'est une opération complexe qui nécessite de l'expérience à cause de la diversité des pathologies associées, de l'absence de spécificité de plusieurs symptômes et de la complexité des examens médicaux et de leur interprétation. À l'échelle du groupe, le recours à des questionnaires de santé validés est une approche fréquente et reconnue, à la fois dans les domaines de la recherche et de l'intervention. Bien que les résultats du questionnaire puissent être biaisés, les effets sur la santé des environnements humides sont bien connus et des actions doivent être prises, qu'il y ait des répercussions sur la santé ou non – de telles répercussions ne rendant la situation que plus inacceptable. Le recours aux données cliniques et épidémiologiques et le suivi à l'échelle clinique et du groupe – souvent effectué par la DSP de Montréal – fournissent des données, qui lorsque combinées, améliorent l'évaluation de la santé.

Lorsqu'on conçoit une solution de remédiation, il faut tout d'abord réfléchir à ce qui a causé le dégât d'eau en premier lieu. Si la condition causant l'infiltration d'eau est toujours présente, le problème n'est pas résolu; dans un tel cas, peu importe la qualité des opérations de nettoyage, car les moisissures reviendront.

Le principe directeur de tout effort de remédiation est le retrait des matériaux contaminés. Toutes les moisissures doivent être éliminées, qu'elles soient actives, dormantes ou mortes, visibles depuis les espaces occupés, ou dissimulées dans une cavité. Le nettoyage est aussi un

facteur clé puisque l'application de stratégies de remédiation crée de nombreuses particules et poussières qui peuvent affecter la santé. Il importe aussi de veiller à la suppression et au confinement adéquat de la poussière pendant la remédiation pour éviter la contamination des lieux occupés.

La décision de retirer, de nettoyer ou de traiter d'une autre façon les éléments structuraux d'un bâtiment contaminé dépend du type de matériaux, de l'intégrité structurale des éléments contaminés et de l'accessibilité des moisissures aux fins de l'élimination ou du nettoyage. L'encapsulation n'est utilisée que dans des circonstances exceptionnelles, après avoir d'abord pris tous les moyens pour nettoyer les matériaux. Cette méthode permet de confiner la poussière fine qui ne peut pas être contrôlée autrement. Il faut ensuite procéder à un suivi et, au besoin, se tourner vers d'autres mesures si celle-ci échoue.

Le retrait des personnes du milieu est principalement une décision d'ordre médical qui pourrait s'appliquer à une personne ou plus, ou à tout un groupe. Les personnes affectées devraient être évaluées par un médecin et être retirées des lieux ou transférées, au besoin. Le contexte peut être un environnement contaminé nécessitant des travaux majeurs ou le retrait temporaire d'un lieu en cours de décontamination (ou d'une zone à proximité d'un tel lieu).

La meilleure façon de garantir la réussite d'un processus de remédiation est d'effectuer correctement les travaux requis et de bien nettoyer les lieux. L'évaluation de l'efficacité du processus de remédiation suppose l'évaluation visuelle de ce qui a été fait. Il doit y avoir un protocole écrit de décontamination, une liste de vérification pour que l'entrepreneur sache quoi livrer, une trace écrite des gestes posés et la mise en œuvre de mesures strictes et claires de contrôle et d'assurance de la qualité. L'échantillonnage de l'air n'est généralement pas recommandé pour l'évaluation de la remédiation, à moins qu'il ne fasse partie d'un programme de recherche ou qu'il ne soit requis dans des situations exceptionnelles comme dans un hôpital. Dans un tel cas, on effectuera l'échantillonnage après que le système de chauffage, ventilation et conditionnement d'air (CVCA) aura fonctionné normalement pendant une à deux semaines. Enfin, le suivi médical est également important afin de s'assurer que les effets sur la santé se soient résorbés après la remédiation ou que les personnes touchées aient reçu les soins et les traitements médicaux adéquats.

Pendant le discours de clôture, les experts se sont généralement accordés pour dire que l'approche de la DSP de Montréal suivait la plupart des principes de base recommandés par les organismes d'experts, depuis l'investigation du bâtiment jusqu'à l'évaluation de la santé et aux recommandations visant à protéger la santé publique. Ils ont également soulevé les points suivants :

- Il est important de s'occuper des problèmes de moisissures; agir tôt permet de prévenir les problèmes de santé.
- Les dommages structuraux sont coûteux, mais le coût humain lié à la qualité de l'air à l'intérieur est probablement plus élevé. Les avantages nets de la résolution des problèmes de moisissures sont la durabilité accrue du bâtiment, l'augmentation de la productivité et la prévention des maladies ainsi que la diminution des coûts de santé.
- S'il y a un problème, il faut le résoudre. N'abordez pas le problème en disant : « La contamination ne peut pas être éliminée », mais plutôt « Il faut éliminer la contamination. Si ce n'est pas possible, il faut examiner la possibilité d'utiliser d'autres méthodes ».

- Il faut se fier à l'évaluation du bâtiment, aux preuves de la présence d'humidité et de contamination microbienne et à la science du bâtiment – et non pas à l'échantillonnage de l'air, à moins d'avoir de très bonnes raisons de le faire et de savoir comment interpréter les résultats. On ne devrait pas procéder à un échantillonnage de l'air pour évaluer la remédiation, sauf dans des circonstances particulières.
- La communication est importante, à la fois entre les experts et les autorités, comme avec les occupants des immeubles et ceux qui ont des préoccupations ou des plaintes concernant la santé. La résolution de problèmes nécessite collaboration et négociation.
- Il faut vérifier les connaissances et les méthodes de travail du consultant. Les méthodes et les conclusions devraient être présentées en se basant sur des références ayant fait l'objet d'un consensus. Si le consultant ne veut pas discuter des méthodes, des interprétations et des conclusions ou les expliquer, il faut changer de consultant. Le contrôle de la qualité du travail effectué par un consultant est un aspect important; une liste de vérification peut être utile.

Une série d'énoncés a été élaborée en se fondant sur les cas présentés, la discussion qui a eu lieu pendant l'audit de deux jours et la littérature scientifique. Ces énoncés qui se retrouvent à la fin du document représentent le consensus atteint par les experts scientifiques; on devrait y recourir pour orienter les actions futures dans le domaine.

# TABLE DES MATIÈRES

<b>MOT DU DIRECTEUR .....</b>	<b>I</b>
<b>SOMMAIRE .....</b>	<b>III</b>
<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
ORIGINE DE LA RÉUNION .....	1
OBJECTIFS DE LA RÉUNION .....	1
LE PROCESSUS .....	2
APERÇU DU PROBLÈME PAR LOUIS JACQUES, MD, MÉDECIN-CONSEIL EN SANTÉ PUBLIQUE, CSPQ, FRCPC.....	3
QUESTIONS RETENUES POUR DISCUSSION .....	5
NOTE AU LECTEUR .....	6
<b>LE BÂTIMENT ET LA SANTÉ .....</b>	<b>9</b>
APPROCHE GÉNÉRALE.....	9
NON-CONFORMITÉ DES BÂTIMENTS, DÉGÂTS D’EAU ET PROLIFÉRATION DES MOISSURES.....	9
DÉGÂTS D’EAU, PROLIFÉRATION DES MOISSURES ET PRODUCTION DE COMPOSANTS MICROBIENS.....	10
PRODUCTION DE COMPOSANTS MICROBIENS ET EXPOSITION .....	11
EXPOSITION ET EFFETS SUR LA SANTÉ .....	12
<b>INVESTIGATION DU BÂTIMENT .....</b>	<b>13</b>
APPROCHE GÉNÉRALE.....	13
DÉTECTION DE MOISSURES – TECHNIQUES PARTICULIÈRES .....	14
ÉCHANTILLONNAGE DE L’AIR.....	16
ÉVALUATION DE LA SANTÉ.....	19
<b>REMÉDIATION .....</b>	<b>23</b>
APPROCHE GÉNÉRALE.....	23
NETTOYAGE DE LA SURFACE.....	24
ÉLÉMENTS STRUCTURAUX CONTAMINÉS ET ENCAPSULATION .....	25
ESPACES INOCCUPÉS CONTAMINÉS .....	27
<b>PROTECTION ET RÉINSTALLATION .....</b>	<b>29</b>
<b>ÉVALUATION DE LA REMÉDIATION .....</b>	<b>31</b>
ÉTALONS ET TESTS .....	31
SUIVI CLINIQUE .....	32
CONTEXTE SOCIAL ET JURIDIQUE.....	33
COMMUNICATION .....	34
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>35</b>
<b>DÉCLARATIONS CONSENSUELLES VISANT À ORIENTER LES ACTIONS FUTURES DANS LE DOMAINE .....</b>	<b>37</b>
ASPECTS RELATIFS À LA SANTÉ.....	37
ÉVALUATION DE L’IMMEUBLE ET DES RISQUES .....	39

REMÉDIATION.....	40
PRÉVENTION.....	42
<b>ANNEXE .....</b>	<b>43</b>
DESCRIPTION DES CAS .....	43
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>63</b>

## INTRODUCTION

Les 25 et 26 avril 2013, des experts de diverses disciplines en provenance de différents pays se sont réunis à Montréal (Québec, Canada) pour discuter et évaluer les méthodes utilisées et les recommandations émises par le secteur Environnement urbain et santé de la Direction de santé publique de l'Agence de la santé et des services sociaux de Montréal (DSP de Montréal) concernant les impacts sanitaires des dégâts d'eau chroniques dans les bâtiments. Le présent document contient les actes de cette réunion de deux jours. C'est le résumé des discussions et du consensus auquel sont parvenus les experts. Nous espérons qu'il permettra d'améliorer la façon de résoudre les problèmes de cet ordre, à Montréal et ailleurs.

### Origine de la réunion

Les dégâts d'eau dans les bâtiments résidentiels, les écoles, les centres de la petite enfance, les hôpitaux et autres types de bâtiments constituent une préoccupation majeure à cause de leur fréquence, de leurs répercussions sur la santé et la durabilité des bâtiments, ainsi que des coûts liés aux réparations. Les dégâts d'eau chroniques dans ces bâtiments résultent principalement du manque d'entretien, mais une conception et des méthodes de construction défectueuses contribuent également au problème.

Au cours des dernières années, le secteur Environnement urbain et santé de la DSP de Montréal a effectué des centaines d'investigations épidémiologiques qui comprennent l'évaluation environnementale des bâtiments endommagés par l'eau, les impacts sanitaires qui y sont associés et l'élaboration d'avis de santé publique. Ces avis peuvent comprendre des recommandations visant à effectuer ou à mettre en œuvre :

- d'autres investigations afin de déterminer la source du problème;
- des mesures correctives pour éliminer l'infiltration d'eau et contrôler les autres sources d'humidité;
- des mesures de décontamination;
- le retrait ou le transfert des personnes affectées ou susceptibles de l'être ou de tous les occupants, au besoin.

Nous avons constaté qu'il existait d'importantes divergences d'opinions chez les divers professionnels concernés à propos des méthodes d'investigation des problèmes, de l'interprétation des données et des recommandations visant à résoudre la situation des bâtiments et les problèmes de santé. C'est cela qui nous a poussés à organiser cette réunion.

### Objectifs de la réunion

Les objectifs de cette séance de deux jours étaient d'évaluer les méthodes utilisées ainsi que les recommandations effectuées par la DSP de Montréal et ses partenaires concernant les impacts

sanitaires des dégâts d'eau chroniques dans les bâtiments, et de formuler des recommandations visant à améliorer les aspects suivants :

- 1) évaluation des bâtiments affectés par l'eau et de la santé de leurs occupants;
- 2) interprétation des données et conclusions des investigations;
- 3) recommandations émises;
- 4) évaluation de l'efficacité de la remédiation.

Le consensus auquel sont parvenus les experts sera ensuite communiqué aux organismes publics et privés concernés, ainsi qu'au public.

## **Le processus**

Un panel de scientifiques de trois pays a été convié pour examiner les méthodes et les recommandations de la DSP de Montréal entourant la question. Les experts ont été sélectionnés selon les domaines d'expertise correspondant aux aspects devant être abordés, y compris l'évaluation du bâtiment, la santé des occupants, ainsi que le processus de remédiation. Ils ont été choisis individuellement d'après leur expérience et leurs publications, ou ont été identifiés par l'organisme auquel ils appartiennent à titre de représentants du domaine d'expertise requis.

Les organismes de Montréal et de la province de Québec directement concernés par les problèmes abordés ont également été invités à participer aux discussions. Ont été délégués des administrateurs et des professionnels issus de différents organismes (santé publique, municipalité, commission scolaire, office municipal d'habitation) et des consultants privés de la région de Montréal.

Les organisateurs ont choisi des cas réels d'écoles (2) et de bâtiments à logements (2) affectés par les dégâts d'eau chroniques pour alimenter la discussion. Quatre cas ont été abordés, puis il y a eu une discussion générale.

Avant la réunion, les experts ont reçu de la documentation en anglais concernant l'évaluation de ces bâtiments, de la santé de leurs occupants, ainsi que du processus de remédiation.

Pendant la réunion, le Dr Louis Jacques de la DSP de Montréal a tout d'abord présenté un aperçu général de la question. Ensuite, pour chaque cas, des professionnels de la DSP de Montréal ont commencé par exposer les données à l'auditoire, accompagnées de photos et d'un résumé des résultats des investigations des bâtiments, des études sur la santé et du processus de remédiation. Deux écoles ont été présentées et ont fait l'objet de discussions pendant la première journée, suivies de deux bâtiments à logements le lendemain. Les professionnels des organismes concernés (commission scolaire, inspecteurs municipaux, consultant privé, etc.) ont fourni des informations supplémentaires lorsque nécessaires. Pour chaque cas, il y a eu discussions avec les experts en fonction des questions soulevées et des points les plus pertinents sélectionnés par la DSP de Montréal avant la réunion. Également pour chaque cas, une période de questions du public a eu lieu après la discussion avec les experts. Enfin, ces derniers ont été invités à présenter leurs recommandations et commentaires généraux à la fin de la réunion.

Le temps imparti n'a pas permis aux experts de visiter ou d'inspecter les bâtiments, ni d'examiner les dossiers médicaux ou les questionnaires sur la santé remplis par les centaines de personnes évaluées.

Toutes les discussions ont été enregistrées et une transcription a été produite d'après les enregistrements et les notes prises par deux professionnels pendant la réunion. Noémie Savard, résidente de 4<sup>e</sup> année en santé publique et en médecine préventive, a rédigé une première ébauche. Les professionnels de la DSP de Montréal ont revu cette ébauche et l'ont complétée avant de la diffuser à tous les experts invités, puis l'ont révisée en tenant compte des commentaires de ces derniers.

### **Aperçu du problème par Louis Jacques, MD, médecin-conseil en santé publique, CSPQ, FRCPC**

Les principales causes des dégâts d'eau chroniques dans les bâtiments sont l'absence d'entretien, mais aussi une conception et une construction défectueuse. L'absence d'entretien des toits plats est particulièrement notable. D'autres sources d'infiltration d'eau et d'humidité proviennent de l'enveloppe du bâtiment, de la plomberie, des fenêtres et des fondations.

La proportion des bâtiments affectés par les dégâts d'eau est élevée, allant de 10 à 50 % selon l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), en fonction des pays et des méthodes de mesure utilisées (WHO, 2009). Elle est estimée à environ 50 % aux États-Unis (Mudarri, 2007). Environ 40 % des résidences de Montréal seraient affectées par l'eau, l'humidité ou les moisissures, mais la proportion varie considérablement selon l'arrondissement, allant d'environ 30 % à plus de 50 % (Jacques, 2011).

En Europe, le pourcentage d'écoles affectées par les dégâts d'eau varie de 20 % à presque 50 %, selon le pays et la méthode utilisée (Haverinen-Shaughnessy, 2012; Simoni, 2011). Aux États-Unis, les dégâts d'eau dans les écoles sont la principale cause de plaintes concernant la qualité de l'air à l'intérieur (QAI) déposées auprès du National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) (CDC NIOSH). Le Center of Green Schools estime que la simple remise en état des bâtiments des écoles élémentaires et secondaires publiques coûterait plus de 270 milliards de dollars, et qu'il faudrait deux fois ce montant pour les moderniser (Center for Green Schools, 2013).

Le rapport du vérificateur général intérimaire du Québec produit en 2012 et portant sur les écoles primaires dans cette province a conclu que les commissions scolaires vérifiées maîtrisaient mal les facteurs de risque liés à la QAI, y compris l'enveloppe du bâtiment et son entretien (Vérificateur général du Québec, 2012). La Commission scolaire de Montréal (une des cinq commissions scolaires de la région de Montréal et la plus grande de la province du Québec) possède et gère environ 220 écoles publiques primaires et secondaires. Elle a estimé que la restauration de ces bâtiments coûterait 1,6 milliard de dollars à cause de leur état de délabrement (CSDM, 2012). Au cours des dernières années, de nombreuses écoles ont fait l'objet d'une investigation à Montréal et certaines ont été fermées à cause des effets sur la santé des dégâts d'eau et de la prolifération des moisissures affectant la majorité des occupants.

Les impacts des dégâts d'eau dans les bâtiments publics et privés sur la santé publique sont très importants; de fait, de nombreux pays d'Amérique et d'ailleurs considèrent qu'ils constituent une priorité. Divers groupes d'experts à travers le monde ont publié de nombreux rapports sur le sujet au cours des quelque 15 dernières années (voir la liste dans les références sous « Principaux rapports sur la santé depuis la fin des années 1990 »). Ces rapports montrent que les dégâts d'eau, les moisissures et les autres bioaérosols liés à l'humidité ont des répercussions multiples et importantes sur la santé. Les effets sur la santé incluent une longue liste de maladies affectant les voies respiratoires supérieures et inférieures et plusieurs autres systèmes de l'organisme, une diminution du rendement du personnel, des difficultés d'apprentissage chez les étudiants ainsi que des effets directs et indirects sur la santé mentale, tout cela affectant un pourcentage substantiel d'enfants et d'adultes, d'étudiants et d'employés dans la population. La persistance de l'exposition à ces contaminants peut aussi provoquer des maladies chroniques.

Selon les études de recension récemment publiées dans la littérature scientifique (Fisk, 2010, 2007; Jaakkola, 2013; Mendell, 2011; Quansah, 2012), il existe suffisamment de preuves démontrant un lien entre les facteurs liés à l'humidité à l'intérieur et une vaste gamme d'effets sur la santé affectant les voies respiratoires et d'autres systèmes et appareils, notamment le développement et l'exacerbation de l'asthme (y compris l'asthme à vie, actif, non maîtrisé, sévère et persistant), les infections des voies respiratoires supérieures et inférieures, les infections fongiques mortelles chez les patients immunodéprimés, la rhinite allergique et la rhinosinusite chronique, les symptômes respiratoires comme la toux, la respiration sifflante et la dyspnée, la pneumonite d'hypersensibilité et l'eczéma. Notons également de nombreux autres effets sur la santé, à propos desquels il existe moins d'études publiées dans la littérature scientifique, mais qui ont une base physiopathologique, y compris la fatigue chronique et la douleur chronique diffuse (Brewer, 2013; Chester, 2003; Dennis, 2009; Gray, 2003; Husman, 1996; Johanning, 1996 et 1999), les affections neurocognitives et les effets neurologiques (Anyanwu, 2003; Crago, 2003; Campbell, 2003 et 2004; Empting, 2009; Karunasena, 2010; Kilburn, 2003 et 2009), l'arthrite inflammatoire et les maladies auto-immunes (Bengtsson, 2005; Campbell, 2004; Hirvonen, 1999; Luosujärvi, 2003; Myllykangas-Luosujärvi, 2002; Roponen, 2001), les problèmes oculaires (conjonctivite, infections et autres) (Gray, 2003; Mendell, 2011), diverses dermatites, les problèmes auriculaires (otite, vertige et autres) (Derebery, 2000, 2000A), l'aggravation des maladies pulmonaires chroniques, le syndrome d'apnées obstructives du sommeil (Koinis-Mitchell, 2012; Redline, 1999; Singh, 2013), les problèmes digestifs et l'hypersensibilité environnementale. Cette liste est incomplète, mais elle montre la diversité des effets liés à la variété des contaminants pouvant apparaître dans un bâtiment ayant subi un dégât d'eau.

Dans le cadre d'une méta-analyse, les chercheurs ont estimé que 21 % (intervalle de confiance de 95 % : 12–29 %) des cas d'asthme chez les enfants et les adultes aux États-Unis seraient attribuables à ce problème et que les coûts annuels associés uniquement à cette maladie s'établissent à 3,5 milliards de dollars (intervalle de confiance de 95 % : 2,1–4,8 milliards de dollars) (Mudarri, 2007). Les chercheurs ont aussi estimé que le pourcentage d'infections respiratoires attribuables à ce problème allait de 9 à 20 % selon les types d'infections et la population considérée (enfants ou adultes) (Fisk, 2010). Chez les enfants âgés de 6 mois à 12 ans vivant à Montréal, on estime que 17 % des cas d'asthme actif, 26 % des infections des voies respiratoires supérieures et inférieures et 14 % des rhinites allergiques hivernales pourraient être attribuables au problème (Jacques, 2013). Ces chiffres sont probablement sous-estimés pour diverses raisons et ne tiennent compte que de l'exposition à la maison.

Malgré les preuves accumulées dans la littérature concernant l'importance de l'enjeu de santé publique et de ses coûts pour la société, et en dépit des documents produits par des groupes d'experts décrivant la façon de l'aborder, l'expérience dans le domaine montre que les méthodes utilisées varient considérablement, et que le problème est souvent nié ou mal géré, ce qui entraîne la persistance de l'exposition aux contaminants en milieu résidentiel, ainsi que dans les bâtiments publics. Les principes d'évaluation et de remédiation dans ce domaine sont mal maîtrisés ou mal respectés, ce qui suscite beaucoup de discussions et de conflits, un retard dans les gestes à poser, des problèmes de santé persistants et un accroissement de la complexité de l'intervention. Les coûts constituent évidemment l'obstacle majeur à la remédiation.

La DSP de Montréal a souvent participé à ces discussions et a dû justifier les méthodes utilisées pour évaluer le problème, les conclusions établies et les recommandations formulées. Les arguments invoqués contre nos méthodes, conclusions et recommandations sont les suivants : les façons d'aborder le problème varient considérablement d'un expert à l'autre; la science est considérée comme controversée, la DSP de Montréal a une approche très différente de celle des autres directions de santé publique dans d'autres régions en ce qui a trait aux méthodes d'évaluation et aux recommandations visant à protéger le public; pourquoi intervenir si personne ou très peu de gens se plaignent officiellement; pourquoi intervenir si la numération des moisissures est faible; pourquoi intervenir si la prolifération des moisissures est invisible; certains affirment que seule une minorité d'occupants peut être affectée (les plus vulnérables ou les plus sensibles); les symptômes et les problèmes de santé peuvent être attribuables à de nombreux autres facteurs et certains avancent qu'il est impossible de déterminer ceux qui sont réellement en cause; il est impossible de reconstruire les bâtiments; de toute façon, il n'y a pas d'autres bâtiments pour réinstaller les occupants.

## **Questions retenues pour discussion**

En se basant sur notre pratique de santé publique et les points soulevés dans l'aperçu précédent, la DSP de Montréal a choisi de discuter des questions les plus controversées ou pertinentes lors de la réunion, qui peuvent être résumées comme suit :

- L'évaluation des risques pour la santé associés aux dégâts d'eau, à l'humidité et aux moisissures devrait se baser sur une série de données, y compris l'histoire du bâtiment (dégâts d'eau présents et passés, infiltrations d'eau répétées), les actions prises, l'inspection du bâtiment, les mesures de l'humidité, les plaintes relatives à la santé et l'identification de cas sentinelles, l'analyse critique des résultats des échantillons et l'évaluation de la santé basée sur des cas cliniques et des enquêtes épidémiologiques;
- L'évaluation des risques pour la santé ne devrait pas reposer uniquement sur les résultats de l'échantillonnage de l'air;
- La nécessité d'agir rapidement dans les cas d'inondation ou d'autres accidents hydriques et celle de procéder à la remédiation sans délai sitôt constatée la présence d'infiltrations d'eau et d'humidité, sans qu'il soit nécessaire de se fier aux tests de l'air ou aux preuves des effets sur la santé;
- L'importance d'une inspection rigoureuse de l'extérieur et de l'intérieur du bâtiment en lien avec les dégâts d'eau et l'humidité;

- L'utilisation de la thermographie infrarouge et d'un détecteur d'humidité comme étant l'étape de base fondamentale de l'évaluation du problème;
- La pertinence de chercher la prolifération de moisissures cachées et sa contribution aux effets sur la santé;
- Les indications de réaliser des inspections intrusives et l'interprétation des observations;
- Les indications de l'échantillonnage de l'air et des surfaces afin de détecter les moisissures, l'importance d'appliquer de bonnes stratégies d'échantillonnage et de bien interpréter les données selon les lignes directrices de l'American Industrial Hygiene Association (AIHA), de l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) et de la Ville de New York;
- La vaste gamme de contaminants liés à l'humidité et le vaste éventail des effets sur la santé, d'après la littérature scientifique pertinente;
- La pertinence des données sur la santé – en provenance des cas cliniques et des enquêtes épidémiologiques pré et post-remédiation – ainsi que les méthodes accessibles et recommandées pour évaluer la santé;
- Les indications et les critères pour le retrait des personnes affectées par la prolifération des moisissures et l'humidité, ou le transfert de tous les occupants d'un bâtiment selon le cas;
- Les méthodes de remédiation et de décontamination, surtout dans les cas suivants : grandes surfaces de contamination, moisissures cachées, grenier, maçonnerie, pierre, blocs de béton, construction en blocs de bois, sablage à jet, utilisation de biocides, ventilation mécanique;
- La nécessité de suivre la santé des personnes et de l'ensemble du groupe, le cas échéant, afin d'évaluer l'efficacité de la remédiation.

La situation présente a motivé l'organisation de la réunion où des experts des divers aspects du problème ont été invités à discuter et à évaluer ces enjeux, à l'aide de quatre cas typiques se rapportant à des écoles et à des bâtiments résidentiels.

## Note au lecteur

Les sections suivantes constituent l'exposé des discussions de deux jours qui ont eu lieu pendant l'audit. La discussion du panel s'est basée sur plusieurs éléments : l'examen des documents du dossier, le matériel de présentation par la DSP de Montréal et les questions des membres de l'auditoire. Le panel d'experts disposait d'un temps limité pendant le symposium pour aborder en profondeur tous les sujets et toutes les préoccupations. En conséquence, certaines discussions sont restées incomplètes. L'exposé qui suit ne peut aborder ces sujets ni tenter d'ajouter ou de développer les questions qu'il a fallu abréger à cause du temps, et qui nécessiteraient une discussion plus approfondie.

Cependant, le panel a examiné les points qui faisaient consensus et tous ses membres conviennent qu'ils reflètent précisément l'approche générale à adopter en matière de moisissures et d'humidité dans les bâtiments. Ces énoncés ne devraient pas être considérés comme absolus, puisque les situations et les conditions sont propres à chaque cas et que les réponses et les approches peuvent être modifiées pour répondre aux besoins des occupants concernés, tenir compte des facteurs liés aux bâtiments et des ressources disponibles.

Une série d'énoncés est présentée après cet exposé, à partir de la page 37. Ces énoncés, qui se fondent sur les cas présentés, la discussion qui a eu lieu pendant l'audit de deux jours et la littérature scientifique, représentent le consensus atteint par les experts scientifiques et auquel on devrait recourir pour orienter les actions futures face à ce problème dans les domaines suivants : aspects relatifs à la santé, évaluation des bâtiments et des risques, remédiation et prévention.

Deux écoles (école A et école B) et deux bâtiments résidentiels (bâtiment C et bâtiment D), tous affectés par les dégâts d'eau chroniques, ont été choisis aux fins de la réunion. Ils ont fait l'objet d'une investigation et d'un suivi pendant une période allant d'environ deux ans à plus de dix ans. Un document contenant la description de chaque cas, avec des tableaux récapitulatifs, est annexé au présent document final.

Les références aux exemples discutés pendant l'audit sont présentées en italique.



# LE BÂTIMENT ET LA SANTÉ

## Approche générale

La littérature montre que les infiltrations d'eau chroniques sont liées à des problèmes de santé. L'association primaire clairement documentée concerne l'humidité et les effets sur la santé (IOM, 2004; Fisk, 2007; WHO, 2009; Mendell, 2011). Tel que cité par Fisk (2007) « L'Institute of Medicine (IOM) des National Academies of Science (des États-Unis) a conclu que "l'humidité excessive à l'intérieur est un problème de santé publique" et a souligné que les problèmes d'humidité sont courants et nécessitent des mesures correctives ». L'eau en soi n'est pas l'agent occasionnant directement les problèmes de santé, mais elle favorise la prolifération et l'accroissement de micro-organismes, y compris les moisissures (IOM, 2004, Fisk, 2007, WHO, 2009; Mendell, 2011; Quansah, 2012). Les moisissures elles-mêmes libèrent divers produits dans l'environnement, et il a été démontré que nombre d'entre eux affectent la santé. Cependant, il n'est pas nécessaire de déterminer les agents étiologiques avant de prendre des actions (Hill, 1965). Un bâtiment atteint par des dégâts d'eau chroniques est considéré comme un problème de santé publique, et la santé publique recommande de procéder à des réparations. Cette approche est illustrée dans le protocole finlandais sur le logement sain et dans les directives du département de la santé de la Ville de New York.

Plus particulièrement, l'évaluation des risques pour la santé est basée sur l'évaluation de l'exposition. La présence de l'exposition est suffisante pour agir et il n'est pas nécessaire d'attendre que les gens présentent des symptômes. Une situation qui peut entraîner des effets sur la santé, comme les dégâts d'eau et la contamination par les moisissures, devrait être corrigée avant l'apparition desdits effets. *Par exemple, dans l'école A, l'exposition est très probable, et cela suffit en soi pour déclencher des mesures. On aurait aussi pu décider de prélever un échantillon de la structure du bâtiment. Avec un échantillon positif, et en sachant qu'il y a des fuites d'air, on sait alors qu'il y a une exposition potentielle et il n'est pas nécessaire de prélever un échantillon d'air avant de prendre des mesures de remédiation.*

Les objectifs de l'investigation d'un bâtiment dans le but de détecter des dégâts d'eau et une contamination par les moisissures sont doubles : on ne veut pas que le bâtiment se désagrège et s'écroule, et on veut éviter les problèmes de santé. Cependant, en fin de compte, les bâtiments sont là pour les personnes, et le rôle de la Direction de santé publique et des agences est de protéger la santé des occupants.

## Non-conformité des bâtiments, dégâts d'eau et prolifération des moisissures

Lorsqu'on aborde la question des bâtiments, il importe de comprendre les sources d'humidité et des dégâts d'eau. L'humidité peut provenir de fuites et d'infiltrations d'eau. L'infiltration d'eau qui n'est pas détectée et qui n'est pas corrigée dans les 24 à 48 heures peut entraîner une prolifération de moisissures. L'humidité peut également provenir de la condensation en hiver, y

compris de l'humidité que les occupants expirent et celle entraînée par les catastrophes naturelles. L'air humide peut également venir de l'extérieur en été. L'utilisation de la ventilation affecte les conditions d'humidité. Par exemple, l'arrêt de la ventilation lorsque le bâtiment est inoccupé, comme pendant les vacances d'été dans une école, peut créer un environnement humide qui favorise la prolifération de moisissures. Dans ce cas, on recommande de laisser la ventilation et la climatisation branchées afin d'éviter que l'humidité relative ou l'humidité relative d'équilibre dans les matériaux d'une pièce ne soit constamment supérieure à 70 % (Morey, 2011; ACGIH, 1999).

## **Dégâts d'eau, prolifération des moisissures et production de composants microbiens**

Sont examinés les effets sur la santé, peu importe l'état ou l'activité des moisissures – actives, dormantes ou mortes – ou les conditions actuelles d'humidité. Ce n'est pas seulement la prolifération des moisissures qui peut affecter la santé; les antécédents du bâtiment en matière d'humidité, de dégâts d'eau, d'infiltration d'eau et de prolifération de moisissures sont également importants. Par exemple, *Stachybotrys* libère des fragments quand il est sec et déplacé, alors qu'il n'a pas tendance à être aérosolisé lorsqu'il est vivant et humide (Sorenson, 1987).

Les moisissures produisent des spores qui peuvent avoir des demi-vies très variables selon les espèces. Par exemple, de nombreuses espèces de *Penicillium* et d'*Aspergillus* restent cultivables pendant cinq à dix ans, alors que *Cladosporium* et *Stachybotrys* le restent pendant moins d'un an (AIHA Field Guide, 2005).

Il ne faut pas seulement tenir compte des spores lorsqu'on examine les effets sur la santé. La recherche montre de plus en plus que ces effets proviennent de petits fragments microbiens et d'autres petites particules (particules fines). Les fragments microbiens, c'est-à-dire de minuscules morceaux de moisissures et de bactéries, sont souvent plus nombreux que les spores (Gorny, 2002, 2001; Cho, 2005; Reponen, 2007). Les fragments de spores et de mycélium peuvent avoir des propriétés allergènes et contenir des irritants et des mycotoxines. De plus, en ce qui a trait aux particules fines, il ne faut pas seulement penser aux fragments dans l'air, mais aussi aux poussières sur lesquelles se déposent les produits de moisissures. Les fragments et autres petites particules jouent également un rôle notable, car étant plus petits que les spores, leur zone de surface totale par masse est supérieure, ce qui entraîne une absorption plus importante des autres aérocontaminants; leur petite taille leur permet ensuite d'être transportés vers des parties des poumons où les mécanismes de clairance ne sont pas efficaces.

Il faut aussi tenir compte des exotoxines. Dans l'environnement, les moisissures prolifèrent généralement dans un milieu mixte et produisent des exotoxines (ou mycotoxines) lorsqu'elles combattent d'autres micro-organismes pour survivre. Elles cessent de produire ces exotoxines lorsqu'elles poussent dans une culture unique. Les bêta-glucanes  $\beta(1-3)$ , autres produits des moisissures, possèdent des propriétés irritantes. Sur un modèle de souris, l'exposition à des concentrations de bêta-glucane  $\beta(1-3)$  et de mycotoxines que l'on retrouve dans un bâtiment humide a entraîné la sécrétion de mucus, ainsi qu'une augmentation des cytokines inflammatoires par un mécanisme non-allergique (Miller, 2010; Rylander, 1999). Les moisissures produisent d'autres composants, comme les composés organiques volatils microbiens (COVM)

et les ergostérols, mais on ne sait pas ce que serait un niveau anormal; le niveau anormal est également inconnu pour les glucanes et les toxines. Même problème avec les bactéries, qui vivent également dans des environnements humides : on ne sait pas ce qui constituerait des niveaux anormaux de bactéries Gram négatif et Gram positif.

En résumé, la science n'a pas déterminé ce qui constituerait un niveau « sécuritaire » d'exposition aux mycotoxines, aux ergostérols, aux glucanes $\beta$ -D, aux COVM, aux enzymes et aux autres produits microbiens : d'une part, la sensibilité individuelle varie énormément – particulièrement en ce qui a trait aux agents allergiques – et d'autre part, les études à long terme nécessaires pour cerner les effets critiques de faibles niveaux d'exposition n'existent pas. (IOM, 2004; Rao, 2005; WHO, 2009). On recommande donc généralement que le degré d'exposition soit le plus faible possible dans les espaces intérieurs.

## **Production de composants microbiens et exposition**

L'exposition aux composants microbiens dépend du lieu où se trouve la contamination par les moisissures et de la possibilité que l'air dans cet espace puisse contaminer l'air des espaces occupés. Cette possibilité dépend à son tour des différences de pression et de la présence d'ouvertures permettant à l'air de passer. Il a été démontré que les spores issues de la prolifération de moisissures dans les cavités murales peuvent passer dans l'air intérieur et le dégrader (Morey et coll., 2003; Miller et coll., 2000). Il a aussi été démontré que de très faibles différences de pression (6–20 pascals) pouvaient déplacer, à travers les fissures dans les murs, les planchers et les plafonds, des particules dont la taille correspond à la fraction respirable (WHO, 2009). *Ces considérations peuvent être pertinentes lorsque des moisissures sont découvertes dans les cavités, par exemple dans les cavités murales de l'école B et dans les espaces non occupés comme le grenier de l'école A et le vide sanitaire de l'école B.*

La circulation de l'air peut être simplement causée par la pression du vent contre le bâtiment, ce qui crée une pression positive à l'intérieur des murs et pousse l'air dans les espaces occupés. Cette situation s'est produite dans un dortoir en Californie, où un côté était exposé au vent et à la pluie. La pluie a causé des problèmes d'infiltration d'eau et de contamination par *Penicillium* et *Aspergillus* dans le mur, la pression du vent étant suffisante pour propulser l'air contaminé dans les chambres. Les cavités murales des chambres de l'autre côté du bâtiment comportaient peu ou pas de prolifération et leur profil de moisissures était similaire à celui de l'extérieur. De façon générale, il existe probablement une corrélation élevée entre, d'une part, les ouvertures dans les murs et les fuites d'air provenant d'une cavité murale et débouchant sur les espaces occupés, et d'autre part, le dépôt d'humidité, l'accumulation d'eau et la contamination par les moisissures.

Les changements de température peuvent aussi entraîner une circulation d'air dans le bâtiment. Par exemple, lorsque l'air se refroidit dans le bâtiment, il se contracte et de l'air s'y engouffre. Il y a aussi des mouvements d'air ascendants et descendants. Enfin, la ventilation mécanique influence également la pression et la circulation de l'air. Par exemple, dans une école californienne (précédemment mentionnée), où il y avait autant de moisissures que dans le dortoir, la climatisation de l'air créait une pression positive faisant en sorte que les spores ne sortaient pas de la cavité murale dans l'espace occupé.

## **Exposition et effets sur la santé**

Les effets sur la santé n'ont pas été fréquemment reliés aux mesures environnementales des spores et fragments ou aux mesures de divers agents soupçonnés, principalement à cause de l'incapacité des techniques de mesure à court terme actuelles à déterminer l'exposition continue ou l'exposition à long terme. Il est aussi important de souligner que ce qui est inspiré est un mélange complexe de substances dont les effets individuels et combinés n'ont pas encore été établis. Notamment, pour la rhinosinusite et l'asthme, il existe à la fois des mécanismes allergiques et irritants. On pense que les réactions d'irritation dépendraient plus de la dose, alors que les réactions allergiques dépendraient plus de la personne et du niveau de sensibilisation. De plus, les effets sur le système immunitaire peuvent être d'ordre allergique (médiés par l'IgE et non médiés par l'IgE) et non allergique (Mendell, 2011).

La sensibilité aux divers agents suspects varie considérablement. Les personnes exposées sont d'âge différent et diffèrent les unes des autres de par leur système de détoxification, leur système immunitaire, leurs comportements, leur mode de respiration et leurs composantes génétiques, faisant en sorte que les effets sur la santé peuvent varier pour une exposition similaire. De plus, il peut y avoir des interactions avec d'autres contaminants dans l'environnement. En conséquence, toute généralisation est impossible quant aux effets sur la santé d'un niveau donné d'exposition aux moisissures sur l'ensemble d'une population. Comme le veut l'adage, « c'est la dose plus l'hôte qui fait le poison ».

# INVESTIGATION DU BÂTIMENT

## Approche générale

L'investigation des bâtiments se base sur une approche intégrée où de nombreux éléments (histoire, observations et tests) sont examinés ensemble pour évaluer les risques et proposer des mesures de remédiation. Les experts déconseillent de tirer des conclusions fondées uniquement sur les résultats de l'échantillonnage de l'air et accordent beaucoup plus d'importance à l'évaluation générale du bâtiment pour trouver des preuves d'humidité et de contamination microbienne.

Il est très important de se renseigner sur l'histoire du bâtiment. Pour investiguer adéquatement un bâtiment, il faut recueillir des renseignements sur les activités qui s'y déroulent, sur les sources présentes et passées d'infiltration d'eau et d'humidité, sur l'entretien et sur les mesures de remédiation prises dans le passé. Cela suppose de réunir toutes les personnes qui possèdent les meilleures connaissances sur le bâtiment, comme le gardien, le concierge, et dans le cas d'une école, la commission scolaire et le personnel.

L'inspection visuelle joue également un rôle important afin de détecter les signes de dégâts d'eau et de prolifération de moisissures, potentiels ou réels. Les moisissures visibles ne sont pas seulement celles qui peuvent être vues lorsqu'on se trouve dans une pièce. Les moisissures cachées peuvent être visibles, même si elles se dissimulent dans une cavité, par exemple dans une cavité murale. Comme l'explique Terry Brennan, un scientifique spécialiste des bâtiments qui a travaillé à la rédaction des directives de New York, le mot « visible » renvoie également à « ce que les rats, les chauves-souris et les blattes peuvent voir ». Par « moisissures visibles », on entend celles qui sont visibles à l'œil nu, sans l'aide d'un microscope. Les moisissures deviennent visibles uniquement lorsque des millions de cellules sont regroupées en colonie. Ainsi, les inspections intrusives s'imposent lorsque l'infiltration d'eau est chronique, les moisissures étant le plus souvent cachées. *Dans l'école B, on a trouvé des moisissures dans la cavité murale de la salle 130; cependant, les dommages de l'enveloppe semblent être répartis sur l'ensemble du bâtiment. Ainsi, ce qui a été découvert dans cette salle est susceptible de se retrouver ailleurs. En conséquence, ce qui a suscité une inspection intrusive dans cette salle devrait entraîner des investigations similaires dans les autres salles.* Quant à l'odeur, elle indique une prolifération active, parce qu'elle est le résultat du métabolisme. « Si ça sent mauvais, c'est vivant » (cependant, l'absence d'odeur de moisissures n'exclut pas leur présence).

Pour distinguer les moisissures de la poussière, un test simple consiste à appliquer un morceau de ruban adhésif transparent sur la surface, puis de l'observer au microscope (AIHA Field Guide, 2005). On peut aussi procéder à un prélèvement en surface et à un échantillonnage de matériau pour identifier les spores et, s'il y a prolifération, les hyphes et les organes de fructification. Cependant, avant de prélever des échantillons, il faut savoir ce qui est normal et anormal et déterminer si les résultats aideront à prendre une décision. Par exemple, s'il y a une contamination claire par moisissures, les résultats négatifs de l'analyse de l'échantillon peuvent être considérés comme des faux négatifs et ils n'apporteront aucune information utile.

En plus de l'inspection visuelle, on peut utiliser la thermographie infrarouge et un humidimètre pour déterminer les zones probables d'humidité et de prolifération des moisissures. L'échantillonnage de l'air fait souvent partie des investigations de bâtiments afin d'évaluer la contamination par moisissures, bien que l'interprétation des résultats soit souvent difficile. Enfin, l'évaluation de la santé des occupants est importante dans l'investigation d'un bâtiment. Ces trois éléments seront traités plus en détail.

## Détection d'humidité – techniques particulières

La caméra infrarouge détecte les différences de température. Elle peut contribuer à déceler les moisissures parce que l'évaporation à la surface d'un matériau humide entraîne son refroidissement. Ainsi, tout matériau qui empêche l'eau de s'évaporer à travers lui ne permettra pas à une caméra thermique de détecter l'humidité se trouvant derrière. De plus, l'humidité et l'évaporation sont des phénomènes transitoires. Pour que le refroidissement intérieur par évaporation se produise, l'humidité environnementale absolue doit être considérablement inférieure au taux d'humidité des surfaces humides observées. Les inspections à l'infrarouge ne sont pas recommandées dans les environnements intérieurs où l'humidité relative est supérieure à 70 %. Une caméra thermique ne peut repérer que l'humidité actuelle, pas les infiltrations d'eau antérieures ni les problèmes d'eau récurrents qui ne se manifestent pas au moment de l'inspection. Elle ne peut pas non plus déceler les moisissures. Cette technologie est adéquate lorsqu'elle est utilisée au bon moment et au bon endroit.

Les caméras infrarouges viennent avec un certain nombre de spécifications, y compris la résolution spatiale et thermique. La résolution thermique est la spécification la plus essentielle. La résolution de la plupart des caméras est inférieure à 100 mK, celle des caméras de moyenne gamme est de 60–80 mK et celle des meilleures caméras est de 25 mK. Une meilleure résolution thermique permet une meilleure détection des différences de refroidissement par évaporation; il est donc recommandé d'utiliser une caméra possédant la meilleure résolution possible.

*La méthodologie adéquate est illustrée dans le cas de l'école B. La caméra à infrarouge a été utilisée pour déceler les zones plus froides sur les murs et les plafonds des salles ayant subi une investigation, dans lesquelles une infiltration d'eau était possible ou soupçonnée. La forme et l'emplacement des zones froides influencent la probabilité qu'elles reflètent une zone humide, contrairement à d'autres phénomènes comme les ponts thermiques. Les résultats ont ensuite été confirmés par un humidimètre comme ils devraient toujours l'être, afin de différencier les ponts thermiques du refroidissement par évaporation dû à la présence d'humidité. L'évaluation a été effectuée au printemps, lorsqu'il y a une humidité abondante dans les murs et dans le toit, et lorsqu'un transfert thermique s'effectue entre l'extérieur et l'intérieur. Il s'agit d'un bon moment pour utiliser la thermographie, lorsque la présence d'humidité est probable. Si on utilise cette technologie par exemple à la mi-juin lorsque tout est sec, il est fort probable qu'on ne trouve rien.*

La caméra thermique peut généralement détecter l'humidité à l'intérieur d'un bâtiment tout au long de l'année, à cause de l'effet du refroidissement par évaporation sur les surfaces. Par contre, la détection de problèmes d'humidité à partir de l'extérieur peut-être plus ardue, particulièrement lorsqu'il fait froid, bien que cela soit faisable si les conditions sont adéquates.

S'il y a de l'humidité dans la construction murale, elle pourra être détectée même en hiver puisqu'il y aura tout de même des différences dans la valeur de résistance thermique entre les matériaux humides et secs – bien que la différence dépende du type de matériau (et pourvu que celui-ci ne soit pas gelé). Par exemple, la valeur de résistance thermique de l'isolant mouillé est beaucoup plus faible; par conséquent, la thermographie devrait être capable de détecter l'humidité de l'intérieur comme de l'extérieur en hiver. Cependant, pour l'extérieur, il faudrait procéder la nuit, après dissipation des gains de chaleur par rayonnement solaire sur le recouvrement mural extérieur. Cela pourrait prendre huit heures pour la maçonnerie, mais moins de temps pour le bois. La thermographie est également utile sur le toit pour évaluer la présence d'humidité dans l'isolant, qui est susceptible de percoler et d'affecter le reste du bâtiment.

Tout le monde n'accorde pas la même importance à la thermographie. Certains consultants détectent les lieux où vraisemblablement il pourrait y avoir un problème d'humidité, ainsi que les endroits où procéder à une inspection intrusive, sans insister beaucoup sur la thermographie. Par ailleurs, des professionnels de certains secteurs comme les compagnies d'assurances et les entreprises de restauration peuvent aussi utiliser la thermographie infrarouge pour déterminer à quel moment la structure est sèche. L'utilité de la thermographie dépend des besoins commerciaux.

Un humidimètre (détecteur d'humidité) est employé pour détecter le matériel humide et confirmer les résultats révélés par la thermographie infrarouge. L'humidimètre ne devrait pas être utilisé pour tester des surfaces au hasard. Une part de l'évaluation en matière d'humidité consiste plutôt à découvrir d'abord où le potentiel d'humidité élevée (et de prolifération des moisissures) est le plus probable, et de tester cet endroit à l'aide d'un humidimètre.

*L'utilisation correcte d'un humidimètre est illustrée dans le cas de l'école B. Les lectures devraient être interprétées en tenant compte du degré normal d'humidité de référence que l'on retrouve dans le même matériau sain lorsqu'il est sec. Des zones d'humidité élevée ont été découvertes lorsque leur degré d'humidité était supérieur à celui trouvé dans le même matériau ailleurs dans la pièce. L'interprétation ne devrait pas être basée sur le chiffre indiquant l'humidité absolue. En ce qui a trait à l'échelle utilisée, elle modifie la sensibilité du détecteur. Il est donc généralement suggéré d'utiliser différentes échelles sur l'humidimètre pour différents matériaux. Cependant, n'importe quelle échelle peut être employée pour un matériau donné afin de permettre la distinction entre les zones humides et sèches : l'interprétation des résultats demeure valide, peu importe l'échelle utilisée.*

Le résultat initial de l'évaluation de l'humidité devrait être interprété comme étant soit normal (humidité de référence) ou anormal. Il faut ensuite procéder à une inspection approfondie et examiner l'état du matériau. Si le taux d'humidité est normal, les composants restent en bon état; s'il est anormal, il peut y avoir dégradation des matériaux. Par exemple, une teneur en humidité supérieure à 25 % entraînerait la destruction du bois, et permettrait aussi vraisemblablement à des moisissures de se développer. Cependant, il est impossible d'attribuer un seuil fixe à une mesure d'humidité quelconque qui serait associée à la prolifération de moisissures, notamment parce que les problèmes d'eau sont de nature cyclique. De plus, les

lectures négatives ne signifient pas que le matériau a été épargné par le passé, ni que les moisissures ne sont pas présentes ou en train de proliférer<sup>1</sup>.

## Échantillonnage de l'air

L'échantillonnage de l'air dans le but de détecter les spores de moisissures est souvent effectué dans l'investigation d'un bâtiment, ou souvent demandé. Un échantillonnage de l'air a été fait dans tous les cas présentés, parfois à de multiples occasions, et par différents consultants<sup>2</sup>. Pourtant, l'échantillonnage de l'air n'est généralement pas recommandé, ou il ne l'est que dans des situations particulières, après avoir tenu compte d'autres facteurs. Ainsi, le National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) recommande de ne pas se fier à l'échantillonnage de l'air, surtout à court terme, pour évaluer les effets possibles sur la santé. Dans le protocole de la Finlande sur le logement sain, l'échantillonnage de l'air est seulement une mesure effectuée en fin de processus, si même on l'effectue. En présence de dégâts d'eau, il faut remédier à ceux-ci avant de procéder à un échantillonnage de l'air. Les prélèvements de matériau ou de surface, ou encore l'ouverture des structures en cas de problème dans un mur, passent tous avant l'échantillonnage de l'air. Il s'agit d'une mesure de dernier recours à n'employer par exemple que si les occupants rapportent des problèmes de santé en l'absence de tout problème visible.

L'échantillonnage de l'air n'est généralement pas recommandé parce que les résultats sont difficiles à interpréter à cause de plusieurs facteurs comme les sources environnantes (extérieur, etc.). Il n'y a pas de relation quantitative d'établie entre les effets sur la santé et les résultats de l'échantillonnage de l'air. L'American Conference of Government Industrial Hygienists (ACGIH) a, par le passé, établi une directive numérique sur les valeurs normales, mais elle l'a ensuite retirée. L'utilisation, aujourd'hui, d'une valeur de référence numérique témoigne d'un décalage par rapport à la littérature scientifique et n'est pas une méthode acceptée. L'ACGIH a retiré sa valeur numérique parce que l'échantillonnage d'un petit volume d'air à court terme ne saurait être représentatif de la contamination d'un bâtiment par les moisissures. Des facteurs environnementaux multiples, ainsi que l'activité biologique cyclique des moisissures elles-mêmes, entraînent une variabilité importante de la concentration des spores dans l'air. Par exemple, une étude a conclu que pour effectuer une estimation statistique de la contamination de l'air par les spores d'un bâtiment, il faudrait refaire l'échantillonnage onze fois. De la même façon, l'investigation d'un bâtiment a révélé une énorme variation de la concentration de spores allant de 30 000 unités formatrices de colonies par mètre cube d'air (UFC/m<sup>3</sup>) à <1000 UFC/m<sup>3</sup> en quelques semaines.

S'il faut procéder à un échantillonnage de l'air, la rigueur est de mise en ce qui a trait aux méthodes, à l'analyse et à l'interprétation. Avant de prélever un échantillon, il faut déterminer si les résultats aideront à prendre une décision. Il faut aussi utiliser d'autres observations et techniques et savoir ce qui se passe dans le bâtiment, ce qui comprend la présence de

---

<sup>1</sup> Une faible augmentation du taux d'humidité à la surface d'une plaque de plâtre peut suffire à favoriser la prolifération des moisissures.

<sup>2</sup> Selon l'expérience de la Direction de santé publique de Montréal, l'échantillonnage de l'air pour les spores de moisissures est souvent demandé et constitue souvent la première ou l'unique étape de l'investigation des bâtiments effectuée par les consultants.

symptômes chez les occupants. Parfois (voire souvent, à la lumière de l'histoire du bâtiment, de l'inspection visuelle et intrusive et de la santé de ses occupants), on en sait suffisamment pour qu'il ne soit pas nécessaire de procéder à un échantillonnage. Si l'on observe des moisissures visibles, il est inutile de prélever un échantillon (New York City, Department of health, 2008). *Par exemple, dans l'école A, l'échantillonnage de l'air était en grande partie inutile, puisque l'information sur l'exposition potentielle était suffisante. Pourtant, chaque échantillon a révélé un problème réel ou potentiel, indiquant qu'il fallait intervenir davantage dans le bâtiment.*

Avant de procéder à l'échantillonnage, il faut également définir la question à laquelle on tente de répondre. Cela permet de choisir la méthodologie d'échantillonnage adéquate. Les détails précis de la méthodologie dépendront de l'environnement qu'on cherche à caractériser, ainsi que des conditions de l'expérience. Il faut donc définir d'abord l'environnement avant de le caractériser grâce à l'échantillonnage de l'air. Par exemple, les fenêtres peuvent être ouvertes si on souhaite refléter des conditions normales, ou fermées si on choisit l'accumulation. Généralement, on procède à l'échantillonnage dans un contexte d'activité normale, sans attendre que tout le monde soit parti, mais sans pour autant tenter de stopper la poussière ou de la remuer. Il est cependant important de se rappeler que pour rétablir la signature du bâtiment, il faudrait connaître sa variabilité, ce qui en soi nécessite de faire des recherches. Les volumes d'échantillons et les autres spécifications techniques sont détaillés dans les directives de l'ACGIH. On recommande des volumes d'environ 200 litres pour la culture et de 150 litres pour les trappes à spores (ACGIH, 1999).

*Les analyses de laboratoire des échantillons devraient être effectuées à l'échelle des espèces, comme cela a été le cas par exemple dans le bâtiment C. Pour interpréter les résultats, il faut regarder les espèces prédominantes — et non pas le nombre d'UFC lui-même — puis faire une comparaison avec les espèces qu'on trouve dans l'air extérieur (ACGIH, 1999).*

L'échantillon d'air extérieur devrait être prélevé afin de représenter l'air ambiant extérieur qui a une influence sur la qualité de l'air intérieur (ex., sur le toit face au vent, à l'admission d'air du système CVCA, ou dans un espace où l'air extérieur ainsi que ses contaminants pénètrent dans le bâtiment). Il faut éviter de prélever l'échantillon dans une rue poussiéreuse ou dans un buisson par exemple. On peut établir une comparaison en effectuant un classement par ordre de grandeur, soit en dressant la liste des taxa les plus nombreux à l'intérieur et à l'extérieur et en comparant les deux. *Par exemple, lorsqu'on interprète les échantillons prélevés dans les appartements du bâtiment D, l'important n'est pas que les échantillons soient similaires en nombre par rapport aux concentrations découvertes à l'extérieur, mais qu'ils diffèrent selon le type de moisissures présentes. De la même façon, dans l'échantillon prélevé dans le bâtiment C avant la remédiation, l'air intérieur était différent de l'air extérieur : le taux de levures était élevé, signe d'un environnement humide, et les espèces *Penicillium* étaient présentes selon un profil clairement anormal. À l'inverse, les espèces *Cladosporium* trouvées dans les échantillons post-remédiation semblaient normales et similaires à l'intérieur et à l'extérieur.* Une discussion digne d'intérêt sur l'échantillonnage post-remédiation se trouve dans le chapitre 15.5 de l'ACGIH, 1999 (Judging remédiation effectiveness [Évaluation de l'efficacité de la remédiation]).

Il faut aussi considérer les espèces indicatrices, ce qui suppose de savoir ce qui est typique et atypique pour l'air intérieur. Il existe des directives à cet effet. *Dans le bâtiment D, les espèces de *Stachybotrys* et certaines des espèces d'*Aspergillus* ne devraient pas normalement se trouver dans l'air intérieur.*

Il est aussi important de mentionner que même si l'échantillon est négatif, les résultats peuvent être non concluants. On ne peut pas nécessairement déduire que la situation est normale ou acceptable à partir d'un échantillon négatif (ou d'une série d'échantillons négatifs), surtout lorsqu'il y a d'autres indications de l'existence d'un problème. Cela s'applique aussi en contexte clinique, lorsqu'un clinicien essaye d'établir une relation de causalité entre une exposition soupçonnée et un diagnostic. Par exemple, si le patient présente des symptômes pouvant être attribués à la contamination du bâtiment par des moisissures et si les résultats de l'échantillon sont positifs, l'interprétation est relativement facile. Cependant, si les résultats sont négatifs, ils peuvent être non concluants et des investigations supplémentaires pourraient être nécessaires, surtout lorsqu'il y a d'autres indications de l'existence d'un problème.

Dans tous les cas, l'interprétation des échantillons reste souvent difficile. On ne peut interpréter les résultats de l'échantillonnage qu'à la lumière d'une hypothèse solide. Ce sujet fait l'objet d'une discussion digne d'intérêt dans le chapitre 5 de l'ACGIH, 1999. De plus, c'est la personne qui connaît le bâtiment qui devrait interpréter les données, et non le personnel du laboratoire qui n'a pas vu les lieux. Dans les cas abordés, on a vu différentes personnes tirer des conclusions divergentes à partir des mêmes données. Même les experts peuvent être en désaccord sur l'interprétation de certains échantillons. *Par exemple, dans le cas des échantillons post-remédiation du bâtiment résidentiel C, le groupe d'experts n'était pas d'accord sur l'interprétation, certains considérant qu'ils étaient normaux et comparables à l'air extérieur, et d'autres jugeant que l'une des espèces d'Aspergillus était anormalement présente*<sup>3</sup>. En conséquence, si les experts ne s'entendent pas, on peut facilement imaginer que c'est aussi le cas ailleurs, d'où l'avertissement de ne pas se fier uniquement à un échantillon d'air pour tirer des conclusions.

Enfin, l'échantillonnage de spores ne tient pas compte d'autres produits des moisissures ni des contaminants microbiens qui ont ou pourraient avoir un effet sur la santé, comme les fragments, les ergostérols, les protéines (ex. : enzymes), les COVM, les bêta-glucanes  $\beta(1-3)$ , les toxines et les contaminants provenant des bactéries Gram positif et Gram négatif. Cela renforce le fait qu'une numération de spores négative n'exclut pas nécessairement les effets sur la santé. Cependant, il n'est pas utile de mesurer ces divers contaminants dans le cadre de l'investigation d'un bâtiment puisqu'on ne saurait pas ce que les résultats signifient. Par ailleurs, ces contaminants pourraient être mesurés dans le cadre d'une recherche pour acquérir des connaissances, ce qui fait ressortir l'importance de distinguer les objectifs de la recherche de ceux de l'investigation d'un bâtiment. Soulignons que même si les COVM peuvent être utilisés pour évaluer d'autres problèmes d'air intérieur, on s'entend sur le fait qu'ils ne devraient pas l'être actuellement pour détecter les moisissures.

*Les appartements du bâtiment C illustrent que la mesure des contaminants sans base d'interprétation ne fournit pas d'information utile. Un des rapports mentionne : « Il faudrait s'occuper des bactéries et des particules plutôt que des moisissures dormantes. » Cependant, les mesures semblent avoir été prises uniquement avec un compteur de particules et il n'y a aucune*

---

<sup>3</sup> Les analyses de l'air ont été effectuées par différents consultants et la DSP de Montréal. Les dernières analyses effectuées par la DSP post-remédiation indiquaient la présence de 29 espèces différentes, dont 16 ne se trouvaient pas dans l'air extérieur, même si toutes les fenêtres étaient ouvertes le week-end précédant le prélèvement d'échantillons. Ces résultats montrent clairement une amplification fongique intérieure.

*indication des types de bactéries auxquels on fait référence.* On sait que les bactéries croissent dans un environnement humide, mais il est rare que des bactéries pathogènes se retrouvent dans l'air en si grand nombre. De toute façon, nous ne possédons pas de documentation suffisante ni de fondement adéquat pour les mesures relativement à cet aspect. La signification de ces résultats n'est donc pas claire.

En conclusion, l'échantillonnage de l'air n'est souvent pas recommandé dans le cadre de l'investigation d'un bâtiment à cause de la variabilité élevée entre les différentes mesures et de la difficulté relative à l'interprétation des résultats. Si l'on procède à l'échantillonnage de l'air, on ne peut généralement pas se contenter de le faire qu'une seule fois et l'on ne peut s'appuyer uniquement sur cette information. Qui plus est, l'échantillonnage de l'air est coûteux. « Il s'agit de la façon la plus chère d'obtenir le moins d'information. Si vous l'observez, ou si vous le sentez, c'est que le problème existe. »

## **Évaluation de la santé**

Bien que l'évaluation des risques pour la santé soit basée sur celle de l'exposition – c'est-à-dire que l'exposition à un environnement contaminé par les moisissures est suffisante pour entraîner des mesures de remédiation, que des symptômes aient été rapportés ou non – l'évaluation de la santé reste une partie importante de l'investigation d'un bâtiment. Au départ, les bâtiments peuvent être portés à l'attention des directions de santé publique parce que les occupants ont développé des problèmes de santé. On devrait accorder de l'importance à ces cas sentinelle, parce qu'ils semblent souvent être la pointe de l'iceberg : en effet, l'investigation permet souvent de trouver de nombreux autres occupants éprouvant des symptômes. De plus, l'estimation la plus précise des effets d'un milieu sur la santé reste la déclaration de ces effets.

L'approche basée sur un questionnaire utilisée à Montréal pour évaluer les symptômes des occupants n'est pas inhabituelle, puisque des experts de plusieurs pays ont utilisé une approche similaire. La déclaration des symptômes, surtout d'ordre respiratoire, confère des résultats très sensibles et spécifiques. Par exemple, Laney et ses collègues (2009) ont rapporté que les résultats des tests de la fonction pulmonaire corroboraient la déclaration des symptômes respiratoires et les diagnostics. Bien qu'il soit reconnu que les questionnaires sur la santé comportent certains biais, ceux-ci peuvent être réduits ou pris en ligne de compte dans une certaine mesure, par exemple en comparant les résultats avec les enquêtes effectuées auprès de la population ou dans un bâtiment témoin, ou en incluant des questions sur des symptômes qu'on ne pense pas être reliés à la contamination par les moisissures afin de détecter un schéma de réponse systématique<sup>4</sup>. La répétition des questionnaires est utile pour évaluer l'évolution des symptômes au fil du temps, auquel cas le même questionnaire standardisé devrait être utilisé. Les questionnaires standardisés permettraient aussi de compiler des données issues d'investigations dans divers bâtiments.

L'information obtenue grâce au suivi clinique des patients peut aussi être intégrée à l'évaluation de la santé des occupants d'un bâtiment, comme c'est souvent réalisé par la DSP de Montréal.

---

<sup>4</sup> Selon l'expérience de la DSP de Montréal, il est devenu très difficile de trouver un groupe témoin approprié étant donné l'étendue du problème dans les écoles par exemple, mais un groupe témoin était accessible et a été utilisé dans la première enquête sur la santé à l'école A. À notre connaissance, il n'existe pas d'ensemble de symptômes fréquents non reliés aux moisissures qui peut être utilisé.

L'approche basée sur un questionnaire pourrait également être améliorée grâce au suivi des paramètres comme le débit expiratoire de pointe ou les études sur la fonction pulmonaire et la mise en œuvre d'études d'intervention. Dans une perspective de recherche, les tests comme l'étude de la fonction pulmonaire, les tests de provocation non spécifique et les intradermoréactions ou autres mesures de marqueurs d'exposition pourraient aussi être utilisés pour l'évaluation de la santé. Cependant, l'approche épidémiologique de l'évaluation de la santé ne permet pas de tirer de conclusions concernant la relation de cause à effet entre l'exposition et la santé à l'échelle de l'individu<sup>5</sup>. L'établissement de la causalité à l'échelle individuelle est une question d'ordre clinique qui requiert une approche fondée sur le diagnostic différentiel. Le clinicien commence par caractériser le diagnostic et l'exposition, puis évalue la probabilité d'une relation causale. La variation des symptômes liée au retrait du patient du milieu ou à son retour dans celui-ci apporte généralement une bonne indication du rôle causal du milieu (WHO, 2009; Kercksmar, 2006). Ces essais « N = 1 » (pas au sens épidémiologique), envisagés comme des interventions naturelles, sont bien acceptés en médecine clinique dans le contexte des essais randomisés sur les médicaments, des expositions environnementales et des évaluations des maladies infectieuses sur les animaux en laboratoire (Hodgson, 1993; Janosky, 2005). Lorsqu'on s'occupe de patients individuels, il faut aussi s'attarder au degré de certitude nécessaire pour présumer d'une relation causale relativement à une exposition donnée. Le seuil peut être différent selon qu'on se place du point de vue du praticien, du décideur politique ou du personnel de la commission chargée de l'indemnisation des travailleurs atteints de maladies professionnelles.

L'une des difficultés de l'évaluation de la santé selon une perspective clinique, c'est que les environnements contaminés par l'humidité et les moisissures peuvent entraîner plus qu'un problème de santé chez la même personne. La contamination par les moisissures peut notamment provoquer des problèmes par le biais de mécanismes allergiques et irritants (non allergiques), tant pour l'asthme que pour la rhinosinusite. De plus, la plupart des symptômes ne sont pas spécifiques à ces problèmes de santé. Par exemple, la fatigue est un symptôme très courant et non spécifique, présent dans de nombreux problèmes de santé non liés aux moisissures; cependant, lorsqu'une personne ressent une fatigue inexplicée et vit ou travaille dans un environnement dans lequel il y a des moisissures, on peut penser que la fatigue y est reliée.

L'autre difficulté est que même si les tests d'immunoglobuline peuvent être utilisés en tant que marqueurs de l'exposition – par exemple, l'IgE peut être suivie au fil du temps comme c'est le cas avec les allergènes courants – ils ne peuvent pas servir à fonder le diagnostic. Les tests d'immunoglobuline dont les résultats sont négatifs recèlent peu d'informations, parce que la production d'IgE ou d'IgG dépend de la personne et du moment de son exposition. De nombreux allergologues n'utilisent plus les tests d'immunoglobuline. De plus, ces tests ne détecteraient pas les problèmes de santé provoqués par des irritants n'ayant pas d'effet allergique. Les mécanismes non allergiques jouent un rôle important, même dans l'asthme,

---

<sup>5</sup> La DSP de Montréal peut utiliser le questionnaire aux fins du groupe ou des individus. Le questionnaire peut servir à produire le portrait d'un groupe, en le comparant possiblement à un groupe témoin (utilisation dans le sens épidémiologique). Il peut aussi être utilisé comme test de dépistage individuel : le résultat de chaque test est classé comme probable, ou possiblement attribuable à un problème de qualité de l'air intérieur du bâtiment (QAI), ou probablement non relié, ou indéterminé. Selon notre expérience, les tests de confirmation (évaluation par un expert clinicien) montrent que les cas probables et possibles sont confirmés, à quelques rares exceptions près.

qu'on pensait traditionnellement être d'origine entièrement allergique. Par exemple, l'étude d'un immeuble de bureaux très endommagé a révélé que le déclenchement de l'asthme postérieur à l'occupation était associé à moins d'atopie que le déclenchement de l'asthme avant l'occupation (Cox-Ganser, 2005). Dans une autre étude, chez les souris exposées aux concentrations de bêta-glucanes et de mycotoxines retrouvées dans un bâtiment humide, on a observé une production accrue de mucus et de cytokines inflammatoires par le biais de mécanismes non allergiques (Miller, 2010). Une revue de littérature extensive suggère que seulement 50 % des cas d'asthme sont médiés par l'IgE et que 50 % ne sont pas d'origine allergique (Pearce, 1999; Douwes, 2002). La prévalence de l'asthme médié par l'IgE varie selon les pays; elle est plus élevée dans les pays développés que dans les pays en développement qui ont des taux élevés d'infection helminthique importants (Moffat, 2010; Weinmayr, 2007). Toutefois, les commissions chargées de l'indemnisation des accidentés du travail peuvent ne pas reconnaître ces mécanismes non allergiques : au Québec, par exemple, l'asthme relié au travail est censé être associé à l'exposition à une substance sensibilisante<sup>6</sup>.

En ce qui a trait aux problèmes de santé liés aux bâtiments, l'expression « hystérie collective » (maladie psychogénique de masse) était souvent évoquée il y a 20 ans. Certains avancent que lorsque les occupants d'un bâtiment rapportent des symptômes, les autres occupants commencent à faire de même. D'après l'expérience des experts en santé du panel, ce n'est généralement pas le cas. Au contraire, les employés ne commencent à déclarer le problème que lorsqu'il devient grave. Sur le plan épidémiologique, nous ne pouvons pas dire que le biais n'existe pas. *Cependant, dans les cas comme ceux de l'école A, des éléments suggèrent qu'il ne s'agit pas juste d'un biais. Par exemple, les symptômes semblaient associés à certaines zones du bâtiment, tout le monde n'a pas déclaré de symptômes, et les personnes ont été suivies en clinique<sup>7</sup>. De plus, l'exposition à l'école A était très probable. En conséquence, le biais n'était pas réellement un problème puisque des mesures auraient été requises même s'il n'y avait pas eu de symptômes.* Par ailleurs, il est important de reconnaître que les maladies psychogéniques de masse nécessitent également l'établissement d'un diagnostic, et que pour poser un diagnostic psychologique, il faut procéder à une évaluation médicale et psychologique. De plus, toute maladie comporte une composante psychologique. Par exemple, la perte d'une maison à cause d'une contamination par les moisissures est une expérience traumatisante. C'est une situation qui provoque du stress et de la peur, et qui peut causer une réaction psychologique. Enfin, dans des situations psychogéniques, il n'y a pas nécessairement une histoire de dégâts d'eau, d'humidité et de contamination par des moisissures visibles.

En résumé, l'évaluation de la santé à l'échelle clinique est complexe et nécessite de l'expérience, à cause de la variété des pathologies, de la non-spécificité de nombreux symptômes et de l'absence de tests diagnostiques irréfutables. À l'échelle du groupe, le recours au questionnaire sur la santé constitue une approche courante. L'existence de biais dans les questionnaires sur la santé est reconnue. Il n'en demeure pas moins que les effets sur la santé des milieux humides

---

<sup>6</sup> Dans une étude publiée par Piipari (2005), il a été démontré que pendant la période de 1988 à 1997, l'asthme professionnel causé par les moisissures était très fréquent en Finlande (devenue la cause la plus fréquente depuis 1995) alors qu'aucun cas d'indemnisation n'a été rapporté dans la province de Québec.

<sup>7</sup> En réalité, les personnes suivies en clinique ont reçu des diagnostics de maladies qui n'avaient rien à voir avec l'hystérie collective ou les plaintes d'origine psychologique. Nombre d'entre elles ont attendu longtemps (des années) avant de consulter. Le mode de présentation de l'hystérie collective est très différent de celui des cas étudiés. Il s'agit d'un phénomène rare qui n'a jamais été observé dans les cas de moisissures investigués par la DSP de Montréal.

sont bien reconnus, et que des mesures devraient être prises, qu'il y ait symptômes ou non, la présence de ces derniers ne rendant la situation que plus inacceptable.

# REMÉDIATION

## Approche générale

Le principe général de la remédiation est **d'éliminer** la contamination. Il faut procéder d'une manière qui soit sécuritaire pour les occupants du bâtiment et les travailleurs, en respectant les règlements et la réglementation qui s'appliquent. Parfois, il est impossible d'enlever ou de nettoyer les matériaux contaminés (par exemple pour des raisons économiques ou logistiques); la question se pose alors de savoir si la contamination peut être maîtrisée. Cependant, lorsqu'il est question de faisabilité, on ne devrait pas aborder le problème en se demandant : « *Pouvons-nous ne pas retirer les matériaux?* », mais plutôt en appliquant le principe suivant : « *Il faut les retirer* ». On commencera à chercher d'autres options uniquement si les matériaux contaminés ne peuvent pas être retirés. Ce principe constitue la règle en Finlande, où seules les structures ne pouvant pas être éliminées – par exemple les murs de béton ou de briques dans certains cas – devraient être nettoyées de façon mécanique. *Par exemple, dans l'école A, la première option recommandée par la DSP de Montréal aurait été de remplacer les matériaux contaminés. Si cela avait été impossible, une option aurait été de vérifier la prolifération des moisissures sur les matériaux après le nettoyage*<sup>8</sup>.

En général, les colonies de moisissures et les fragments connexes doivent être éliminés, qu'ils soient actifs, dormants ou morts, visibles depuis les espaces occupés ou cachés dans une cavité. La norme S520 de l'IICRC, le Reference Guide for Professional Mold Remediation [Guide de référence pour l'élimination professionnelle des moisissures] et les directives de la Ville de New York indiquent que les moisissures cachées doivent être éliminées. Les principes généraux en matière de dégâts d'eau et les directives de remédiation ont fait l'objet d'une révision récente par un groupe d'experts réunis en conférence organisée à la suite de l'ouragan Sandy ayant frappé l'État de New York et du New Jersey (Johanning, 2013).

Le nettoyage est également important, parce que les travaux de remédiation créent beaucoup de particules et de poussières qui deviennent alors dangereuses. Il est donc important de veiller à la suppression et au confinement appropriés de la poussière (Morey, 2011) pendant la remédiation afin d'éviter la contamination des espaces occupés.

Lorsqu'on élabore une solution de remédiation, il faut aussi penser à ce qui a causé le dégât d'eau au départ. Si la condition responsable du dégât d'eau est encore présente, le problème n'est pas résolu; dans ce cas, peu importe la qualité du nettoyage, les moisissures reviendront. *Par exemple, dans le bâtiment D, les causes des moisissures ont été traitées en partie en changeant les fenêtres, en scellant les ouvertures, en colmatant la fuite du puits de lumière et en installant des ventilateurs dans les salles de bains. Cependant, le conduit du puits de lumière peut être une source continue de moisissures et de contamination, puisque la ventilation dans les salles de bains peut aspirer l'air du puits et de tous les autres appartements reliés à ce dernier.*

---

<sup>8</sup> Dans les faits, cela a été bien vérifié, par exemple pour la fondation en pierre. Cette vérification a permis de montrer qu'elle était encore contaminée, humide, et qu'elle émettait encore des odeurs de COV après deux décontaminations.

Il est aussi important de tenir compte de l'effet de la ventilation lorsqu'on planifie une mesure de remédiation. *Dans l'école B, la concentration de CO<sub>2</sub> était élevée, ce qui suggère que la ventilation naturelle du bâtiment se faisait mal et que l'installation d'une ventilation mécanique serait nécessaire. Cependant, cette modification est susceptible d'influer sur les différences de pression dans les murs et donc d'influencer l'exposition à l'air contaminé par les moisissures.*

Enfin, il peut y avoir des problèmes du bâtiment qui dépassent le problème immédiat de moisissures : par exemple, si le bâtiment n'est pas étanche à l'air, les occupants vivent avec les problèmes des voisins. À moins d'une remédiation majeure pour rendre le bâtiment conforme au code (ce qui n'est normalement pas le domaine d'expertise de l'entrepreneur qui tente de résoudre du mieux possible le problème de santé en question), les occupants devront se contenter du bâtiment qu'ils ont. Les problèmes plus vastes affectant les bâtiments sont aussi d'ordre financier.

## **Nettoyage de la surface**

Il existe plusieurs façons de nettoyer une surface contaminée, comme le ponçage, la brosse à moteur, ou le sablage, la méthode appropriée dépendant de la situation. *Par exemple, dans l'école A, le nettoyage cryogénique a été utilisé pour nettoyer le bois de charpente dans le grenier. Bien qu'efficace pour éliminer la contamination, on pourrait se demander si cette méthode n'est pas excessive<sup>9</sup>. Ce type de nettoyage crée en effet beaucoup de particules qui sont difficiles à éliminer ensuite. Peut-être qu'une brosse de nettoyage aurait suffi, quoiqu'il ne semble y avoir aucune recherche concluante favorisant une méthode plutôt que l'autre. En Finlande, cependant, on aurait recommandé d'enlever le bois de charpente plutôt que de le nettoyer<sup>10</sup>.*

Il convient de souligner que l'aspiration seule d'une surface avec un aspirateur à filtre HEPA, lorsque la contamination n'est pas uniquement déposée sur la surface, n'est pas considérée comme un nettoyage de ladite surface. Quant aux fongicides, ils peuvent entraîner d'autres problèmes de santé, comme une irritation ou une sensibilisation causée par l'ammonium. La pire solution consiste à appliquer des biocides sur des moisissures en croissance, parce que ces dernières commencent alors à produire plus de mycotoxines pour tenter de survivre. En Finlande, on recommande d'utiliser des biocides à l'intérieur uniquement dans de rares cas.

---

<sup>9</sup> La vidéo et l'inspection montraient que la contamination était en partie éliminée (mais pas complètement) par le nettoyage cryogénique.

<sup>10</sup> Il est utile ici de citer la norme S520 de l'IICRC : « Ces techniques devraient être utilisées avec précaution, particulièrement celles qui font appel au jet abrasif. Par définition, les méthodes de jet abrasif ont une forte tendance à transformer en aérosols les particules qu'elles retirent de la surface. Cela peut entraîner des niveaux extrêmement élevés de contaminants dans l'air, créant potentiellement une exposition inacceptable pour les travailleurs ou les occupants, ou permettant aux contaminants de se répandre dans des zones précédemment non affectées. Certains abrasifs peuvent aussi créer des problèmes de nettoyage ardu (ex. : le sable, la soude, les cosses de riz et les enveloppes de maïs) ou entraîner une exposition inacceptable des travailleurs (ex. : nettoyage cryogénique dans un espace clos, ce qui crée des niveaux excessifs de CO<sub>2</sub> dans la zone de travail). Les techniques de jet abrasif devraient être limitées aux situations où l'aérosolisation n'est pas un facteur critique (ex. : à l'extérieur), ou lorsqu'elles peuvent être adéquatement maîtrisées (ex. : chambres de nettoyage à flux laminaire à haut volume).

## Éléments structuraux contaminés et encapsulation

La décision de retirer complètement, de nettoyer ou de maîtriser autrement les éléments structuraux contaminés d'un bâtiment dépend de plusieurs facteurs.

Les pièces de bois de construction de 2 x 10 et de 2 x 12 peuvent être contaminées par les moisissures en surface ou ces dernières peuvent avoir pénétré profondément. Il y existe une différence importante entre les taches de sève (bois bleui) – dues aux moisissures qui suivent les vaisseaux dans lesquels coule la sève – et les moisissures liées aux infiltrations d'eau. S'il y a seulement une tache de sève, le bois peut encore être sain. Bien qu'il y ait un débat à l'IICRC à ce sujet, l'idée générale est que si le bois est solide, s'il n'a pas été endommagé par l'eau et s'il n'y a pas de dommages structurels, il peut être sauvé. Il y aurait plusieurs façons de le nettoyer, une possibilité étant de le sabler, mais il faudrait procéder avec précaution. Par ailleurs, le bois pourri doit être enlevé. Cependant, même si la contamination par des moisissures se limite à la surface, le nettoyage pourrait être compliqué s'il y a de l'eau et des moisissures entre les pièces qui ne sont pas accessibles sans abattre le mur, par exemple sur des pièces qui se font face. *C'était le cas dans le bâtiment D, où le bois était contaminé sur tous ses côtés.* Dans ce cas, il reviendrait à une personne comme le responsable de l'hygiène de l'environnement d'évaluer si les moisissures inaccessibles risquent de contaminer les espaces occupés. *Une possibilité consisterait à démolir la structure contaminée, ce qui a été partiellement fait dans le bâtiment D. L'autre serait d'essayer de la colmater à l'oxyde de zinc, une substance qui stoppe la croissance des moisissures, mais sans les tuer*<sup>11</sup>.

Les moisissures peuvent aussi contaminer la maçonnerie. Elles peuvent croître à la surface des briques ainsi qu'à l'intérieur des blocs creux. S'il y a uniquement infiltration d'eau propre, la surface de ces matériaux ne fournit pas suffisamment de charge biologique à elle seule sur lesquelles les moisissures peuvent se former<sup>12</sup>. Cependant, l'infiltration d'eau sale peut laisser des débris sur lesquels les micro-organismes peuvent s'alimenter. *L'approche de remédiation de la maçonnerie contaminée peut être complexe, comme l'illustrent les cas des écoles A et B.*

*Dans l'école B, le mur est composé de blocs de béton creux dans lesquels les moisissures peuvent se former. La première étape consiste à déterminer où se situe le problème d'infiltration d'eau ainsi que l'étendue de la contamination. La deuxième vise à déterminer la probabilité que l'air de la zone contaminée (ici, l'intérieur du mur, en supposant que les moisissures prolifèrent dans les blocs creux) pollue à son tour l'espace occupé. Il faut considérer les divers mécanismes de mouvements d'air, comme décrits ci-dessus. Ensuite, on peut décider des mesures de remédiation à appliquer. Le principe de remédiation des moisissures reste celui de l'élimination de la contamination. On peut essayer d'autres options, uniquement si l'élimination ou le*

---

<sup>11</sup> L'oxyde de zinc a été utilisé dans les systèmes CVCA pour prévenir la prolifération future des moisissures. Il pourrait être utile pour prévenir la prolifération sur d'autres matériaux structuraux qui ne peuvent pas être retirés du bâtiment. L'oxyde de zinc ne devrait pas être utilisé pour recouvrir les moisissures sur les matériaux comme les panneaux muraux qui peuvent être enlevés pendant la remédiation (Yang, 2004). Comme les moisissures ne prolifèrent pas dans des conditions alcalines extrêmes, il peut être utile pour prévenir leur prolifération future sur des matériaux situés dans des zones chroniquement humides.

<sup>12</sup> Selon notre expérience, cette situation est rare, les infiltrations d'eau provenant du toit et d'autres sources étant souvent récurrentes.

*nettoyage est impossible, selon l'étendue de la contamination et la probabilité de contamination des espaces occupés. Ces options peuvent comprendre un remplacement partiel<sup>13</sup>.*

*L'école A, avec ses murs composés de trois couches de briques, représente un autre défi, particulièrement s'il faut sauver le mur. Les moisissures peuvent se former sur la poussière entre les couches de briques, un endroit inaccessible. Le principal problème du mur auquel il faudrait remédier est l'humidité. Pour assécher le mur, il faudrait excaver ses fondations. Il est possible d'utiliser un agent d'encapsulation pour révéler les parties du mur qui sont humides puisque ces parties vont finir par foncer. L'encapsulation peut parfois prévenir l'aérosolisation de la poussière; l'isolation de ces vides d'air pourrait protéger le reste du bâtiment. Cependant, dans ce cas, ce n'est pas si simple à cause des trois couches de briques. On peut également essayer de chauler les briques. Pendant la remédiation, il faut s'assurer que l'air ne va pas ailleurs et ne contamine pas les espaces occupés, par exemple en utilisant une pression négative. Il faudrait continuer à surveiller la situation, peu importe la stratégie de remédiation adoptée. Dans tous les cas, il est important d'évaluer le risque d'exposition après la mise en œuvre des stratégies de remédiation.<sup>14</sup>*

### **Encapsulation**

L'encapsulation peut parfois être utilisée dans le cadre de la stratégie de remédiation. *Par exemple, dans le bâtiment D, une poutre porteuse ne peut pas être enlevée : elle pourrait faire l'objet d'une encapsulation ou d'une imperméabilisation à l'oxyde de zinc.* Avant d'utiliser l'encapsulation dans le cadre de la remédiation, il faut réfléchir au type d'encapsulation et à la raison d'y recourir. Il y a parfois confusion en ce qui a trait à la signification du terme qui varie selon la substance dangereuse. Par exemple, avec l'amiante et la peinture au plomb, l'encapsulation signifie que le contaminant demeure sous l'agent d'encapsulation. L'encapsulation prend un sens différent avec les moisissures, puisqu'elles peuvent et doivent être éliminées. Elle est utilisée uniquement lorsqu'on a d'abord tout essayé pour nettoyer le

---

<sup>13</sup> Dans l'école B, des investigations récentes après la réunion ont permis de mieux évaluer la contamination dans les murs extérieurs de tout le bâtiment. Les murs sont composés de briques, d'un espace d'air, de blocs de béton creux, de papier noir, de laine d'isolation entre les montants en bois et de panneaux de finition de bois. Il y a d'importants espaces d'air entre les blocs de béton creux, partiellement comblés de bois (cale). Par exemple, le dos des panneaux de finition de bois, les montants, l'isolant et les cales entre les blocs de béton creux étaient contaminés par les moisissures dans de nombreux murs, ce qui contribuait à contaminer l'air dans les classes. Les tests d'infiltration d'eau ont montré que l'enveloppe du bâtiment était perméable à l'infiltration d'eau à plusieurs endroits. L'architecte a recommandé de rebâtir complètement les murs extérieurs.

<sup>14</sup> Dans le document sur la norme S520 de l'IICR intitulé Standard and reference guide for professional mold remediation, publié en 2008, à la section 12.2.7, il est indiqué : « *Écart par rapport aux processus d'élimination : Selon les principes d'élimination des moisissures, l'élimination doit être contrôlée le plus près possible de la source. De plus, les moisissures doivent être physiquement éliminées pendant la remédiation. Les tentatives de tuer, d'encapsuler ou d'inhiber les moisissures au lieu d'éliminer correctement la source sont généralement inadéquates.* » À la lumière des recommandations de l'ACGIH, de l'American Industrial Hygiene Association (AIHA) et de l'IICRC concernant la décontamination de matériaux semi-poreux comme la maçonnerie, et étant donné l'étendue de la contamination des murs de briques et des fondations de pierre dans l'école A, la persistance de l'humidité dans ces structures ainsi que la nécessité de trouver une solution durable tout en protégeant la santé publique, la DSP de Montréal n'a pas recommandé l'encapsulation. La décision de la Commission scolaire de Montréal, basée sur cette recommandation, a été de reconstruire le bâtiment.

matériau, afin de contenir la poussière fine qui ne peut pas être maîtrisée autrement. De plus, le problème d'eau doit être réglé en premier lieu, sinon, les moisissures se reformeront. Jamais l'encapsulation ne signifie de peindre par-dessus les moisissures visibles. (Voir de nouveau la note de bas de page numéro 14.)

## Espaces inoccupés contaminés

Les espaces inoccupés comme le grenier et le vide sanitaire peuvent être contaminés par les moisissures. Cette contamination affectera l'air dans le reste du bâtiment si l'air circule entre ces zones. *Par exemple, dans l'école A, on a supposé qu'il y avait ce type de mouvement d'air<sup>15</sup>. Dans le grenier, le bois de charpente a été décontaminé par nettoyage cryogénique, mais on aurait pu à la place empêcher la pénétration d'air entre le grenier et l'espace de travail<sup>16</sup>. De la même façon, la contamination du vide sanitaire dans l'école B peut être source de contamination pour le reste du bâtiment s'il y a une ouverture physique, et si la pression dans les salles du rez-de-chaussée est négative par rapport au vide sanitaire. Cependant, même si on atteint une pression négative dans le vide sanitaire, un problème peut surgir selon la qualité et la constance de cette pression. Par exemple, le mécanisme pourrait être éteint les fins de semaine ou pendant les vacances pour économiser l'énergie, ce qui ne serait pas recommandé. Une école par exemple, aux É.-U., a choisi de remplir le vide sanitaire par du béton afin de résoudre le problème, mais le résultat est inconnu.*

---

<sup>15</sup> Dans les faits, il y a une trappe ouverte dans le plancher du grenier, et ce plancher est fait de planches entre lesquelles il peut y avoir de l'espace.

<sup>16</sup> Encore une fois, le principe de base reste d'éliminer les moisissures à la source de la contamination.



## PROTECTION ET RÉINSTALLATION

Le retrait du milieu est principalement une décision médicale prise au cas par cas. Les personnes affectées devraient être évaluées par un médecin et retirées de l'environnement au besoin; par exemple, si le médecin pense qu'une personne travaillant dans un espace contaminé par les moisissures souffre d'asthme professionnel, cette personne devrait être transférée ailleurs.

À l'échelle de la population, puisque notre travail consiste à protéger la santé publique, nous devons émettre des recommandations basées sur nos connaissances des effets sur la santé de l'humidité et des bâtiments contaminés par les moisissures en adoptant une perspective de précaution et de prévention. Cependant, le propriétaire du bâtiment et les représentants des travailleurs doivent souvent participer aux discussions; en conséquence, le retrait du milieu est une opération très complexe. Le NIOSH ne participe pas à la fermeture des bâtiments ni au transfert de populations entières, mais les directions locales de santé publique ou de l'État peuvent le faire selon leurs responsabilités.

Il faut aussi se demander si l'on peut protéger les personnes présentes pendant le processus de remédiation, et être capable d'évaluer s'il y a un problème. Ces mesures de protection nécessaires peuvent parfois être très coûteuses.

Dans un dortoir californien où il n'y avait aucun endroit pour reloger les personnes, on procédait toutes les semaines à un nettoyage exhaustif à l'aide d'un aspirateur HEPA. C'est une solution de rechange qui semblait fonctionner, mais pas toujours ni pour tout le monde. De plus, les étudiants qui fréquentaient le dortoir devaient signer une renonciation indiquant qu'ils ne souffraient pas d'asthme. En fin de compte, l'enveloppe du bâtiment a été enlevée.

*Dans l'école B, s'il y avait un endroit où réinstaller les occupants, il serait sensé de le faire pendant qu'on corrige la situation. Si c'est impossible, il devrait y avoir un très bon confinement en place pendant le processus de remédiation afin que les occupants ne soient pas exposés. Cependant, un résumé du cas ne fournit pas suffisamment d'information permettant de dire si c'est sécuritaire de rester dans le bâtiment. Il est important de révéler aux occupants les faits connus et de leur permettre de donner leur consentement éclairé.*



# ÉVALUATION DE LA REMÉDIATION

## Étalons et tests

Il n'existe pas de manière optimale de s'assurer que le bâtiment est sécuritaire autre que d'effectuer adéquatement les travaux qui s'imposent et de bien nettoyer. Pour évaluer la remédiation, on peut penser en terme « d'étalon-or » et « d'étalon-argent ». L'étalon-argent consiste en une évaluation visuelle du processus de remédiation. Il doit y avoir un protocole écrit pour la décontamination, une liste de vérification (comme celle des directives S520) pour que l'entrepreneur sache quoi livrer, une trace écrite de ce qui a été fait et la détermination de mesures de contrôle de la qualité. Le processus et l'achèvement du nettoyage doivent être vérifiés par un hygiéniste expérimenté ou par un autre professionnel spécialisé en environnement intérieur, par exemple en ce qui concerne l'utilisation adéquate du nettoyage avec un filtre HEPA. Le *Green Book* de l'AIHA (2008) et le rapport du Microbial Task Force de l'AIHA (2011) présentent les directives à suivre. En ce qui a trait à la contamination des murs, il faut s'assurer que les moisissures soient éliminées lorsque les murs sont encore ouverts. Cela peut être compliqué à démontrer – par exemple, il pourrait s'agir d'établir la différence entre une tache d'eau, une décoloration du bois ou une croissance fongique. L'échantillonnage de l'air ne permet pas d'y arriver, mais l'échantillonnage des surfaces peut être utile. Dans la plupart des cas, l'étalon-argent suffit pour évaluer la remédiation. *Par exemple, dans le bâtiment D, cela est probablement approprié.*

L'étalon-or provient des directives de Santé Canada (Health Canada, 2004). Les critères de l'étalon-argent s'appliquent, plus une indication précisant que s'il y a échantillonnage final de l'air, il devrait se faire une semaine ou deux après avoir fait fonctionner le système CVCA normalement. L'étalon-or n'est recommandé que dans des cas spéciaux. Par exemple, dans un hôtel de luxe à Honolulu, on l'a utilisé pour prouver que le travail était bien fait à des fins de protection juridique. Dans un hôpital, on a procédé à un échantillonnage de l'air avant et après la reconstruction, ce qui semble être une approche raisonnable pour un hôpital, bien que l'échantillonnage de l'air ne suffise pas pour démontrer que les moisissures ont été éliminées avant de reconstruire. Néanmoins, l'étalon-or est vraiment difficilement applicable et n'est pas recommandé dans la plupart des situations.

L'AIHA insiste sur le fait qu'il faut éviter l'échantillonnage de l'air pour évaluer la remédiation. L'échantillonnage de l'air sert essentiellement à l'investigation – avec toutes les mises en garde évoquées précédemment – et il n'est pas recommandé pour évaluer la remédiation, sauf dans le cadre d'un programme de recherche. Les échantillons d'air positif post-remédiation peuvent indiquer plusieurs situations. Il faudrait différencier la prolifération restante de la poussière résiduelle. La poussière fine peut ne pas avoir été éliminée. On pourrait recommencer l'échantillonnage lorsque la poussière est retombée et aussi analyser cette poussière. Le test du gant blanc ou du gant noir peut être utilisé pour vérifier la présence de poussière résiduelle (AIHA, 2008). De plus, même s'il peut y avoir moins de poussière fine, sa composition peut rester la même en ce qui a trait aux espèces, c'est-à-dire que les bâtiments ont une « mémoire ». Cela renvoie à la difficulté d'éliminer toutes les spores contaminantes (comme *A. versicolor*) d'un bâtiment durant le remédiation (Morey, 2011A). L'équilibre avec

l'environnement extérieur met du temps à s'établir dans un bâtiment, c'est-à-dire qu'il faut du temps pour atteindre un profil « normal » de spores à l'intérieur après la remédiation.

Enfin, en l'absence de confinement, l'air contaminé peut provenir d'un autre endroit. On peut effectuer un échantillonnage des surfaces avant le nettoyage pour comparer les espèces avec celles qui sont présentes dans l'air.

*Dans le bâtiment D, on a obtenu un échantillonnage de l'air positif après la remédiation. L'échantillon indique que la situation est anormale, mais un prélèvement unique n'est pas représentatif de l'histoire du bâtiment. De la poussière peut encore être présente, mais la question est de savoir s'il y a encore prolifération de moisissures. Il peut rester quelque chose après le nettoyage, ou une section contaminée peut avoir été complètement négligée. Le travail de décontamination semble avoir été bien fait et rigoureux. Ce qu'il faut faire ensuite, c'est de continuer à être minutieux. Il faudrait procéder à une nouvelle investigation, examiner les surfaces et les cavités, et si possible demander à un tiers de contre-vérifier. Quelque chose a pu être oublié à l'extérieur. Une cavité pourrait devoir être colmatée. Pendant ce temps, il faudrait continuer le nettoyage avec un filtre HEPA en s'assurant que tous les matériaux sont secs. Le fait d'attendre quelques semaines permet à l'air de s'équilibrer entre l'intérieur et l'extérieur<sup>17</sup>.*

*Dans le bâtiment C, le groupe d'experts n'était pas d'accord sur l'interprétation de l'échantillon post-remédiation, comme nous l'avons décrit plus tôt. Cela illustre les difficultés d'interprétation et nous rappelle qu'il ne faut pas se fier à l'échantillonnage de l'air pour évaluer la remédiation. (Encore une fois, voir la note de bas de page, numéro 3, dans la section sur l'échantillonnage de l'air).*

## **Suivi clinique**

Il est également important de suivre la santé des personnes lorsqu'elles réintègrent un bâtiment après la remédiation. En définitive, le test le plus sensible consiste à vérifier si les personnes peuvent vivre dans l'espace concerné (bien que nous ne voulions pas faire ceci à titre expérimental). Les personnes peuvent aussi être suivies en utilisant des paramètres de santé comme les tests de fonction respiratoire, et voir si l'intervention a influencé ces paramètres.

---

<sup>17</sup> Dans les mois qui ont suivi cette réunion, nous avons inspecté à nouveau le bâtiment; de nombreux tronçons de bois qui n'ont pas été enlevés semblaient encore contaminés. Des ouvertures ont été pratiquées dans les murs jusqu'à la brique dans chaque appartement (des pièces de poutres en bois et des morceaux de papier noir entre le bois et les briques ont été enlevés) et des échantillons de surfaces ont été prélevés pour vérifier la présence de moisissures sur le bois et sur le papier, mais pas sur les briques. Les résultats indiquent que la plupart des pièces de bois et des morceaux de papier noir étaient contaminés, l'espace entre les poutres permettant aux contaminants d'accéder à l'air intérieur. La contamination a été détectée en examinant l'aspect visuel (détérioration du bois et moisissures visibles) et par la culture de nombreux échantillons (20 échantillons en vrac et 7 échantillons de surface) avec l'analyse à l'échelle des espèces, qui a révélé la présence de nombreuses moisissures, y compris *Aspergillus versicolor*, *Chaetomium*, diverses espèces de *Penicillium*, *Stachybotrys*, *Ulocladium* et *Alternaria*. Il est possible que le bâtiment soit reconstruit parce que les coûts de remédiation sont proches de ceux de la reconstruction. Il est impossible d'enlever et de décontaminer les poutres en bois des murs extérieurs sans retirer les briques qui doivent de toute façon être réparées.

Dans un contexte clinique, il peut être difficile d'évaluer si le bâtiment est désormais sécuritaire pour ses occupants. Dans la plupart des cas, les personnes retournent dans des bâtiments qui ont été « déclarés sécuritaires » à la suite de tests; cependant, il faut éviter de tirer des conclusions concernant les risques pour la santé des occupants en se basant sur l'échantillonnage de l'air sans connaître l'état de santé de ces personnes. L'interprétation de ces tests en ce qui a trait aux risques pour la santé devrait se faire en équipe, qui serait composée par exemple d'un hygiéniste et du médecin qui connaît les patients et leur sensibilité. D'un point de vue clinique, on pourrait aussi vouloir appliquer différents étalons à l'égard de la remédiation : par exemple, même si un bâtiment donné ayant subi une remédiation peut être sécuritaire pour la plupart des personnes, un clinicien peut exiger davantage d'assurances au profit de certains patients atopiques ou présentant d'autres risques élevés, c.-à-d. l'application « d'un étalon-platine ».

## **Contexte social et juridique**

La reconnaissance du problème est une étape importante menant à sa résolution. Il ne faut pas nier l'évidence : il existe une abondance de données et de preuves solides sur les effets sur la santé des bâtiments humides et contaminés par les moisissures. Pourtant, plusieurs personnes font encore du déni. Dans certains endroits, le problème est reconnu et ne fait plus l'objet de débats. En Finlande, tout le monde est d'accord sur le fait que l'humidité est problématique. En Allemagne aussi, on observe une acceptation générale de ces problèmes. Le gouvernement a pris des initiatives et a instauré des règlements définissant les responsabilités des diverses parties prenantes. Les propriétaires savent qu'ils ont un rôle à jouer.

*Il est important de s'occuper du problème du point de vue réglementaire. Le bâtiment C est un exemple classique de ce qui se produit dans le secteur privé : le propriétaire du bâtiment possède des ressources limitées pour régler le problème et tente de limiter les conséquences économiques, de plus il y a des limites au niveau de l'arrondissement. Ceci souligne l'importance d'adopter une approche réglementaire.*

De nombreuses personnes peuvent considérer les moisissures comme une occasion d'affaires, d'où la nécessité de s'assurer de la compétence des personnes concernées. Le document de Santé Canada (Health Canada, 2004) traite des qualifications des experts en bâtiment et l'AIHA présente des recommandations sur les protocoles devant être utilisés par les inspecteurs dans le domaine des moisissures et par les personnes chargées de la remédiation (AIHA, 2001 et 2008). De nombreux documents recommandent aussi de séparer l'inspection et la remédiation, c'est-à-dire de confier l'inspection à une tierce partie. En Finlande, en plus de nombreuses directives et recommandations, les enquêteurs en bâtiment doivent suivre une formation obligatoire et posséder les qualifications requises. Aux États-Unis, la Floride et le Texas exigent une licence de l'État pour être inspecteur ou procéder à la remédiation, et il est impossible d'être les deux à la fois pour le même cas. L'État approuve la formation, mais ne la fournit pas. Il faut être conscient que de nombreuses organisations de taille réduite offrent des titres de compétences. Comme il est facile de devenir enquêteur dans l'industrie de la remédiation des moisissures, il faut faire attention avant de décider qui peut offrir ces accréditations.

L'humidité et les moisissures associées aux dommages structuraux entraînent des coûts, bien que le coût humain soit encore plus élevé. Le fait de se préoccuper des problèmes d'humidité entraîne un bénéfice net puisque cela se traduit par des bâtiments plus durables, et plus

importants encore, par une productivité accrue de ses occupants. Il y a également des économies de coûts potentiels à réaliser du point de vue des soins de santé, par l'adoption de règlements plus rigoureux – le problème devrait donc faire l'objet d'autres discussions du point de vue économique. À titre d'illustration, l'observation des règlements de l'Environmental Protection Agency des États-Unis, l'US-EPA, se traduit par un ratio coûts-avantages de 7:1.

Enfin, comme il en a été question plus tôt, les décisions concernant le retrait des personnes peuvent être complexes. Les réponses sont souvent connues, mais il est généralement difficile de les concrétiser. Il s'agit presque d'une décision d'ordre social.

## **Communication**

La communication est très importante lorsqu'on travaille avec des personnes qui pensent que leur bâtiment est affecté par un problème. Une relation de confiance est alors nécessaire. Les gens sont en colère lorsqu'ils ne savent pas ce qui se passe. La collaboration et les discussions entre toutes les personnes concernées sont importantes. Des compétences en résolution de conflits et en négociation sont souvent requises.

La communication suppose également l'éducation. Cela signifie éduquer les parties prenantes pour qu'elles puissent prendre de meilleures décisions. Pour ce faire, il faut fournir la bonne information, par exemple lorsque les gens demandent un échantillon d'air pour « prouver que l'air est sain », alors que notre recommandation serait de ne pas prélever un tel échantillon. Cela peut aussi vouloir dire éduquer les consultants parce que souvent, le temps et les ressources dont ils disposent leur permettent d'utiliser uniquement une source d'information alors qu'il en existe un grand nombre et qu'elles présentent plusieurs similitudes, mais aussi des différences, et certaines pourraient être plus pertinentes pour le cas concerné.

Enfin, le consentement éclairé est important. Il faut révéler les risques aux occupants et expliquer nos limites.

## CONCLUSION

Les organisateurs de la réunion ont demandé aux panélistes de fournir des commentaires généraux ainsi que leurs conclusions après l'exercice de deux jours. Comme mentionné précédemment, ce type d'examen par les pairs est limité par le fait que les analystes n'ont pas vu les bâtiments.

Le sentiment général est que l'approche de la DSP de Montréal suit la plupart des principes de base recommandés par les organisations d'experts existantes, de l'investigation du bâtiment jusqu'aux évaluations de la santé et aux recommandations visant à protéger la santé publique. Il y a eu beaucoup de discussions concernant le recours à l'échantillonnage de l'air (voir ci-dessous). Une personne a commenté le fait qu'il y a des similitudes entre cette approche et celle du NIOSH dans ses investigations sur le terrain.

Il y a eu peu de recommandations générales. Quelqu'un a suggéré que les maladies liées aux dégâts d'eau et aux moisissures soient à déclaration obligatoire auprès des autorités de santé publique et que les interventions qui suivent soient évaluées. Une autre personne a suggéré de former un groupe d'examen par les pairs afin de discuter des problèmes en cours avec des experts canadiens.

Les points généraux suivants ont également été soulevés :

- Il est important de s'occuper des problèmes d'humidité; agir tôt permet de prévenir les problèmes de santé.
- Les dommages structuraux sont coûteux, mais le coût humain lié à la qualité de l'air à l'intérieur est probablement plus élevé. Les avantages nets de la résolution des problèmes d'humidité sont la durabilité accrue du bâtiment, l'augmentation de la productivité et la prévention des maladies ainsi que la diminution des coûts de santé.
- S'il y a un problème, il faut le résoudre. N'abordez pas le problème en disant : « La contamination ne peut pas être éliminée », mais plutôt : « Il faut éliminer la contamination. Si c'est impossible, essayez d'autres méthodes. »
- Il faut se fier à l'évaluation du bâtiment ainsi qu'aux preuves d'humidité et de contamination microbienne, et non à l'échantillonnage de l'air à moins d'avoir de bonnes raisons de le faire et de savoir interpréter les résultats. On ne devrait pas procéder à un échantillonnage de l'air pour évaluer la remédiation.
- La communication est importante, à la fois entre les experts et les autorités et avec les occupants des immeubles. La résolution de problèmes nécessite de la collaboration et des négociations.
- Vérifiez les connaissances du consultant; s'il ne veut pas en parler, changez de consultant. Le contrôle de la qualité du travail effectué par un consultant est un aspect important; une liste de vérification peut être utile.



## DÉCLARATIONS CONSENSUELLES VISANT À ORIENTER LES ACTIONS FUTURES DANS LE DOMAINE

En nous basant sur les cas présentés, les discussions ayant eu lieu au cours de cette réunion et la littérature scientifique, nous avons résumé une série d'énoncés en collaboration avec les panellistes présents pendant la réunion de deux jours. Ces énoncés représentent le consensus scientifique atteint par les experts et qui pourrait être utilisé pour orienter les actions futures dans le domaine. Leur application améliorerait grandement la façon dont ces problèmes sont gérés, faciliterait le processus d'investigation et permettrait une remédiation adéquate et sans délai, ce qui contribuerait à réduire l'ampleur de cet important problème de santé publique.

### Aspects relatifs à la santé

1. Il est important d'apprécier pleinement l'ensemble des répercussions des dégâts d'eau, de l'humidité et des moisissures dans les bâtiments, en ce qui a trait à la santé publique et au développement durable, afin d'évaluer le problème globalement, d'allouer les ressources adéquates pour le résoudre et d'utiliser divers résultats pour évaluer la réussite de la remédiation.
2. Les répercussions sur la santé publique des dégâts d'eau dans les bâtiments publics et privés sont importantes et de nombreux pays en Amérique du Nord et à l'étranger considèrent qu'il s'agit d'une priorité. Ces répercussions incluent une longue liste de maladies affectant particulièrement les voies respiratoires supérieures et inférieures et d'autres systèmes. Parmi les autres effets, il peut y avoir une diminution du rendement chez le personnel, des difficultés d'apprentissage pour les étudiants et des effets directs et indirects sur la santé mentale, lesquels affectent un pourcentage significatif d'enfants, d'adultes, d'étudiants et d'employés dans la population.
3. Les infiltrations d'eau et l'humidité chroniques entraînent presque inévitablement une prolifération de moisissures et d'autres micro-organismes, y compris les bactéries et les acariens. Elles favorisent également la prolifération d'insectes comme les blattes et celle des rongeurs. Tout cela peut contribuer à altérer la qualité de l'air intérieur et engendrer des effets sur la santé.
4. Divers mécanismes produisent ces effets. Comme l'ont souligné Mendell et collaborateurs : *« La grande variété des effets sur la santé ne s'explique pas par un seul mécanisme... Les preuves épidémiologiques suggèrent que des mécanismes allergiques et non allergiques sont impliqués, puisqu'autant les personnes atopiques que non atopiques sont susceptibles d'être affectées par les infiltrations d'eau et les moisissures... Les réactions inflammatoires documentées dans de nombreuses expositions microbiologiques incluent la libération d'histamine par des mécanismes non médiés par l'IgE, ce qui procure un mécanisme plausible pour expliquer la survenue de symptômes de type allergique chez les personnes non sensibilisées. »* Par conséquent, on ne devrait pas conclure que les patients ne sont pas

affectés par les moisissures ou ne sont pas allergiques à celles-ci si les tests cutanés d'allergies sont négatifs ou si le dosage sérique d'immunoglobulines E pour les moisissures est négatif.

5. L'investigation clinique des cas index (premiers cas signalés dans un bâtiment) fournit des informations très utiles pour soupçonner la présence de problèmes de santé liés aux dégâts d'eau dans un bâtiment. On peut aussi faire une enquête pour investiguer la prévalence de problèmes de santé chez tous les occupants d'un bâtiment ayant subi un dégât d'eau. L'objectif de cette enquête pourrait être de déterminer l'étendue du problème ou la nécessité de prendre davantage de mesures de protection. Un questionnaire validé est un moyen valide pour obtenir ces informations, lesquelles peuvent être comparées à une population de référence pertinente lorsque c'est faisable. L'utilisation à la fois de données cliniques et épidémiologiques fournit un moyen utile pour investiguer le problème de QAI dans un milieu, surveiller la situation et contribuer à l'évaluation du succès de la remédiation.
6. Les moisissures et les bactéries liées à l'humidité dans les bâtiments produisent une grande variété de biocontaminants (fragments fongiques, ergostérols, glucanes, enzymes, autres protéines, toxines fongiques et bactériennes, composés organiques volatils, etc.). Ceux-ci se retrouvent principalement dans les particules fines libres dans la poussière et dans l'air plutôt que dans les spores. Tous ces contaminants peuvent contribuer au problème et interagir de manière complexe pour entraîner des effets sur la santé. Comme les particules sont très fines (moins de 1 µm), elles peuvent se propager à travers de petites ouvertures dans le bâtiment (fissures, prises électriques, joints, etc.), être inhalées et pénétrer profondément dans les poumons où elles peuvent être absorbées dans le sang. Il est important de souligner que ces biocontaminants ne sont pas directement mesurés par les tests habituels effectués sur le terrain et que la numération des spores ne permet pas de les refléter adéquatement.
7. Les moisissures cachées (ou celles qui ne sont pas visibles depuis l'intérieur de la pièce sans ouvrir les murs ou le plafond...) sont importantes en ce qui a trait à la santé. Les études montrent indubitablement un lien entre les structures humides, les moisissures cachées et la santé. Comme expliqué précédemment, les particules fines libérées par les moisissures et les bactéries peuvent se propager par de petites ouvertures dans les murs, les plafonds et les planchers, puis être inhalées par les occupants. La présence de dégâts d'eau et d'humidité est la variable la plus constante et la plus prédictive d'effets sur la santé dans les études épidémiologiques qui ont été publiées.
8. La prolifération de moisissures antérieure et actuelle est importante pour la santé. Certains biocontaminants émis sont très persistants et difficiles à inactiver, et ils peuvent continuer à causer des effets sur la santé après que l'infiltration d'eau ait cessé. De plus, les moisissures peuvent croître de nouveau dans des conditions favorables.

## Évaluation de l'immeuble et des risques

9. L'histoire du bâtiment en matière de dégâts d'eau, l'inspection de l'extérieur et de l'intérieur du bâtiment, la mesure de l'humidité dans l'air et dans les matériaux à l'aide des techniques et de l'équipement adéquats (ex. un humidimètre et une caméra thermique à infrarouge), les résultats des inspections intrusives et les données sur la santé (données cliniques et enquêtes épidémiologiques) sont tous des aspects importants et sont considérés comme les éléments les plus pertinents pour évaluer le problème dans un bâtiment ayant subi un dégât d'eau.
10. Lorsqu'il y a eu dégât d'eau, particulièrement si l'infiltration d'eau ou l'humidité sont persistantes (résultat d'incident non réparé ou d'infiltrations d'eau chroniques), et évidemment lorsque des moisissures sont visibles ou mises à jour lors d'inspections intrusives, il faut prendre des mesures immédiates sans effectuer d'autres tests, afin de trouver la cause de l'infiltration d'eau ou de l'humidité et procéder à la remédiation. Lorsqu'on découvre les conditions décrites ci-dessus, il n'est pas nécessaire de procéder à un échantillonnage de l'air dans la vaste majorité des cas, parce que les risques pour la santé des dégâts d'eau et des moisissures cachées ou visibles sont bien établis, et parce que l'échantillonnage comporte de nombreuses limites, en plus de produire des résultats divergents. La poursuite des analyses de l'air ne ferait que retarder les travaux à effectuer, prolongerait les effets sur la santé chez les occupants et constituerait un gaspillage financier. Les inspections intrusives devraient être effectuées plus régulièrement au besoin dans le but de confirmer le problème et d'en découvrir la source. Les analyses de l'air devraient passer en dernier, si indiqué, plutôt que l'inverse, comme c'est souvent le cas. Une analyse de l'air négative n'exclut pas la présence d'un problème de moisissures, particulièrement en présence d'autres résultats positifs comme indiqué ci-dessus. L'évaluation des risques pour la santé dans un bâtiment ayant subi des dégâts d'eau ne devrait pas se baser uniquement sur les résultats d'une analyse de l'air.

Rappelons ici certaines des limites de l'échantillonnage de l'air :

- a. Comme mentionné plus haut, bon nombre de particules fines qui sont les plus pertinentes du point de vue de la santé ne sont pas directement mesurées par les tests usuels et ne sont pas bien reflétées par la numération des spores. L'analyse des spores devrait plutôt être considérée comme une mesure indirecte des moisissures et des autres biocontaminants associés.
- b. Normalement, l'air est prélevé pendant quelques minutes par jour alors que les types et les concentrations de moisissures dans l'air varient considérablement au cours d'une journée ou d'une semaine. En conséquence, les résultats de l'air prélevé peuvent ne pas représenter adéquatement la variété et les concentrations des moisissures présentes pendant toute la période d'exposition.
- c. Divers facteurs peuvent affecter la sensibilité de l'échantillonnage de l'air (capacité à détecter un problème de moisissures), par exemple, l'échantillonnage qui peut avoir été

effectué après des jours d'inoccupation (les spores dans la poussière déposée ne se refléteront pas dans l'échantillon d'air), ou après avoir aspiré la poussière avec un filtre HEPA, après avoir ouvert les fenêtres (diluant ainsi les concentrations de contaminants), ou après avoir appliqué des biocides, le tout pouvant entraîner des résultats faussement négatifs. L'échantillon extérieur peut avoir subi une contamination croisée, entraînant une fausse comparaison. Le volume d'air prélevé peut être trop faible, ce qui réduit la probabilité de détecter une grande variété de moisissures et entraîne une sous-estimation des concentrations réelles (sensibilité inférieure), particulièrement si la concentration des moisissures dans l'air est faible, par exemple après la remédiation, ou si les fenêtres ont été ouvertes. Si les analyses ne sont pas effectuées à l'échelle des espèces, les profils de moisissures intérieures et extérieures peuvent sembler similaires alors qu'en réalité, il peut exister d'importantes différences entre les espèces indiquant une amplification fongique intérieure. Il faut souligner que les analyses à l'échelle des espèces sont accomplies par un mycologue compétent, à l'aide d'une technique d'échantillonnage comme l'impaction directe sur un milieu de culture. Les échantillons d'air prélevés avec une trappe à spores ne peuvent pas être analysés à l'échelle de l'espèce avec exactitude.

- d. L'interprétation des résultats pose aussi problème : si l'on ne tient pas compte des critères recommandés par les groupes d'experts (par exemple, si l'on compare avec un seuil qui n'a pas encore été établi) et si l'on ignore les autres éléments essentiels de l'investigation (histoire du bâtiment, inspection visuelle, mesures de l'humidité, inspection intrusive et données sur la santé), on risque de conclure à tort à l'absence de problème de moisissures.

S'il l'on doit procéder à un échantillonnage de l'air, la rigueur est de mise en ce qui a trait aux méthodes, à l'analyse et à l'interprétation. Avant de prélever des échantillons, il faut aussi évaluer si les résultats aideront à prendre une décision. Dans l'interprétation des résultats des échantillons d'air, c'est le profil des espèces qui compte, plutôt que la numération des moisissures. La présence de nombreuses espèces de moisissures dans l'air intérieur qui sont absentes à l'extérieur, ou la présence d'espèces indicatrices (soit des espèces connues comme étant associées aux dégâts d'eau, à l'humidité ou aux effets sur la santé) indique qu'il y a un phénomène d'amplification fongique à l'intérieur. Il n'y a pas de valeur de seuil établie pour les moisissures et il n'y en aura probablement jamais parce que sur le plan scientifique, il est très difficile de tenir compte de l'interaction entre les très nombreux biocontaminants produits par l'humidité et leurs effets sur la santé.

## **Remédiation**

11. L'objectif de la remédiation est d'éliminer toute contamination de moisissures, y compris la prolifération cachée, passée ou actuelle. La source d'infiltration d'eau ou d'humidité doit être corrigée pour prévenir la prolifération continue ou la repopulation. Les méthodes de remédiation varient selon le type de matériaux et l'étendue de la contamination. Les poutres en bois (construction en blocs de bois), la maçonnerie et les blocs de béton (avec

des cellules vides) doivent être traités au cas par cas; dans certains cas, la prolifération en surface est facile à éliminer; dans les cas évidents de contamination bien visible, ou de dégâts d'eau ou de contamination dans l'ensemble du matériau, il peut être nécessaire de retirer les composants en entier. L'encapsulation d'un composant par enrobage est une solution acceptable uniquement après un nettoyage minutieux de la surface. L'enrobage peut être utile ou efficace uniquement pour les surfaces de taille limitée comme une poutre porteuse. Comme mentionné dans la norme S520 de l'IICRC : « Les techniques de jet abrasif devraient être limitées aux situations où l'aérosolisation n'est pas un facteur critique (par exemple, à l'extérieur), ou lorsqu'elles peuvent être adéquatement maîtrisées (par exemple, chambres de nettoyage à flux laminaire et à haut volume). » L'utilisation de biocides n'est pas recommandée : ce n'est pas une méthode de décontamination établie et elle peut déclencher la production de mycotoxines (Audenaert, 2011; Peitzsch, 2012) et entraîner des effets directs et indirects sur la santé. Le nettoyage est aussi un facteur clé puisque les travaux de remédiation créent de nombreuses particules et poussières qui peuvent affecter la santé; il est donc important de confiner et d'éliminer la poussière.

12. La question ne devrait pas être « Quel moyen peut-on trouver qui ne nécessite pas d'éliminer la contamination (ex. l'encapsulation) », mais plutôt « Quelle est la meilleure façon de l'éliminer (la plus durable) ». Si pour des raisons importantes, il est impossible de retirer tous les matériaux contaminés, il faut trouver la meilleure façon de maîtriser la libération de contaminants et surveiller la situation afin de trouver une meilleure solution au besoin.
13. Le succès de la remédiation est principalement évalué en examinant le processus de remédiation lui-même, ce qui signifie qu'il faut être capable de vérifier si les méthodes de remédiation recommandées ont été respectées, dépendamment de l'étendue de la contamination et du type de matériau touché. Dans certaines circonstances, comme dans un hôpital ou dans un système de ventilation, les prélèvements de surface et l'échantillonnage de l'air peuvent être un complément utile pour évaluer la remédiation avant que les occupants ne retournent dans le bâtiment, pourvu que la validité de l'échantillonnage soit maximisée en fonction des facteurs mentionnés plus haut. Un résultat positif indique que la contamination persiste; cependant, un résultat de l'échantillonnage de l'air et du prélèvement en surface négatif ne devrait pas être considéré comme étant plus déterminant que toutes les autres informations. Il est encore plus important de s'assurer que toutes les poussières et tous les débris associés à la remédiation ont été éliminés par aspiration avec un filtre HEPA. La santé des occupants est un élément très important à considérer après leur retour dans le bâtiment; elle peut être évaluée en employant la même méthode que celle utilisée pour documenter le problème, en se basant sur toute l'information épidémiologique et clinique accessible. La présence d'un groupe de personnes qui réagissent constitue une indication solide de la persistance de la contamination. Bien qu'une personne sensibilisée puisse réagir à un faible niveau de contamination, cette réaction indique tout de même que la contamination persiste quelque part dans le bâtiment. Lorsqu'on soupçonne une contamination persistante, il faut réévaluer la situation pour découvrir la cause, qui peut être liée par exemple à une aspiration insuffisante des

poussières accumulées, à une contamination persistante dans le système de ventilation ou à un autre foyer de contamination cachée.

## **Prévention**

14. Les bâtiments devraient être bien entretenus pour prévenir l'infiltration d'eau. Ils devraient aussi être conçus et construits de façon à minimiser les infiltrations d'eau et l'excès d'humidité. Il faut porter une attention particulière aux toits plats et aux autres sources fréquentes d'infiltration d'eau, ce qui comprend l'inspection et l'entretien réguliers (annuels), le recours à des techniques d'investigation particulières lorsque nécessaire et à des réparations promptes. Enfin, il est important de procéder à un nettoyage régulier et de prévenir l'accumulation de poussière afin de prévenir les effets sur la santé chez les occupants du bâtiment.

## ANNEXE

### Description des cas

Quatre cas réels d'investigation et d'intervention, dans deux écoles et deux bâtiments résidentiels, ont été choisis pour évaluer les méthodes utilisées et les recommandations de la Direction de santé publique de Montréal concernant les impacts sur la santé des dégâts d'eau chroniques dans les bâtiments. Toutes ces constructions ont subi des dégâts d'eau et des contaminations par les moisissures et ont fait l'objet d'un suivi, tant du point de vue du bâtiment que de la santé, pendant une période allant de deux à quatorze ans.

Les caractéristiques générales de ces bâtiments sont décrites dans le tableau 1. Chaque cas est détaillé dans un résumé chronologique présenté dans un tableau (tableaux 2 à 5).

**Tableau 1. Information générale sur les quatre cas**

Cas	Année de construction	Description générale	Principaux matériaux de construction	Type de toit	Type de chauffage	Nombre d'occupants ou d'appartements	Cause de l'intervention
École A	1911	Bâtiment de deux étages avec sous-sol	Fondation en moellon, murs extérieurs composés de trois assises de briques, de bois et murs intérieurs en plâtre	Toit plat, présence d'un grenier	Chauffage radiant à eau chaude	240 étudiants, 40 employés	Plaintes concernant la santé
École B	1953	Bâtiment de deux étages avec vide sanitaire	Murs extérieurs en brique, paroi intérieure en blocs de béton, montants en bois, isolant et finition du mur intérieur en bois	Toit plat	Chauffage radiant à eau chaude	558 étudiants, 105 employés	Risque pour la sécurité (maçonnerie détériorée)
Bâtiment résidentiel C	1930	Bâtiment de trois étages avec sous-sol	Murs extérieurs en brique, poutres de bois à l'intérieur des murs et murs intérieurs en bois et en plâtre	Toit plat	Plinthes électriques	12 appartements	Signalement par l'inspecteur municipal (plaintes concernant la santé)
Bâtiment résidentiel D	1958	Bâtiment de trois étages avec sous-sol	Murs extérieurs en brique, poutres de bois à l'intérieur et murs intérieurs en plâtre et en gypse	Toit plat	Chauffage radiant à eau chaude	29 appartements	Signalement par l'inspecteur municipal (plaintes concernant la santé)



**Tableau 2. École A, résumé chronologique**

Date	Organisation	Méthodes	Observations ou résultats	Recommandations	Actions ou remédiation
Printemps 1999			Infiltration d'eau du toit jusqu'au sous-sol, principalement par l'escalier ouest, causant une inondation majeure		
1999, 2000	Entrepreneur				Réparation du toit
Hiver 1999-2000	École, commission scolaire		Plaintes concernant la santé déposées par le personnel	Évaluation de la qualité de l'air intérieur	
Avril 2000	Consultant 1	Échantillonnage de l'air (impacteur Andersen, 85 L, milieux de culture TSA et MEA, 1 échantillon d'air extérieur, 5 échantillons d'air intérieur)	Décompte total plus élevé dans l'escalier ouest et dans une pièce adjacente, en comparaison avec l'échantillon d'air extérieur	Évaluation plus poussée pour localiser les sources de moisissures; nettoyage de la zone contaminée avec un détergent non toxique	
Août 2000	Entrepreneur				Nettoyage des surfaces dans la zone contaminée (principalement l'escalier ouest)
de 2000 à 2007	École	Plaintes écrites, observations	De nombreux employés déclarent des symptômes. Infiltrations d'eau en provenance du toit, de la plomberie, du système de chauffage, des fenêtres...		Réparations selon le problème signalé (pas de rapport détaillé disponible)
Été 2007	Consultant 2	Inspection visuelle et détecteur de moiteur; échantillonnage de l'air (SAS Super 180; culture; 200 L; 1 échantillon prélevé à l'extérieur, 5 à l'intérieur, analyse jusqu'à l'échelle des genres, école inoccupée)	Inspection : matériaux secs, odeur de moisi et signes mineurs de dégâts d'eau près de l'escalier ouest Air extérieur : <i>Cladosporium</i> sp. (500 UFC/m <sup>3</sup> ) Air intérieur : <i>Aspergillus</i> sp., <i>Penicilium</i> sp., <i>Trichoderma</i> sp., <i>Cladosporium</i> sp. (la numération totale atteint 340 UFC/m <sup>3</sup> )	Évaluation plus poussée pour localiser les sources de moisissures; décontamination des structures touchées	

Date	Organisation	Méthodes	Observations ou résultats	Recommandations	Actions ou remédiation
Automne 2007	Médecin	Évaluation clinique	Cas sentinelle : un professeur qui travaille près de l'escalier ouest (salle 142) a été hospitalisé 3 fois en moins d'un an pour des pneumonies		Son cas a été signalé à la Direction de santé publique. L'enseignant a été transféré à une autre école (sa santé s'est progressivement améliorée par la suite)
Décembre 2007	Commission scolaire	Inspection intrusive	Des ouvertures multiples dans les murs de l'escalier ouest ont confirmé la contamination généralisée par les moisissures dans cette zone		
Janvier 2008	Direction de santé publique	Visite (décembre) et 1 <sup>re</sup> enquête sur la santé des employés avec un questionnaire détaillé	Inspection : signes de dégâts d'eau dans la classe du cas sentinelle (salle 142), et dans d'autres salles; Enquête sur la santé : taux de réponse de 100 % (N=41) Résultats : 51 % possiblement affectés par la QAI; les employés travaillant près de l'escalier ouest sont presque tous touchés. Comparé au groupe témoin, le nombre de symptômes liés à plusieurs systèmes est significativement supérieur	Évaluation plus poussée de l'étendue de la contamination et décontamination	
Janvier 2008	Consultant 3	Inspection visuelle et détecteur de moiteur; échantillonnage en vrac; échantillonnage de l'air (impacteur Andersen, milieu de culture MEA, 1 échantillon d'air extérieur, 13 échantillons d'air intérieur, duplication de tous les échantillons, analyse à l'échelle de l'espèce)	Inspection : aucune moisissure visible ni d'odeur, matériaux secs, ouvertures laissées à la suite du retrait antérieur de matériaux contaminés Échantillons en vrac : contamination fongique faible ou inexistante Air extérieur : <i>Penicillium</i> sp. Basidiomycètes, <i>Exophisia</i> sp., <i>Mycelia sterilia</i> Air intérieur : généralement « faible concentration » d'espèces non détectées à l'extérieur comme <i>Acremonium</i> sp., <i>Aspergillus</i> sp., <i>A. ustus</i> , <i>A. versicolor</i> , <i>Cladosporium</i> sp., <i>Phialophora</i> sp., <i>Phoma</i> sp. Salle 225 : <i>Aspergillus sydowii</i> (55 UFC/m <sup>3</sup> ) Conclusion du consultant : « pas de contamination significative de l'air excepté dans la salle 225. »	Évaluation plus poussée pour localiser les sources de moisissures dans la salle 225	

Date	Organisation	Méthodes	Observations ou résultats	Recommandations	Actions ou remédiation
Printemps 2008	Consultant 4	Inspection visuelle et intrusive avec détecteur de moiteur; Échantillons en vrac et prélèvements avec du ruban adhésif (59 échantillons)	Inspection : signes de dégâts d'eau sur divers composants et moisissures visibles lors de l'inspection intrusive. Spores ou croissance fongique : <i>Stachybotrys</i> sp., <i>Chaetomium</i> sp., <i>Ulocladium</i> sp., <i>Aspergillus</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., <i>Memnoniella</i> sp., <i>Acremonium</i> sp., <i>Ophiostoma</i> sp., <i>Cladosporium</i> sp., <i>Oedocephalum</i> sp.	Retrait et remplacement des matériaux contaminés; nettoyage des matériaux et des biens	
Été et automne 2008	Entrepreneur				Réparation du toit; décontamination du grenier par nettoyage cryogénique; décontamination des murs de l'escalier et de certaines salles au sous-sol
Juillet 2008	Consultant 4	Échantillonnage de l'air tout de suite après les travaux de remédiation pendant 3 jours (150 L, analyse à l'échelle des genres) : 7, 8 et 16 juillet	7 juillet : concentration intérieure d' <i>Aspergillus/Penicillium</i> supérieure à celle observée à l'extérieur; présence de <i>Chaetomium</i> et <i>Stachybotrys</i> qui sont absents de l'air extérieur 8 juillet : concentrations intérieures d' <i>Aspergillus/Penicillium</i> supérieures à celles observées à l'extérieur 16 juillet : présence de <i>Chaetomium</i> , <i>Stachybotrys</i> , <i>Memnoniella</i> et de <i>Scopulariopsis</i> qui sont absents à l'extérieur; concentrations intérieures d' <i>Aspergillus/Penicillium</i> et d'autres spores non identifiées supérieures à celles observées à l'extérieur	Pas de rapport, uniquement des données de laboratoire.	
Mars 2009	Direction de santé publique	2 <sup>e</sup> enquête sur la santé des employés avec le même questionnaire détaillé	43 % du personnel a été renouvelé depuis la première enquête. Taux de réponse : 100 % (N=44) Résultats : 18 % (8 employés/44) sont affectés par la QAI		

Date	Organisation	Méthodes	Observations ou résultats	Recommandations	Actions ou remédiation
Mars 2009	Consultant 4	Échantillonnage de l'air après les travaux de remédiation (impacteur N-6, 141,5 L, culture MEA, 2 échantillons d'air extérieur, 10 échantillons d'air intérieur, analyse à l'échelle de l'espèce)	Air extérieur : <i>Cladosporium herbarum</i> , <i>Penicillium</i> sp. Air intérieur : faible concentration (<40 UFC/m <sup>3</sup> ) de moisissures non détectées à l'extérieur comme l' <i>Alternaria alternata</i> , l' <i>Aphanocladium</i> sp., l' <i>Aspergillus ustus</i> , le <i>Penicillium brevicompactum</i> , les levures. Conclusion du consultant : « L'air intérieur est similaire à l'air extérieur sur les plans quantitatifs et qualitatifs. »		
Automne 2009	Direction de santé publique	Rapport sur l'évaluation clinique des cas et enquête sur la santé avec un questionnaire détaillé	Dégradation de l'état de santé des 8 employés identifiés en mars 2009, à la suite de leur retour au travail après les vacances d'été		
Novembre 2010	Direction de santé publique	Rapport sur l'évaluation clinique	Une jeune enseignante en bonne santé récemment embauchée est tombée malade après avoir travaillé quelques semaines dans la salle 142 qui avait été fermée pendant plus de deux ans.		Le médecin de l'enseignante a ordonné un congé de maladie et celle-ci a été transférée dans une autre école. La salle de classe 142 a été fermée.
Novembre 2010	Consultant 5	Inspection visuelle : échantillonnage de l'air (impacteur Andersen, 280L, milieu de culture MEA, 2 échantillons d'air extérieur, 21 échantillons d'air intérieur, analyse à l'échelle de l'espèce, école inoccupée)	Inspection : aucun signe de dégâts d'eau, pas de moisissures visibles, pas d'odeur Échantillons intérieurs : faible concentration (<40 UFC/m <sup>3</sup> ) de moisissures non détectées à l'extérieur comme <i>Aspergillus niger</i> , <i>Penicillium chrysogenum</i> , <i>Rhizopus stolonifer</i> . Gymnase : <i>Aspergillus ochraceus</i> (84 UFC/m <sup>3</sup> ), <i>Aspergillus sydowii</i> (14 UFC/m <sup>3</sup> ), et <i>Eurotium herbarum</i> (4 UFC/m <sup>3</sup> ). Salle 202 : concentration de <i>Geotrichum candidum</i> plus élevée qu'à l'extérieur Conclusion du consultant : « Pas de contamination significative de l'air, sauf dans le gymnase et dans la salle de classe 202. »	Évaluation plus poussée pour localiser les sources de moisissures dans le gymnase et dans la salle de classe 202	

Date	Organisation	Méthodes	Observations ou résultats	Recommandations	Actions ou remédiation
Printemps 2011	Direction de santé publique	3e enquête sur la santé des employés; enquête sur la santé des élèves identifiés par l'infirmière de l'école, sur la base des congés de maladie (interview des parents)	Nombreuses plaintes et roulement de personnel élevé. Résultats : 24 employés interrogés, dont 88 % probablement affectés par la QAI. Étudiants : 7/8 probablement affectés par la QAI		
Mai à juin 2011	Consultant 6	Inspection visuelle et intrusive avec détecteur de moiteur; Échantillons en vrac et prélèvements avec du ruban adhésif (47 échantillons au total)	Inspection : matériaux secs, nombreuses traces de dégâts d'eau provenant de diverses sources, efflorescence sur les murs de briques Spores ou croissance fongique d' <i>Aspergillus</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., <i>Ulocladium</i> sp., et <i>Acremonium</i> sp. Conclusion du consultant : contamination généralisée de la structure du bâtiment, y compris le grenier, les matériaux isolants dans le plancher de bois et derrière les panneaux de gypse dans les murs et les plafonds de nombreuses salles	Réparation de toutes les sources d'infiltration d'eau; retrait et remplacement des matériaux contaminés; nettoyage des matériaux et des biens et du système de ventilation	
Été 2011	Direction de santé publique	Évaluation des risques et avis de santé publique		Transfert de tous les occupants, basé sur les résultats de l'évaluation du consultant 6 et de l'enquête sur la santé des occupants au printemps 2011	Transfert dans une autre école; début des travaux majeurs
Été 2012	Consultant 6	Inspections intrusives de l'intérieur et de l'extérieur (73 ouvertures), inspection visuelle, détecteur de moiteur et échantillons en vrac et de surface (plus de 150 échantillons)	Inspection : humidité excessive sur tous les murs périphériques sur les trois assises de briques, surtout sous les fenêtres, mortier noirci qui s'effrite, joints manquants, efflorescence sur chaque assise de brique, odeur de moisi du moellon et humidité élevée au sous-sol Échantillonnage : croissance fongique active sur les trois assises de briques Conclusion du consultant : prolifération active de moisissures dans la maçonnerie sur les quatre faces du bâtiment causant une contamination potentielle de l'air intérieur; humidité élevée de la structure du bâtiment	Réparation de toutes les sources d'infiltration d'eau, isolation des murs de briques de l'air intérieur et installation d'un système de ventilation pour assurer une bonne qualité d'air à l'intérieur	La Commission scolaire a décidé de conserver la structure de l'école, de réparer les sections des murs où les briques sont friables, de maîtriser les moisissures par l'encapsulation des murs de brique, puis de rebâtir la structure intérieure

Date	Organisation	Méthodes	Observations ou résultats	Recommandations	Actions ou remédiation
Été 2012	Entrepreneur et consultant 6	Décontamination du sous-sol	Persistance d'odeur de moisi deux semaines après la décontamination de la fondation en moellon au sous-sol		1 <sup>er</sup> décontamination de la fondation en moellon par aspiration de la poussière avec un aspirateur HEPA et 2 <sup>e</sup> décontamination avec un fongicide et une aspiration avec un aspirateur HEPA
Mars 2013	Consultant 7	Inspection visuelle : échantillonnage de l'air (échantillonneur d'air RCS plus, 100 L, 4 échantillons prélevés à l'extérieur, 11 à l'intérieur, analyse à l'échelle des genres)	Inspection : pas de signe de dégât d'eau Air extérieur : <i>Penicillium</i> sp., <i>Geotrichum</i> sp., <i>Aspergillus</i> sp., levures (10 à 80 UFC/m3) Intérieur : faible concentration (10 à 60 UFC/m3) de moisissures non détectées à l'extérieur comme <i>Alternaria</i> sp., <i>Cladosporium</i> sp., et <i>Engyodontium</i> sp. Conclusion du consultant : conditions normales et faibles taux de contamination fongique.		
Avril 2013	Direction de santé publique	Avis de santé publique		En se basant sur les résultats de toutes les investigations du bâtiment et des enquêtes sur la santé ainsi que sur les méthodes de décontamination recommandées, il n'est pas recommandé d'utiliser l'encapsulation pour maîtriser l'exposition aux contaminants fongiques dans cette école	

Date	Organisation	Méthodes	Observations ou résultats	Recommandations	Actions ou remédiation
Automne 2013	Commission scolaire				Décision de rebâtir l'école étant donné l'étendue des dommages et de la contamination, les coûts de remédiation et l'impossibilité de garantir les résultats du processus de remédiation

**Tableau 3. École B, résumé chronologique**

Date	Organisation	Méthodes	Observations ou résultats	Recommandations	Actions ou remédiation
Juin 2010	Consultant 1	Inspection visuelle	Débris se détachant de la maçonnerie. Détérioration avancée du béton préfabriqué sous les fenêtres (appui de fenêtre, linteaux, pieds) qui représente un danger immédiat pour la sécurité et peut entraîner des infiltrations d'eau	Remplacement des éléments posant un risque immédiat pour la sécurité; remise en état des autres éléments et des murs de briques dans l'avenir	
2011	Entrepreneur				Réparation des éléments de béton préfabriqué les plus problématiques
2011	École	Plaintes écrites	De nombreux employés déclarent des symptômes ou des maladies possiblement liées à la QAI de l'école		
Février 2012	Commission scolaire	Début du programme de QAI	L'école a fait l'objet d'un signalement en raison de plaintes concernant la santé et le transfert d'employés		Cas mis en priorité et signalé à l'attention de la Direction de santé publique
Février 2012	Commission scolaire	Bref questionnaire distribué aux employés	24/40 répondants déclarent des symptômes liés à la QAI		

Date	Organisation	Méthodes	Observations ou résultats	Recommandations	Actions ou remédiation
Février 2012	Consultant 2	Échantillonnage de l'air (impacteur Andersen, milieu de culture MEA, 29 échantillons d'air intérieur, analyse à l'échelle de l'espèce)	Pas d'échantillon d'air extérieur, température inférieure à 0°C Vide sanitaire : faible contamination (<40 UFC/m <sup>3</sup> ) par <i>Aspergillus</i> sp., <i>Penicilium</i> sp., <i>Beauveria</i> sp., et <i>Cladosporium</i> sp. Intérieur : faible concentration (<40 UFC/m <sup>3</sup> ) d' <i>Aspergillus</i> sp., <i>Penicilium</i> sp., <i>Cladosporium</i> sp., <i>Eurotium herbarum</i> , <i>Mucor racemosus</i> , levures, sauf concentration élevée d' <i>Aspergillus sydowii</i> (545 UFC/m <sup>3</sup> ) dans la salle 130	Évaluation plus poussée pour localiser les sources de moisissures dans la salle 130	
Mars 2012	Direction de santé publique	Inspection visuelle, caméra thermique à infrarouge et détecteur de moiteur	Extérieur : de nombreux défauts affectent l'intégrité du bâtiment (efflorescence sous presque toutes les fenêtres, détérioration importante des rebords de fenêtre, du mortier et des briques à de nombreux endroits, fissures), le toit n'est pas recouvert de gravier en certains endroits et comporte plusieurs flaques d'eau, accumulation importante d'eau près des fondations. Intérieur : signes de dégâts d'eau et d'humidité élevée sur les murs et les planchers de plusieurs salles de classe. Vide sanitaire : inondé dans de nombreux secteurs, efflorescence et moisissures visibles. Conclusion de la DSP : « Nous soupçonnons des infiltrations d'eau importantes, provenant probablement du toit et de la fondation, favorisant la prolifération de moisissures dans tout le bâtiment. »	Réparation du toit; inspections intrusives dans les murs; assèchement et ventilation du vide sanitaire	
Printemps 2012	Entrepreneur				Vide sanitaire : drainage et instauration d'une pression négative avec un système de ventilation

Date	Organisation	Méthodes	Observations ou résultats	Recommandations	Actions ou remédiation
Printemps 2012	Direction de santé publique	1 <sup>re</sup> enquête sur la santé des employés, avec un questionnaire détaillé	Résultats : 66 % des enseignants (22/28) probablement affectés par la QAI (82 % possiblement ou probablement affectés)		
Mai 2012	Consultant 2	Inspection intrusive dans la salle 130 (6 ouvertures dans le mur extérieur, détecteur d'humidité), échantillons en vrac et de surface par écouvillon (examen microscopique direct, milieux de culture MEA et DG18, 35 échantillons)	Inspections intrusives : détection de taches d'eau et d'humidité sur les structures internes. Échantillons : contamination des divers composants des murs (MDF, contreplaqué, laine d'isolation, coupe-vapeur, montant en bois, blocs de béton) par des spores ou par une croissance fongique ( <i>Aspergillus</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., <i>Chaetomium</i> sp., <i>Stachybotrys</i> sp., <i>Cladosporium</i> sp., <i>Rhizopus</i> sp., <i>Geotrichum</i> sp., <i>Ulocladium</i> sp., <i>Scopulariopsis</i> sp., <i>Fusarium</i> sp., <i>Trichoderma</i> sp., levures) Conclusion du consultant : contamination causée par un excès d'humidité persistant, provenant probablement du toit, des fenêtres et des murs.	Salle 130 : enlèvement de tous les composants contaminés du mur extérieur et du plancher pour atteindre le béton et décontamination par sablage et broissage; nettoyage de toutes les surfaces avec un aspirateur avec filtre HEPA	
Mai à octobre 2012	Entrepreneur				Salle 130 : réparations effectuées selon les recommandations du consultant 2
Automne 2012	Direction de santé publique	2 <sup>e</sup> enquête sur la santé des employés, bref questionnaire élaboré par la Commission scolaire	82 % des employés (32/39) possiblement affectés par la QAI. 13 enseignants qui ont aussi rempli le premier questionnaire étaient similairement affectés. Conclusion de la DSP : « Un pourcentage important d'enseignants éprouve des problèmes de santé liés à la QAI et ce pourcentage n'a pas changé depuis le printemps 2012. Les correctifs apportés au bâtiment à l'été 2012 sont insuffisants. »		

Date	Organisation	Méthodes	Observations ou résultats	Recommandations	Actions ou remédiation
Janvier 2013	Consultant 3	Inspection visuelle, mesure du CO <sub>2</sub> et échantillonnage de l'air effectué lors de deux jours différents (BIOTEST, échantillonneur SCR Plus Air, 100 L, milieu de culture Agar, analyse à l'échelle du genre)	Vide sanitaire : fuites provenant des canaux d'égout Intérieur : signes de dégâts d'eau, odeur d'égout dans de nombreuses salles de bains Concentrations de CO <sub>2</sub> trop élevée pendant que l'école est occupée Échantillonnage de l'air le 3 janvier (19 échantillons) : faible concentration pour 11 échantillons, 8 sans croissance fongique (aucune donnée de laboratoire disponible) Échantillonnage de l'air le 21 janvier (6 échantillons) : 5 sans croissance fongique, 1 avec 20 UFC/m <sup>3</sup> d'isolats non sporulés Conclusion du consultant : « Aucune contamination de l'air »	Correction/réparation de l'infiltration d'eau, des problèmes d'égouts et de circulation de l'air; maîtrise des CO <sub>2</sub> et de la concentration de contaminants biologiques en ouvrant les fenêtres	
Mars 2013	Commission scolaire et entrepreneur				Début des travaux de remédiation prévus bientôt (murs, fenêtres, toit, planchers, etc.)

**Tableau 4. Bâtiment résidentiel C, résumé chronologique**

Date	Organisation	Méthodes	Observations ou résultats	Recommandations	Actions ou remédiation
Octobre 2011	Direction de santé publique	Évaluation de l'appartement 8509 : inspection visuelle, caméra à infrarouges et détecteur de moiteur	Visite à la suite du signalement à la DSP par un inspecteur municipal. Extérieur : nombreux signes de dégâts d'eau (efflorescence, détérioration de plusieurs briques, fissures, moisissures), pente négative. Intérieur : humidité excessive sur plusieurs murs, planchers et plafonds, signes de dégâts d'eau (fissures, peinture écaillée).	Réparation de l'enveloppe extérieure du bâtiment; inspections intrusives; décontamination par une entreprise spécialisée	

Date	Organisation	Méthodes	Observations ou résultats	Recommandations	Actions ou remédiation
Avril 2012	Consultant 1	Appartement 8521 : inspection visuelle, détecteur de moiteur. Échantillonnage de l'air : trappe à spores (Z5, 25 L, 2 échantillons intérieurs, 1 extérieur)	Extérieur : la façade « semble en état » Intérieur : culture illégale de marijuana découverte au sous-sol; pas de moisissures visibles; pas de signe d'infiltration d'eau Échantillons d'air : numération totale plus élevée à l'intérieur qu'à l'extérieur (840 versus 320 spores/m <sup>3</sup> ), concentration intérieure de <i>Penicillium/Aspergillus</i> (520 spores/m <sup>3</sup> ) plus élevée qu'à l'extérieur (240 spores/m <sup>3</sup> ), concentration intérieure de <i>Cladosporium</i> plus de 5 fois > à celle observée à l'extérieur et types de basidiospores absents à l'extérieur. Conclusion du consultant : résultats satisfaisants, pas besoin de remédiation supplémentaire		
Avril 2012	Direction de santé publique	Évaluation de 9/12 appartements (sans le 8509) Inspection visuelle, caméra à infrarouges et détecteur de moiteur	Extérieur : détérioration ou absence de joints de mortier, peinture qui s'écaille sur les fondations Intérieur : humidité excessive sur plusieurs murs, planchers et plafonds, moisissures visibles, odeur de COV, nombreux signes de dégâts d'eau (peinture écaillée, trous, taches)	Réparation du toit; inspections intrusives; décontamination par une entreprise spécialisée	
Juin 2012	Direction de santé publique et CSSS (unité locale de santé publique)	Enquête sur la santé des locataires	Treize des quinze locataires évalués (5/6 appartements évalués) éprouvaient des problèmes de santé probablement causés ou aggravés par la QAI Preuves de la présence de blattes et de souris	Les appartements ne peuvent pas être loués après le départ des locataires. Investigations et remédiation supplémentaires	2 familles ont d'abord été transférées ailleurs pour raisons de santé
Juillet 2012	Consultant 2	Appartements 8505 et 8509 : trappe à spores (Quick Take 15, 75 L, 2 échantillons intérieurs pour chaque appartement, 1 échantillon extérieur)	Appartement 8505 : concentration intérieure de <i>Pencillium/Aspergillus</i> (1170 spores/m <sup>3</sup> ) plus élevée qu'à l'extérieur (427 spores/m <sup>3</sup> ) Appartement 8509 : pithomyces (53 spores/m <sup>3</sup> ), absent dans l'air extérieur. Conclusion du consultant : concentration de <i>Pencillium/Aspergillus</i> plus élevée que le seuil « acceptable » (>750 spores/m <sup>3</sup> ); pas de problème dans l'appartement 8509	Appartement 8505 : retrait des matériaux contaminés; décontamination par un spécialiste Appartement 8509 : pas de contamination fongique; inspection intrusive là où les dégâts d'eau se sont produits	Réparation du toit

Date	Organisation	Méthodes	Observations ou résultats	Recommandations	Actions ou remédiation
Été 2012	Arrondissement, Direction de santé publique, consultant 2 et propriétaire	Table ronde	Rapport sur les travaux effectués et discussions sur ce qu'il reste à faire	Élaboration d'un protocole de décontamination : investigations intrusives majeures en commençant par les appartements 8501 à 8511	
Automne 2012	Consultant 2	8501 : échantillonnage global (examen microscopique direct, milieux de culture DG18 et MEA; échantillon de bois)	Milieu de culture DG18: <i>Penicillium</i> spp. (>31 isolats/plaque), <i>Aspergillus niger</i> et levures (1-10 isolats/plaque) Milieu de culture MEA: <i>Penicillium</i> spp. (11-30 isolats/plaque), <i>Paecilomyces variotti</i> et levures (1-10 isolats/plaque) Conclusion du consultant : « Dans les tests sur les deux milieux de culture, les moisissures de type <i>Penicillium</i> spp. ont été retrouvées en quantité relative élevée ou modérée, ce qui permet de conclure à la présence de moisissures sur l'échantillon prélevé. »	D'autres évaluations sont nécessaires	Début des travaux majeurs de remédiation
Avril 2013	Consultant 2	Échantillonnage de l'air après des travaux de remédiation dans le bâtiment (200 L, milieu de culture MEA, 1 échantillon d'air extérieur, échantillon à l'intérieur dans 6 appartements)	Extérieur : <i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>Scopulariopsis brumptii</i> , <i>Eurotium herbariorum</i> (5 à 10 UFC/m <sup>3</sup> ) Intérieur : <i>Penicillium</i> spp., <i>Cladosporium</i> spp., <i>Aspergillus</i> spp., <i>Stachybotrys</i> spp., <i>Eurotium</i> spp. (5 à 15 UFC/m <sup>3</sup> )		

**Tableau 5. Bâtiment résidentiel D, résumé chronologique**

Date	Organisation	Méthodes	Observations ou résultats	Recommandations	Actions ou remédiation
Octobre 2010	Direction de santé publique	Inspection visuelle, caméra thermique à infrarouge et détecteur de moiteur dans 7 appartements	La visite suit le signalement auprès de la Direction de santé publique par un médecin. Extérieur : nombreux signes de dégâts d'eau (efflorescence, détérioration de joints de mortier et des fondations, fissures), pente négative, anomalies thermiques détectées par la caméra à infrarouge. Toit : accumulation d'eau, solin mal fixé. Intérieur (divers appartements) : moisissures visibles (2 appartements), humidité excessive sur plusieurs murs et plafonds (la plupart des appartements), condensation sur les fenêtres (1 appartement)	Réparation du toit; réparation de l'enveloppe extérieure du bâtiment; inspections intrusives; décontamination par une entreprise spécialisée;	
Novembre 2010	Direction de santé publique	Avis de santé publique	Avis basé sur les résultats de l'évaluation du bâtiment et sur l'évaluation médicale des locataires de certains appartements	Les appartements 104 et 304 sont inhabitables; transfert des locataires Problèmes dans tout le bâtiment qui nécessitent des investigations et une remédiation plus poussées	
Novembre 2010	Entrepreneur				Réparation du toit, peinture des murs
Décembre 2010	Consultant 1	Trappe à spores (1 échantillon à l'intérieur)	Pas de preuve de contamination par les moisissures (pas de données de laboratoire disponibles)		
Décembre 2010	Direction de santé publique	Échantillonnage de l'air dans 11 appartements (impacteur Air ideal 3P, 250 L, milieu de culture MEA, 11 échantillons intérieurs, analyse à l'échelle de l'espèce)	Pas d'échantillon d'air prélevé à l'extérieur, température inférieure à 0°C. Intérieur : total de 26 espèces, dont 24 sont indicatrices d'humidité excessive ou de prolifération fongique intérieure; concentration supérieure à 100 UFC/m <sup>3</sup> pour <i>Aspergillus</i> spp., <i>Cladosporium</i> spp., <i>Penicillium</i> spp. et levures. La concentration totale moyenne (en hiver) est de 334 UFC/m <sup>3</sup> pour les 11 échantillons	Réparation du toit; décontamination par une entreprise spécialisée. Le bâtiment est jugé inhabitable	

Date	Organisation	Méthodes	Observations ou résultats	Recommandations	Actions ou remédiation
Février 2011	Direction de santé publique et CSSS (unité locale de santé publique)	Enquête sur la santé des locataires (questionnaire détaillé administré par un médecin ou une infirmière dans l'appartement, ou évaluation à la clinique ou entrevue téléphonique)	Sur les 27 appartements, 11 étaient occupés par au moins un locataire dont les problèmes de santé étaient probablement causés ou aggravés par la QAI ou par la vermine. Preuves de la présence de blattes et de punaises de lit	Des travaux de remédiation doivent être effectués le plus tôt possible	Les locataires de l'appartement 304 ont été transférés ailleurs et ceux du 104 allaient l'être
Février 2011	Consultant 2	Inspection visuelle	Intérieur : forte condensation dans les fenêtres, signes de dégâts d'eau sous les fenêtres, saleté (poussière ou graisse), plomberie défectueuse et ventilateurs d'extraction non fonctionnels. Conclusion du consultant : « Les locataires sont aussi à blâmer pour la contamination environnementale. La condensation est la principale cause de la dégradation de l'environnement. »	Élimination de la contamination fongique des surfaces qui a affecté les murs et les plafonds; reconstruction des salles de bains; installation d'une hotte de cuisine; s'occuper du problème de saleté. Conclusion du consultant : <i>Il ne devrait pas être nécessaire d'éliminer toutes les moisissures présentes [...]. Il est possible de rendre le bâtiment raisonnablement sain et sécuritaire en poursuivant des objectifs plus modestes et en respectant les priorités fixées [résoudre la source des problèmes d'humidité plutôt qu'éliminer toutes les moisissures dormantes].</i> »	

Date	Organisation	Méthodes	Observations ou résultats	Recommandations	Actions ou remédiation
Printemps à été 2011	Entrepreneur et consultant 2		Tous les travaux ont été effectués pendant que les locataires vivaient dans leur appartement. De plus, il y a eu exposition à l'amiante causée par les ouvertures dans les murs de plâtre.		Selon le rapport du consultant, les sources visibles de prolifération de moisissures ont été éliminées; les sources de prolifération de moisissures ont été gérées; nettoyage intérieur et extérieur; programme d'entretien continu avec un gestionnaire de lutte contre la vermine
Été 2011	Consultant 2	Post-remédiation : échantillonnage à l'aide d'une éponge humide (examen microscopique direct, culture) et échantillonnage de l'air (culture, analyse à l'échelle du genre)	2 août, échantillons d'air et de surface:21/40 jugés « inacceptables » par le consultant (en raison de la numération intérieure ou de genres différents de ceux observés à l'extérieur) avec présence d' <i>Aspergillus</i> spp., <i>Epicoccum</i> , <i>Chaetomium</i> , <i>Penicillium</i> spp., <i>Phoma</i> , <i>Stachybotrys chartarum</i> , <i>Trichoderma</i> , et de levures. 29 août, échantillons de surface : <i>Cladosporium</i> (80 UFC/m <sup>3</sup> ) dans 1/10 échantillons, aucune moisissure détectée pour 9/10 échantillons. Échantillons d'air : <i>Penicillium</i> spp. (300 UFC/m <sup>3</sup> ) dans 1/10 échantillons, 9/10 échantillons contenaient les mêmes espèces qu'à l'extérieur ( <i>Cladosporium</i> , <i>Trichoderma</i> , levures) Conclusion du consultant : résultats satisfaisants pour la QAI, décontamination réussie		

Date	Organisation	Méthodes	Observations ou résultats	Recommandations	Actions ou remédiation
Septembre 2011	Direction de santé publique	Échantillonnage de l'air (impacteur Air ideal 3P, 300 L, milieu de culture MEA, 16 échantillons intérieurs, 1 échantillon extérieur, analyse à l'échelle de l'espèce)	Pas de moisissures visibles Extérieur : 14 espèces Intérieur : 29 espèces, dont 16 non observées à l'extérieur, surtout <i>Pitomyces chartarum</i> , <i>Aspergillus</i> spp., <i>Penicillium</i> spp., <i>Paecilomyces variotii</i> et <i>Rhizopus stolonifer</i> Conclusion de la DSP : malgré les travaux effectués, il y a encore une contamination significative dans tout le bâtiment.	Décontamination par une entreprise spécialisée	
Mai 2012	Consultant 3	Échantillonnage de l'air (échantillonneur d'air RCS, 160 L, milieu de culture Agar, échantillons intérieurs dans 13 appartements, 2 échantillons extérieurs, analyse à l'échelle de l'espèce)	Extérieur : 5 espèces Intérieur : pas de contamination dans les 12 appartements. Dans l'appartement 107, la concentration intérieure de <i>Penicillium cyclopium</i> (>100 UFC/m <sup>3</sup> ) est supérieure à celle observée à l'extérieur (13 UFC/m <sup>3</sup> ); les espèces non détectées à l'extérieur sont <i>Aspergillus versicolor</i> , <i>Mucor</i> sp., et <i>Ulocladium chartarum</i> à des concentrations <40 UFC/m <sup>3</sup> Conclusion du consultant : contamination uniquement dans l'appartement 107	Évaluation plus poussée pour localiser les sources de moisissures dans l'appartement 107	
Juin 2012	Consultant 3	Évaluation plus poussée dans l'appartement 107 : inspection visuelle et détecteur de moiteur. Poussière (1 échantillon), écouvillon (1 échantillon) et échantillonnage de l'air (Biotest RCS, milieu de culture Agar, 2 échantillons intérieurs et 1 échantillon extérieur, analyse à l'échelle de l'espèce)	Intérieur : pas de moisissures visibles; taches et zones humides autour du bain, fuites de plomberie Échantillon de poussière : pas de détection de levures ni de moisissures Échantillon avec écouvillon (bain) : levures (>100 UFC/m <sup>3</sup> ) et <i>Cladosporium cladosporoides</i> (<40 UFC/m <sup>3</sup> ) Échantillon de l'air : <i>Aspergillus versicolor</i> (13 UFC/m <sup>3</sup> ) non détecté à l'extérieur. Conclusion du consultant : les résultats des échantillons de l'air montrent la présence de levures. La source probable est la salle de bains. Des matériaux humides ont été découverts.	Retrait et remplacement des matériaux contaminés dans la salle de bains; réparation de la plomberie	Les murs autour du bain ont été enlevés. Le bois contaminé a été traité.

Date	Organisation	Méthodes	Observations ou résultats	Recommandations	Actions ou remédiation
Juillet 2012	Consultant 3	Post-remédiation : appartement 107, salle de bains : trappe à spores (3 jours différents, 1 échantillon prélevé à l'extérieur et 1 à l'intérieur à chaque jour) et échantillon prélevé avec du ruban adhésif (2 jours différents, total de 5 échantillons)	20 juillet : présence d' <i>Aspergillus/Penicillium</i> sp., et <i>Pithomyces</i> sp., non détectés dans l'air extérieur 25 juillet : présence d' <i>Aspergillus/Penicillium</i> sp., et de <i>Coprinus</i> sp., non détectés dans l'air extérieur; pas de spores détectés dans l'échantillon de surface 31 juillet : genres présents dans l'air intérieur similaires à ceux observés dans l'air extérieur; présence d'une faible concentration (tous <10 UFC/m <sup>2</sup> ) d' <i>Aspergillus/Penicillium</i> sp., <i>Cladosporium cladosporoides</i> , <i>Chaetomium</i> sp., <i>Stachybotry chartarum</i> , et <i>Ganoderma</i> sp. Conclusion du consultant : « Les travaux d'élimination des moisissures dans la salle de bains ont été efficaces. »		
Automne 2012	Direction de santé publique	Évaluation des appartements 101 et 103 (désormais utilisés comme garderie); Inspection visuelle, caméra thermique à infrarouge et détecteur de moiteur	Extérieur : infiltrations d'eau encore soupçonnées dans le toit et l'enveloppe extérieure Intérieur : humidité excessive sur les murs, les planchers et les plafonds de chaque pièce dans les deux appartements	Décontamination par une entreprise spécialisée	Les appartements 101 et 103 ont été condamnés par la Ville
Janvier 2013	Direction de santé publique, inspecteur municipal, consultant 4 et propriétaire	Inspection visuelle, caméra à infrarouges et détecteur de moisissures	Extérieur : nombreux signes de dégâts d'eau (efflorescence, détérioration de joints de mortier et des fondations, fissures), pente négative Intérieur : moisissures visibles, humidité excessive sur plusieurs murs, planchers et plafonds, principalement au sous-sol et au 3 <sup>e</sup> étage	Réparation de l'enveloppe extérieure du bâtiment, y compris le toit; inspections intrusives; décontamination par une entreprise spécialisée	



## BIBLIOGRAPHIE

- ACGIH. "Bioaerosols Assessment and Control". Edited by J. Macher & al., American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, Ohio. 1999. 322 p. (*The following chapters are particularly important: Chapter 5, Developing a sampling plan. Chapter 7, Data interpretation. Chapter 10, Prevention and Control of microbial contamination. Chapter 11, Air sampling. Chapter 14, Data interpretation*).
- AIHA. "Recognition, Evaluation, and Control of Indoor Mold". Edited by Prezant, B., & al., Fairfax, Va. 2008. 253 p.
- AIHA. "Field Guide for the Determination of Biological Contaminants in Environmental Samples". Edited by L.-L. Hung & al., Fairfax, Va. 2005. 284 p.
- AIHA. "Report of Microbial Task Force". American Industrial Hygiene Association, Fairfax, Va. 2001.
- Anyanwu, E, Campbell, AW, Jones, J, Ehiri, JE, Akpan, A. The neurological significance of abnormal natural killer cell activity in chronic toxigenic mold exposures. *Scient World J*, 2003, 13(3): 1128-37.
- Audenaert, K, Landshoot, S, Vanheule, A, Waegeman, W, De Baets, B, Haesaert, G. "Impact of fungicide timing on the composition of the Fusarium head blight disease complex and the presence of deoxynivalenol (DON) in wheat. In Fungicides-beneficial and harmful aspects". Edited by N Thajuddin, InTech. 2011; 254 p.
- Bengtsson C, Nordmark B, Klareskog L, Lundberg I, Alfredsson L, The EIRA study group. Socioeconomic status and the risk of developing rheumatoid arthritis: results from the Swedish EIRA study. *Ann Rheum Dis*. 2005; 64(11): 1588–1594.
- Brewer, JH, Thrasher JD, Straus DC, Madison RA, Hooper D. Detection of Mycotoxins in Patients with Chronic Fatigue Syndrome. *Toxins*. 2013; 5: 605-617.
- Campbell, AW, Thrasher, JD, Gray, MR, Vodjani, A. Mold and Mycotoxins: Effects on the Neurological and Immune Systems in Humans. *Adv Applied Microbiol*. 2004; 55: 375-406.
- Campbell, AW, Thrasher, JD, Madison, RA, Vodjani, A, Gray, MR, Johnson, A. Neural autoantibodies and neurophysiologic abnormalities in patients exposed to molds in water-damaged buildings. *Arch Environ Health*. 2003; 58(8): 464-74.
- Center for Green Schools (The). "2013 State of Our Schools Report". <http://centerforgreenschools.org/stateofschools>. March 2013.
- Chester, AC. Symptoms of rhinosinusitis in patients with unexplained chronic fatigue or bodily pain. A pilot study. *Arch Intern Med*. 2003; 163: 1832-1836,

- Cho, SH, Seo, SC, Schmechel, D, Grinshpun, SA, Reponen T. Aerodynamic characteristics and respiratory deposition of fungal fragments. *Atmos Environ*. 2005; 39: 5454-5465.
- Cox-Ganser, JM, White, SK, Jones, R, Hilsbos, K, Storey, E, Enright, PL, Rao, CY, Kreiss, K. Respiratory Morbidity in Office Workers in a Water-Damaged Building. *Environ Health Perspect*. 2005; 113:485–490.
- CSDM. « La qualité de l'air. Un enjeu de santé ». Mai 2012. 19 p.
- Crago, BR, Gray, MR, Nelson, LA, Davis, M, Arnold, L, Thrasher, JD. Psychological, neuropsychological, and electrocortical effects of mixed mold exposure. *Arch Environ Health*. 2003; 58(8): 452-63.
- Dennis, D, Robertson, D, Curtis, L, Black, J. Fungal exposure endocrinopathy in sinusitis with growth hormone deficiency: Dennis-Robertson syndrome. *Toxicol Ind Health*. 2009; 25 (9-10): 669-680.
- Derebery, MJ. Allergic management of Meniere's disease: An outcome study. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2000; 122: 2, 174–182.
- Derebery, MJ. Prevalence of Allergy in Meniere's Disease. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2000A; 123: 69-75.
- Douwes J, Gibson P, Pekkanen J, Pearce N. Non-eosinophilic asthma: importance and possible mechanisms. *Thorax*. 2002; 57: 643-648
- Empting, LD, Neurologic and neuropsychiatric syndrome features of mold and mycotoxin exposure. *Toxicol Ind Health*. 2009; 25: 577-81.
- Fisk, WJ, Eliseeva, EA, Mendell, MJ. Association of residential dampness and mold with respiratory tract infections and bronchitis: a meta-analysis. *Environ Health*. 2010; 9: 72.
- Fisk, WJ, Lei-Gomez, Q, Mendell, MJ. Meta-analysis of the associations of respiratory health effects with dampness and mold. *Indoor Air*. 2007; 17(4): 284-296.
- Górny, RL, Reponen, T, Willecke, K, Schmechel, D, Robine, E, Boissier, M, Grinshpun, SA. Fungal fragments as indoor air biocontaminants. *Applied Environ Microbiol*. 2002; 68 (7): 3522-3531.
- Górny, RL, Reponen, T, Grinshpun, SA, Willecke K. Source strength of fungal spore aerosolization from moldy building materials. *Atmos Environ*. 2001; 35: 4853-4862.
- Gray, MR & al. Mixed mold mycotoxicosis. Immunological changes in humans following exposure in water-damaged buildings. *Arch Environ Health*. 2003; 58(7): 410-20.
- Health Canada. "Fungal contamination in Public Buildings". HC, Ottawa, Ontario. 2004.
- Hill, AB. The environment and disease: association or causation. *Proceedings of the Royal Society of Medicine*. 1965; 58: 295-300.

- Hirvonen MR, Ruotsalainen M, Roponen M et al. Nitric oxide and proinflammatory cytokines in nasal lavage fluid associated with symptoms and exposure to moldy building microbes. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 160:1943–1946
- Hodgson, M. N-of-one clinical trial: The practice of environmental and occupational medicine. *J Occ Med*. 1993; 35(4): 375.
- Husman, T. Health effects of indoor-air microorganisms. *Scand J Work Environ Health*. 1996; 22(5): 1-3.
- IICRC. "Standard and Reference Guide for Professional Mold Remediation". IICRC S520, 2<sup>nd</sup> edition. 2008. 244 p.
- Institute of Medicine (IOM). National Academies of Science. "Damp Indoor Spaces and Health". National Academy Press, Washington DC. 2004.
- Jaakkola, MS, Quansah, R, Hugg, TT, Heikkinen, SAM, Jaakkola JJK. Association of indoor dampness and molds with rhinitis risk: A systematic review and meta-analysis. *J Allergy Clin Immunol* 2013;131:1099-110.
- Janosky, JE. "Use of the single subject design for practice based primary care research." *Postgraduate Medical Journal*. 2005; 549-551.
- Jacques, L, Plante, C, Goudreau, S, & et al. "Attributal Fractions of Risk Factors of Respiratory Diseases among Children in Montreal, Canada". In E. Johanning, P. R. Morey, & P. L. Auger (Eds.), (pp. 1). Albany, N.Y., USA: Fungal Research Group Foundation, Inc. 2013.
- Jacques, L, Plante, C, Goudreau, S, et al. « Étude sur la santé respiratoire des jeunes montréalais de 6 mois à 12 ans. Rapport synthèse régional ». Direction de santé publique, Agence de la santé et des services sociaux de Montréal. 2011; 36 p.
- Johanning, E, Auger, P, Morey, PM, Yang, CS, Olmsted, E. Review of health hazards and prevention measures for response and recovery workers and volunteers after natural disasters, flooding, and water damage: mold and dampness. *Environ Health Prev Med*. Published online november 20th 2013.
- Johanning, E, Landsbergis, P, Gareis, M, Yang, CS, Olmsted, E. Clinical experience and results of a sentinel health investigation related to indoor fungal exposure. *EHP*. 1999; 107(3): 489-494.
- Johanning, E, Biagini, R, Hull, D, Morey, P, Jarvis, B, Landsbergis, P. Health and immunology study following exposure to toxigenic fungi (*Stachybotrys chartarum*) in a water-damaged office environment. *Int Arch Occup Environ Health*. 1996; 68: 207-218.
- Haverinen-Shaughnessy U, Borrás-Santos A, Turunen M, Zock JP, Jacobs J, Krop EJ, Casas L, Shaughnessy R, Täubel M, Heederik D, Hyvärinen A, Pekkanen J, Nevalainen A; HITEA study group. Occurrence of moisture problems in schools in three countries from different climatic regions of Europe based on questionnaires and building inspections - the HITEA study. *Indoor Air*. 2012; 22(6):457-66

- Karunasena, E, Larranaga, MD, Simoni, JS, Douglas, DR, Straus, DC. Building-Associated Neurological Damage Modeled in Human Cells: A Mechanism of Neurotoxic Effects by Exposure to Mycotoxins in the Indoor Environment. *Mycopathologia*. 2010; 170: 377-390.
- Kercsmar, CM, Dearborn, DG, Schluchter, M, Xue, L, Kirchner, HL, Sobolewski, J, Greenberg, SJ, Vesper, SJ, Allan, T. Reduction in asthma morbidity in children as a result of home remediation aimed at moisture sources. *EHP*. 2006; 114(8): 1574-1580.
- Kilburn, KH. Neurobehavioral and pulmonary impairment in 105 adults with indoor exposure to molds compared to 100 exposed to chemicals. *Toxicol Ind Health*. 2009; 25: 681-92.
- Kilburn, KH. Indoor Mold Exposure Associated with Neurobehavioral and Pulmonary Impairment: A Preliminary Report. *Arch Environ Health*. 2003; 58(7): 390-8.
- Koinis-Mitchell D, Craig T, Esteban CA, Klein RB. Sleep and allergic disease: A summary of the literature and future directions for research. *J Allergy Clin Immunol*. 2012; 130(6): 1275-81.
- Laney, AS, Cragin, LA, Blevins, LZ, Sumner, AD, Cox-Ganser, JM, Kreiss, K, Moffatt, SG, Lohff, CJ. Sarcoidosis, asthma, and asthma-like symptoms among occupants of a historically water-damaged office building. *Indoor Air*. 2009; 19: 83-90
- Luosujärvi RA et al. Joint symptoms and diseases associated with moisture damage in a health center. *Clin Rheumatol* 2003, 22;381-385.
- Marshall, L, Bested, A, Molot, J, Kerr, K, Bray, RI. "Environmental Sensitivities-Multiple Chemical Sensitivities Status Report. Advances in Knowledge, and Current Service Gaps". Environmental Health Clinic, Women's College Hospital, Toronto. October 31<sup>st</sup> 2010.
- Mendell MJ, Mirer AG, Cheung K, Tong M, Douwes J. Respiratory and allergic health effects of dampness, mold, and dampness-related agents: a review of the epidemiologic evidence. *Environ Health Perspec* 2011, 119 (6); 748-756
- Miller, JD, & al. Air sampling results in relation to extent fungal colonization of building materials in some water-damaged buildings. *Indoor Air*. 2000; 10: 146-151.
- Miller, JD, Sun, M, Gilyan, A, Roy, J, Rand, TG. Inflammation-associated gene transcription and expression in mouse lungs induced by low molecular weight compounds from fungi from the built environment. *Chem Biol Interact*. 2010; 183: 113-124.
- Moffat, MF, Gut, IG, Demenais, F, Strachan, DP, Bouzigon, E, Heath, S, von Mutius, E, Farrall, M, Lathrop, M, Cookson, WOCM. A large-scale, consortium-based genome wide association study of asthma. *The New England J Med*. 2010; 363(13): 1211-1221.
- Morey, P. "Remediation and Control of Microbial Growth in Problem Buildings". In *Microorganisms in Home and Indoor Work Environments*, edited by Flannigan & al., CRC Press, Boca Raton, Florida. 2011; p. 125-144.

- Morey, P. "Microbiological Investigations of Indoor environments: Interpreting sampling data- selected case studies". In *Microorganisms in Home and Indoor Work Environments*, edited by Flannigan & al., CRC Press, Boca Raton, Florida. 2011A; p. 307-317.
- Morey, P, & al. El Niño water leaks identify rooms with concealed mould growth and degraded indoor air quality. *International Biodeterioration Biodegradation*. 2003; 52: 197-202.
- Myllykangas-Luosujärvi R et al. A cluster of inflammatory rheumatic diseases in a moisture-damaged office. *Clin Experim Rheumatol* 2002, 20;833-836.
- New York City, Department of Health and Mental Hygiene. "Guidelines on Assessment and Remediation of Fungi in Indoor Environments". New York, NY. 2008.
- Patovirta, RL, Reiman, M, Husmani, T, & al. Mould specific IgG antibodies connected with sinusitis in teachers of mould damaged school: a two-year follow-up study. *Int J Occup Med Environ Health*. 2003; 16(3): 221-230.
- Pearce, N, Pekkanen, J, Beasley, R. How much asthma is really attributable to atopy? *Thorax*. 1999; 54: 268-272.
- Peitzsch, M, Bloom, E, Haase, R, Must, A, Larsson, L. Remediation of mould damaged building materials - efficiency of a broad spectrum of treatments. *J Environ Monit*. 2012; 14: 908.
- Piipari, R, Keskinen, H. Agents causing occupational asthma in Finland in 1986-2002: Cow epithelium bypassed by moulds from moisture-damaged buildings. *Clin Exp Allergy*. 2005; 35:1632-1637.
- Ponikau, JU, & Sherris, DA. The role of airborne mold in chronic rhinosinusitis. *J Allergy Clin Immunol*. 2006; 118: 762-763.
- Quansah, R, Jaakkola, M, Hugg, TT, Heikkinen, SAM, Jaakkola, JJ. "Residential Dampness and molds and the risk of developing asthma: a systematic review and meta-analysis". *PLoS ONE* 7 (11): e47526.doi:10.1371/journal.pone.0047526. 2012.
- Rao, CY, Cox-Ganser, JM, Chew, GL, Doekes, G, White, S. Use of surrogate markers of biological agents in air and settled dust samples to evaluate a water-damaged hospital. *Indoor Air*. 2005;15 Suppl 9:89-97.
- Redline, S, Tishler, PV, Schluchter, M, Aylor, J, Clark, K, Graham, G. Risk factors for sleep-disordered breathing in children. Associations with obesity, race, and respiratory problems. *Am J Respir Crit Care Med*. 1999; 159: 1527-1532.
- Reponen, T, Seo, SH, Grimsley, F, Lee, T, Crawford, C, Grinshpun, SA. Fungal fragments in moldy houses: a field study in homes in New Orleans and southern Ohio. *Atmos Environ*. 2007; 41(37): 8140-8149.
- Roponen M, Kiviranta J, Seuri M et al. Inflammatory mediators in nasal lavage, induced sputum and serum of employees with rheumatic and respiratory disorders. *Eur Respir J* 2001, 18: 542-548.

- Rylander, R. Indoor Air-Related Effects and Airborne (1→3)-β-D-Glucan. *Environmental Health Perspectives*. 1999; vol 107, Supplement 3.
- Simoni M, Cai G-H, Norback D, Annesi-Maesano I, Lavaud F, Sigsgaard T, Wieslander G, Nystad W, Canciani M, Viegi G, Sestini P. Total viable molds and fungal DNA in classrooms and association with respiratory health and pulmonary function of European schoolchildren. *Pediatr Allergy Immunol* 2011; 22: 843–852
- Singh, GK, Kenney, MK. Rising prevalence and neighborhood, social, and behavioral determinants of sleep problems in US children and adolescents, 2003-2-12. *Sleep Disorders*. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/394320>. 2013.
- Sorenson, WB, Frazer, DG, Jarvis, BB, Sampson, J, Robinson, VA. Trichothecene mycotoxins in aerosolized conidia of *Stachybotrys atra*. *Applied Environ Microbiol*. 1987; 53(6): 1370-1375.
- Thrasher, JD, Crawley, S. The biocontaminants and complexity of damp indoor spaces: more than what meets the eyes. *Toxicol Ind Health*. 2009; 25(9-10): 583-615.
- Vérificateur général du Québec. « Vérification de l'optimisation des ressources. Chapitre 2. Qualité de l'air dans les écoles primaires ». Rapport du Vérificateur général du Québec à l'Assemblée nationale pour l'année 2012-2013. Automne 2012.
- Vodjani, A, Campbell, AW, Kashanian, A, Vodjani, E. Antibodies against Molds and Mycotoxins Following Exposure to Toxigenic Fungi in a Water-Damaged Building. *Arch Environ Health*. 2003; 58(6): 1-9.
- Weinmayr, G, Weiland, SK, Björkstén, B, Büchle, G, Cookson, WOC, Garcia-Marcos, L, Gotua, M, Gratiou, C, van Hage, M, von Mutius, E, Riiikjäv, MA, Rzehak, P, Stein, RT, Strachan, DP, Tsanakas, J, Wickens, K, Wong, GW, & the ISAAC Phase Two Study Group. Atopic sensitization and the international variation of asthma symptom prevalence in children. *Am J Resp Crit Care Med*. 2007; 176: 565-574.
- World Health Organization (WHO). "WHO Guidelines for Indoor Air Quality Dampness and Mold". WHO, Geneva, CH. 2009.
- Yang, C, Ellringer, P. Antifungal treatments and their effects on fibrous glass liner. *ASHRAE J*. 2004; 46: 35-40.
- Principaux rapports sur la santé depuis la fin des années 1990**
- Antova, T, Pattenden, S, Brunekreef, B, & al. Exposure to indoor mould and children's respiratory health in the PATY study. *J Epidemiol Community Health*. 2008; 62: 708–714.
- Bornehag, CG, & al. Dampness in buildings as a risk factor for health effects, EUROEXPO: a multidisciplinary review of the literature (1998–2000) on dampness and mite exposure in buildings and health effects. *Indoor Air*. 2004; 14: 243–257.
- Bornehag, CG, & al. Dampness in buildings and health: Nordic interdisciplinary review of the scientific evidence on associations between exposure to 'dampness' in buildings and health effects (NORDDAMP). *Indoor Air*. 2001; 11: 72–86.

- Fisk, WJ, Eliseeva, EA, Mendell, MJ. Association of residential dampness and mold with respiratory tract infections and bronchitis: a meta-analysis. *Environ Health*. 2010; 9: 72.
- Fisk, WJ, Lei-Gomez, Q, Mendell, MJ. Meta-analyses of the associations of respiratory health effects with dampness and mold in homes. *Indoor Air*. 2007; 17: 284–296.
- Health Canada. “Fungal Contamination in Public Buildings: Health Effects and Investigation Methods”. 2004; 47 p.
- Heldref Publications. “Molds and Mycotoxins. An international symposium 2004”. Washington, DC. 2004.
- Husman, T. Health effects of indoor-air microorganisms. *Scand J Work Environ Health*. 1996; 22(5): 1-3.
- Institut national de santé publique. « Les risques à la santé associés à la présence de moisissures en milieu intérieur ». ISBN : 2-550-40065-8, Montréal. 2002.
- Institute of Medicine of the national Academies. “Damp indoor spaces and health”. 2004. 178 p.
- Mendell, MJ, Mirer, AG, Cheung, K, Tong, M, Douwes, J. Respiratory and allergic health effects of dampness, mold, and dampness-related agents: a review of the epidemiologic evidence. *Environ Health Perspec*. 2011; 119(6): 748-756.
- Mendell, MJ, Heath, GA. Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature. *Indoor Air*. 2005; 15: 27-52.
- Mudarri, D, Fisk, WJ. Public health and economic impact of dampness and mold. *Indoor Air*. 2007; 17: 226–235.
- NIOSH Alert: Preventing Occupational Respiratory Disease from Exposures Caused by Dampness in Office Buildings, Schools, and Other Non-Industrial Buildings. Principal contributors: Martin M, Cox-Ganser J, Kreiss K, Kanwal R, Sahakian N. National Institute for Occupational Safety and Health, Department of Health and Human Services, DHHS (NIOSH) 2013. Publication Number 2013-102.
- Quansah, R, Jaakkola, MS, Hugg, TT, Heikkinen, SAM, Jaakkola, JJK. Residential Dampness and Molds and the Risk of Developing Asthma: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS ONE* 7(11): e47526. doi:10.1371/journal.pone.0047526. 2012.
- Storey, E, & al. “Guidance for clinicians on the recognition and management of health effects related to mold exposure and moisture indoors”. University of Connecticut Health Center. 2004.
- World Health Organization (WHO). “WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould”. 2009.





**Agence de la santé  
et des services sociaux  
de Montréal**

**Québec** 