



information



formation



recherche



*coopération
internationale*

LES RISQUES À LA SANTÉ ASSOCIÉS À LA PRÉSENCE DE MOISSISSURES EN MILIEU INTÉRIEUR

INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC

RAPPORT SCIENTIFIQUE

LES RISQUES À LA SANTÉ ASSOCIÉS
À LA PRÉSENCE DE MOISSISURES
EN MILIEU INTÉRIEUR

DIRECTION DES RISQUES BIOLOGIQUES,
ENVIRONNEMENTAUX ET OCCUPATIONNELS
ET
LABORATOIRE DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBÉC

NOVEMBRE 2002

AUTEURS

Marie-Alix d'Halewyn, M. Sc., microbiologiste, épidémiologiste
Laboratoire de santé publique du Québec de l'Institut national de santé publique du Québec

Jean-Marc Leclerc, M. Sc., biologiste
Institut national de santé publique du Québec

Norman King, M. Sc., biochimiste, épidémiologiste
Direction de la santé publique de Montréal-Centre et Institut national de santé publique du Québec

Marcel Bélanger, médecin-conseil en santé environnementale
Direction de la santé publique de Lanaudière et Institut national de santé publique du Québec

Michel Legris, hygiéniste industriel
Direction de la santé publique de Québec et CLSC-CHSLD Haute-Ville-Des-Rivières

Yves Frenette, hygiéniste industriel
CLSC Lac Saint-Louis

SOUS LA COORDINATION DE

Maurice Poulin, médecin-conseil en santé publique
Responsable du projet
Institut national de santé publique du Québec

AVEC LA COLLABORATION DE

Pierre Auger
Clinique Interuniversitaire de Santé au Travail et de l'Environnement (CISTE)

Louis Drouin
Direction de la santé publique de Montréal-Centre et Institut national de santé publique du Québec

Pierre Lajoie
Direction de la santé publique de Québec et Institut national de santé publique du Québec

Geneviève Marchand
Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail

Claude Prévost
Direction de la santé publique de la Montérégie et Institut national de santé publique du Québec

*Ce document est disponible en version intégrale sur le site Web de l'INSPQ : <http://www.inspq.qc.ca>
Reproduction autorisée à des fins non commerciales à la condition d'en mentionner la source.*

CONCEPTION GRAPHIQUE :
MARIE PIER ROY

DOCUMENT DÉPOSÉ À SANTÉCOM ([HTTP://WWW.SANTECOM.QC.CA](http://www.santecom.qc.ca))
COTE : INSPQ-2002-027

DÉPÔT LÉGAL – 4^e TRIMESTRE 2002
BIBLIOTHÈQUE NATIONALE DU QUÉBEC
BIBLIOTHÈQUE NATIONALE DU CANADA
ISBN 2-550-40065-8

© Institut national de santé publique du Québec(2002)

AVANT-PROPOS

En avril 2000, la Direction de la protection de la santé publique du ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec (MSSS) et le Conseil des directeurs de santé publique du Québec confiaient à l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) la responsabilité de planifier, de coordonner et de réaliser, en collaboration avec plusieurs partenaires, un plan d'action sur la qualité de l'air intérieur, la salubrité et la santé publique. L'objectif premier de ce plan d'action était de mieux protéger la population contre les atteintes à la santé en lien avec une mauvaise qualité de l'air intérieur ainsi que de prévenir ces atteintes, particulièrement en ce qui concerne la problématique des moisissures dans les habitations et dans les lieux publics québécois.

Un des cinq volets de ce plan d'action consistait à produire un rapport scientifique sur les risques à la santé associés à la présence de moisissures en milieu intérieur qui servirait notamment de soutien à l'intervention de santé publique en cette matière, tant au niveau des problèmes survenant dans le milieu résidentiel que dans les édifices publics. Pour y parvenir, un groupe de travail principalement composé de représentants du réseau de la santé publique, et plus particulièrement des secteurs de la santé environnementale et de la santé au travail, a été créé. Dans le cadre de ses travaux, le groupe a invité des représentants des associations québécoises de pédiatres, de pneumologues et d'allergologues et immunologues, afin d'obtenir leur opinion sur le sujet.

Ce document a fait l'objet d'une consultation élargie de mars à juillet 2002 auprès de nombreux organismes québécois et canadiens, principalement des domaines de la santé et de l'habitation.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX.....	VI
LISTE DES FIGURES.....	VI
GLOSSAIRE.....	VII
LISTE DES ACRONYMES.....	XI
INTRODUCTION.....	1
1. LES MOISSURES.....	3
1.1 APERÇU DE LA CLASSIFICATION.....	3
1.2 CYCLE DE VIE DES MOISSURES.....	4
1.3 CONDITIONS DE CROISSANCE DES MOISSURES.....	5
1.3.1 Croissance en milieu intérieur.....	6
1.3.2 Éléments nutritifs.....	8
1.3.3 Importance de l'eau.....	9
1.4 RÉSUMÉ DES CONNAISSANCES SUR L'IMPORTANCE DE LA CONTAMINATION DES HABITATIONS ET DES ÉDIFICES PUBLICS PAR LES MOISSURES.....	11
2. EFFETS SUR LA SANTÉ HUMAINE.....	15
2.1 COMPOSANTES FONGIQUES SUSCEPTIBLES D'ENTRAÎNER DES EFFETS NOCIFS.....	16
2.1.1 Les mycotoxines.....	16
2.1.2 Les substances irritantes.....	19
2.1.3 Les substances immunogènes déclenchant une production d'IgG.....	20
2.1.4 Les substances allergènes déclenchant une production d'IgE.....	20
2.2 PRINCIPAUX EFFETS ET SYMPTÔMES ASSOCIÉS AUX MOISSURES.....	21
2.2.1 L'exposition aux moisissures.....	21
2.2.2 Description des effets sur la santé.....	21
2.2.3 Populations à risque.....	28
2.3 PRINCIPALES ÉTUDES ÉPIDÉMIOLOGIQUES.....	28
2.4 LE LIEN DE CAUSALITÉ.....	34
2.4.1 Concepts de la démonstration du lien de causalité.....	34
2.4.2 Les résultats des travaux du McMaster Institute of Environment and Health.....	35

2.4.3	Mise à jour des éléments de la preuve et position du présent groupe de travail.....	37
2.4.4	Conclusion du présent groupe de travail sur le lien de causalité.....	49
3.	DÉMARCHE D'INVESTIGATION DES CAS DE CONTAMINATION FONGIQUE : ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE ET DES PROBLÈMES DE SANTÉ.....	51
3.1	STRATÉGIES D'INVESTIGATION	51
3.1.1	Cas de contamination fongique appréhendée, sans symptôme rapporté	52
3.1.2	Cas de contamination fongique présumée, sans symptôme signalé	52
3.1.3	Cas de contamination fongique appréhendée, en présence de symptômes compatibles avec une exposition aux moisissures.....	53
3.1.4	Cas de contamination fongique présumée, en présence de symptômes compatibles avec une exposition aux moisissures.....	53
3.2	ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE.....	54
3.2.1	Évaluation environnementale de base	54
3.2.2	Évaluation environnementale détaillée.....	55
3.2.3	Interprétation des résultats des analyses de laboratoire.....	58
3.3	ÉVALUATION DES SYMPTÔMES.....	62
3.3.1	Collecte des données de base des sujets symptomatiques connus lors du signalement.....	62
3.3.2	Collecte des données lorsqu'une évaluation détaillée des problèmes de santé est requise.....	63
3.3.3	Aperçu de l'évaluation clinique.....	66
3.4	SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DE L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE ET DES SYMPTÔMES	67
3.4.1	Solution du cas ou confirmation de l'hypothèse.....	68
3.4.2	Émissions de recommandations.....	68
3.5	GESTION D'UN PROBLÈME DE CONTAMINATION FONGIQUE ET RÉPARTITION DES RESPONSABILITÉS	68
3.5.1	Les édifices publics	69
3.5.2	Le milieu résidentiel	70
4.	APERÇU DES MESURES PRÉVENTIVES ET CORRECTIVES.....	73
4.1	MESURES PRÉVENTIVES	73
4.1.1	Sources ponctuelles	74
4.1.2	Problème d'infiltration chronique	74
4.1.3	Problème d'humidité relative et de condensation.....	75
4.1.4	Entretien préventif	76

4.2	MESURES CORRECTIVES	77
4.2.1	Démarche générale selon le protocole de New York	77
4.2.2	<i>Protocole de décontamination des locaux</i>	79
4.2.3	Évaluation de l'efficacité de la décontamination	80
5.	CONSTATS DU GROUPE DE TRAVAIL	83
	CONCLUSION	85
	RÉFÉRENCES	87
	ANNEXE 1 CRITÈRES DE CAUSALITÉ SELON BRADFORD HILL	107
	ANNEXE 2 ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE	111
	ANNEXE 2.1 : DONNÉES À RECUEILLIR LORS D'UNE ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE DE BASE	113
	ANNEXE 2.2 : MODÈLE DE GRILLE POUR L'INSPECTION VISUELLE DE DÉGÂTS D'EAU ET DE CONTAMINATION FONGIQUE	115
	ANNEXE 2.3 : ÉTAPES DE COLLECTE, DE TRANSPORT ET D'ANALYSE EN LABORATOIRE	117
	ANNEXE 2.4 : INSPECTION DÉTAILLÉE D'UN BÂTIMENT LORS D'UNE CONTAMINATION MICROBIENNE	121
	ANNEXE 3 ÉVALUATION DES SYMPTÔMES	129
	ANNEXE 3.1A : MODÈLE DE QUESTIONNAIRE DES ATTEINTES À LA SANTÉ EN LIEN POSSIBLE AVEC LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR.....	131
	ANNEXE 3.1B : MODÈLE DE QUESTIONNAIRE DE PERCEPTION DE L'ENVIRONNEMENT INTÉRIEUR DE TRAVAIL	141
	ANNEXE 3.2A : MODÈLE DE LETTRE EXPLICATIVE À JOINDRE AU QUESTIONNAIRE 3.1A.....	143
	ANNEXE 3.2B : MODÈLE DE LETTRE EXPLICATIVE À JOINDRE AU QUESTIONNAIRE 3.1B.....	145
	ANNEXE 3.3 : FICHE D'INFORMATION SUR LES RISQUES À LA SANTÉ ASSOCIÉS À LA PRÉSENCE DE MOISSURES EN MILIEU INTÉRIEUR	147
	ANNEXE 3.4 : RÉSUMÉ DES STRATÉGIES D'INVESTIGATION SELON LES DONNÉES DISPONIBLES LORS DU SIGNALEMENT DU CAS	151
	ANNEXE 3.5 : CHEMINEMENT DES DEMANDES RELATIVES À LA CONTAMINATION FONGIQUE INTÉRIEURE.....	153
	ANNEXE 4 MESURES CORRECTIVES	155
	ANNEXE 4.1 : EXTRAITS DU PROTOCOLE DE NEW YORK	157
	ANNEXE 4.2 : MESURES CORRECTIVES À ADOPTER AVEC LE MATÉRIEL CONTAMINÉ	165

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	Aperçu du degré de résistance des spores fongiques	4
Tableau 2 :	Principales moisissures retrouvées en milieu intérieur selon le substratum de croissance.....	7
Tableau 3 :	Moisissures et levures fréquemment retrouvées dans un environnement intérieur contaminé par les moisissures	8
Tableau 4 :	Exemples de moisissures retrouvées en milieu intérieur selon le niveau d'activité de l'eau.....	11
Tableau 5 :	Exemples d'études rapportant la prévalence de problèmes d'humidité excessive et/ou de moisissures en milieu résidentiel intérieur.....	13
Tableau 6 :	Exemples de mycotoxines produites par certaines moisissures	19
Tableau 7 :	Principaux effets sur la santé associés aux moisissures en milieu intérieur.....	27

LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Classification des mycètes (champignons)	3
Figure 2 :	Humidité relative minimale nécessaire à la croissance de trois espèces de moisissures selon la température ambiante	10

GLOSSAIRE

Allergène : toute substance capable d'entraîner une sensibilisation du système immunitaire et menant, lors des expositions subséquentes, à une réaction allergique et aux manifestations qui y sont associées.

Amplification fongique : processus par lequel les éléments fongiques se retrouvant en conditions favorables croissent et se retrouvent en quantité supérieure à ceux déposés à l'origine.

Aspergillose : mycose provoquée par la croissance dans l'organisme de champignons filamenteux du genre « *Aspergillus* » (principalement *Aspergillus fumigatus*) et siégeant principalement dans l'appareil respiratoire au niveau du parenchyme pulmonaire, des bronches, de la plèvre ou d'une cavité néoformée.

Atopie : tendance constitutionnelle ou héréditaire à développer des réactions d'hypersensibilité immédiate (ex. asthme ou rhinite allergique), ou d'autres réactions allergiques à des allergènes qui ne provoquent aucune réaction chez les sujets normaux. Le terme « atopique » est fréquemment utilisé comme substantif (ex. individu atopique).

β (1-3) glucane : sucre complexe (polysaccharide), constituant de la paroi cellulaire, notamment celle des champignons.

Basophile : se dit de composant cellulaire ou tissulaire ou d'une structure ayant une affinité pour les colorants basiques ; en hématologie, cellules sanguines de type leucocyte, à noyau plurilobé et dont le cytoplasme contient des granulations qui se colorent avec les colorants basiques.

Basophilie : excès de cellules basophiles dans le sang.

Chitine : substance organique de structure semblable à celle de la cellulose (polysaccharide), constituant de la cuticule des insectes et des crustacés, et de la membrane de certains champignons.

Contamination fongique : présence d'éléments fongiques sur des matériaux ou autres objets dépourvus de ces éléments à l'origine.

Croissance fongique : accroissement en taille et en poids d'un organisme résultant de l'élongation et de la multiplication cellulaires.

Endotoxine : toxine liée à la paroi de certaines bactéries à Gram négatif, qui n'est libérée qu'au moment de la lyse de la bactérie.

Éosinophile : leucocyte caractérisé par un noyau polylobé et la présence, dans le cytoplasme, de granulations faciles à colorer avec l'éosine. Les polynucléaires éosinophiles sont des cellules impliquées dans le processus d'inflammation allergique et dans la défense anti-parasitaire.

Éosinophilie : augmentation anormale du nombre de cellules éosinophiles dans le sang.

Hémosidérose pulmonaire idiopathique : syndrome rare, occasionné par une infiltration tissulaire d'hémosidérine (hémorragie intracellulaire), caractérisé par une toux, une dyspnée et des hémoptysies, évoluant généralement par poussées en quelques semaines ou en quelques années vers la mort par anémie hypochrome ou insuffisance respiratoire et cardiaque.

Humidimètre : appareil permettant de mesurer la teneur en humidité d'une matière.

Humorale : relatif aux liquides organiques (humeurs) du corps humain ; plus particulièrement, qualificatif des substances dites « circulantes » dans le système sanguin. Qualificatif de la portion de la défense immunitaire médiée par les anticorps et substances circulantes (voir Réponse immunitaire). Parfois employé comme synonyme de *sérique*.

Hygromètre : instrument de précision servant à mesurer le degré d'humidité de l'air.

Hypersensibilité : sensibilité amplifiée à des substances étrangères, donnant lieu à un effet pathologique médié par des IgE ou des cellules spécifiques.

Immunogène : qualifie le pouvoir de toute substance d'origine étrangère, reconnue comme telle par le sujet exposé, capable de provoquer une réaction immunitaire (protéines, polysides, lipides, acides nucléiques non purifiés).

Intoxication : action nocive exercée par une substance toxique (poison) sur un organisme ; ensemble des troubles qui en résultent.

Labile : se dit d'un composé instable, dont les propriétés sont facilement modifiées.

Levure : organisme microscopique, unicellulaire, du règne des champignons (mycètes), qui se multiplie par bourgeonnement et occasionnellement par sporulation, et qui est capable de provoquer la fermentation des matières organiques animales et végétales.

Mannane : sucre complexe (oligosaccharide) présent dans la paroi cellulaire de certaines moisissures.

Mastocyte : variété de cellule existant normalement dans le tissu conjonctif, dans les ganglions lymphatiques, la rate et la moelle osseuse, dont le cytoplasme contient de nombreuses granulations basophiles, riches en médiateurs (héparine, sérotonine, histamine).

Métabolite : substance qui est formée au cours du métabolisme cellulaire.

Moisissure : organisme microscopique, multicellulaire, du règne des champignons (mycètes), qui se multiplie par fission et peut se reproduire par sporulation asexuée et parfois sexuée.

Mycotoxine : toxine issue du métabolisme d'un champignon (mycète), susceptible de provoquer des intoxications.

Nosocomiale : infection qui apparaît au cours d'une hospitalisation (ou à l'occasion de soins ambulatoires) alors qu'elle n'était ni présente ni en incubation au moment de l'entrée.

Pathognomonique : se dit d'un signe, symptôme ou syndrome spécifique à une maladie déterminée et dont la présence suffit à elle seule à en établir le diagnostic.

Prolifération fongique intérieure : multiplication des éléments fongiques par la répétition du cycle de croissance, pouvant entraîner rapidement une concentration plus élevée à l'intérieur que dans l'environnement extérieur immédiat.

Propagation fongique : action par laquelle les organismes vivants produisent d'autres êtres qui leur sont semblables, de quelque façon que ce soit. En ce qui a trait aux végétaux, il convient de réserver le terme *reproduction* aux cas faisant référence à la reproduction par voie sexuée et d'utiliser le terme *multiplication* lorsqu'il s'agit de reproduction par voie asexuée.

Réponse immunitaire : réaction de l'organisme face à la pénétration d'éléments étrangers qui comporte deux composantes : une composante cellulaire (cellules sensibilisées et leurs métabolites entrant dans le mécanisme de défense) et une composante humorale (molécules et anticorps entrant dans le mécanisme de défense).

Saprophyte : micro-organisme qui utilise pour sa nutrition de la matière organique morte, contribuant ainsi à sa décomposition. En microbiologie, saprophyte est opposé à parasite.

Spore : cellule reproductrice différenciée (ex. conidie) qui facilite la dissémination et la propagation.

Thermophile : Se dit d'un micro-organisme qui peut vivre à des températures variant de 40 à 70°C et dont le développement est optimal à 55°C.

Toxigène : qui produit des toxines.

Trichothécène : classe de toxines produites par certaines espèces fongiques, provoquant de graves effets sur la santé des humains et des animaux.

Ubiquiste (ou ubiquitaire) : se dit d'une espèce ou d'un organisme à grande plasticité écologique, qui se rencontre dans des milieux très différents.

LISTE DES ACRONYMES

AAAAI	American academy of allergy, asthma and immunology
AAP	American academy of pediatrics
ACGIH	American conference of governmental industrial hygienists
AIHA	American industrial hygiene association
ASHRAE	American society of heating, refrigerating and air-conditioning engineers
CDC	Centers for disease control and prevention
CLSC	Centre local de services communautaires
CNRC	Conseil national de recherche du Canada
COV	Composés organiques volatils
CVCA	Système de chauffage, de ventilation et de conditionnement de l'air (en anglais, HVAC)
HEPA	High efficiency particulate air filter (filtre à haute efficacité)
Ig (E, G, M)	Immunoglobine (de type E, G ou M)
IOM	Institute of medicine
IRRSST	Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et sécurité au travail
ODTS	Organic dust toxic syndrome
OMS	Organisation mondiale de la santé
OR	Odds ratio (<i>rapport de cote</i>)
MVOC	Microbial volatile organic compounds
MIEHS	McMaster institute of environmental and health sciences
MMWR	Morbidity and mortality weekly report
MSSS	Ministère de la Santé et des Services sociaux
NCCLS	National committee for clinical laboratory standard
NYC	New York City department of health
RD	Respiratory decrease
RR	Risque relatif
SCHL	Société canadienne d'hypothèques et de logement
UFC	Unités formatrices de colonies
WHO	World health organization

INTRODUCTION

La présence de moisissures en milieu intérieur est devenue un sujet de préoccupation tant pour les professionnels de la santé que pour la population en général. En effet, au cours des dernières années, de plus en plus d'études effectuées en Amérique du Nord et en Europe ont fait ressortir un lien possible entre la présence de moisissures en milieu intérieur et diverses atteintes à la santé.

Au Québec, les directions de santé publique ont connu une augmentation croissante des demandes annuelles concernant les problèmes d'humidité excessive et de moisissures entre 1995 et 1998, si bien qu'en 1998, ce type de demandes représentait à lui seul en moyenne 40 % des demandes totales reçues par les équipes de santé environnementale¹. En 2002, cette proportion semblait avoir encore augmenté², laissant ainsi entrevoir une problématique en croissance. En milieu résidentiel, les directions de santé publique interviennent dans des situations jugées graves, touchant plusieurs personnes, ou à la demande des ressources de première ligne. Quant aux édifices publics, les directions de santé publique et les équipes de santé au travail des CLSC sont interpellées lors de cas de contamination d'établissements scolaires ou hospitaliers, situation semblant survenir de plus en plus fréquemment³.

Les municipalités sont également de plus en plus sollicitées par les citoyens dans leur recherche de solutions aux problèmes d'humidité excessive, d'infiltration d'eau et de moisissures. À Montréal, près de 10 % des plaintes annuelles touchent spécifiquement ces problèmes tandis qu'elles atteignent près de 50 % à Québec. À l'échelle de la province, le nombre de plaintes adressées aux autorités municipales concernant cette problématique a été évalué à 2 500 par an⁴.

Le présent document est basé sur une revue de la littérature à jour sur le sujet et tient compte de l'opinion d'organisations reconnues mondialement. Il se veut un ouvrage de référence, qui s'adresse principalement aux intervenants du réseau de la santé (professionnels de santé publique et de santé communautaire, médecins conseils, médecins traitants, etc.) ainsi qu'aux partenaires (inspecteurs municipaux, professionnels de l'habitation, gestionnaires d'édifices publics, etc.) susceptibles de participer aux diverses étapes de la gestion d'un cas de contamination fongique de l'environnement intérieur, que ce soit en milieu résidentiel ou dans les édifices publics. Ces étapes comprennent aussi bien la prise en charge des sujets présumés exposés que l'évaluation de la contamination, l'analyse et l'interprétation des résultats, l'élaboration, la transmission et le suivi des recommandations. Ce document offre entre autres un aperçu des différentes tâches à accomplir et des interrelations souhaitables entre les diverses ressources impliquées. Toutefois, compte tenu de la diversité des structures organisationnelles régionales et de la disparité des ressources, il n'existe aucune démarche globale unique pouvant convenir à tous les contextes possibles.

¹ *Plan d'action concernant la qualité de l'air intérieur, la salubrité et la santé publique*, 2000. Ministère de la Santé et des Services sociaux, Institut national de santé publique du Québec et Conseil des directeurs de santé publique.

² Sondage effectué auprès des directions de santé publique du Québec, juillet 2002. Données non publiées.

³ Bélanger, M., 2000. *Bilan d'avis de santé publique québécois sur l'exposition aux moisissures dans l'environnement intérieur*. Direction de santé publique de Lanaudière. Document non publié.

⁴ Bourget, R., 2000. *Nos bâtiments sont-ils malades?* Expo-Contech 2000. Résumé des présentations. Document non publié.

C'est pourquoi, à partir du modèle proposé dans le présent document, il appartient à chaque région socio-sanitaire de mettre sur pied son propre plan d'intervention, d'identifier ses partenaires et, de concert avec les autorités concernées, de prévoir l'ensemble des modalités, ententes et mécanismes d'interactions nécessaires à un déroulement efficace des opérations.

Le document résume d'abord divers aspects de la biologie des moisissures, par un aperçu de leur classification, de leur cycle de vie, de leurs conditions de croissance et enfin, de leur présence dans le milieu intérieur⁵. Les effets sur la santé sont présentés au deuxième chapitre. Outre les composantes fongiques à effets nocifs, cette section fait état des principaux effets possibles sur la santé, résume les connaissances épidémiologiques sur le sujet, puis discute du lien de causalité. Un troisième chapitre décrit la démarche d'investigation des cas de contamination fongique en présentant tour à tour la stratégie d'enquête, l'évaluation environnementale, l'évaluation des problèmes de santé et la gestion des cas. La dernière section fait état des principales mesures de prévention et de correction applicables aux problèmes d'humidité excessive et de prolifération fongique. Enfin, des annexes présentant des compléments à l'évaluation environnementale, à l'évaluation des problèmes de santé et aux mesures correctives viennent compléter le document.

Le type d'exposition dont il est question dans le présent document est une exposition environnementale à la contamination fongique du milieu intérieur survenant sur les matériaux de construction ou dans les systèmes de ventilation. Ce type de contamination peut survenir dans tout type de bâtiment réunissant les conditions favorables à la croissance des moisissures. Dans ces circonstances, les concentrations de moisissures dans l'air et les niveaux d'exposition sont souvent variables. De plus, tout occupant peut théoriquement être exposé à cette contamination, souvent à son insu et sans égard à son occupation.

Un autre type d'exposition possible à des moisissures est celui potentiellement associé à l'exécution de tâches liées à des procédés agricoles, industriels ou agroalimentaires (ex. : déchargement de grains dans des élévateurs, usine de compostage et de recyclage de déchets). Ce type d'exposition est souvent connu et peut être contrôlé soit à l'aide d'un système de ventilation approprié, soit par des mesures destinées à limiter la propagation des moisissures, soit encore, à l'aide d'équipements de protection personnelle appropriés (ex. : respirateur). Ce type d'exposition, qui ne concerne que certains groupes de travailleurs oeuvrant dans des conditions environnementales bien particulières, ne sera pas traité dans ce document.

⁵ Le lecteur doit prendre note que l'utilisation de « milieu intérieur » dans ce document correspond au milieu intérieur non industriel, c'est-à-dire les milieux autres qu'industriels et agricoles.

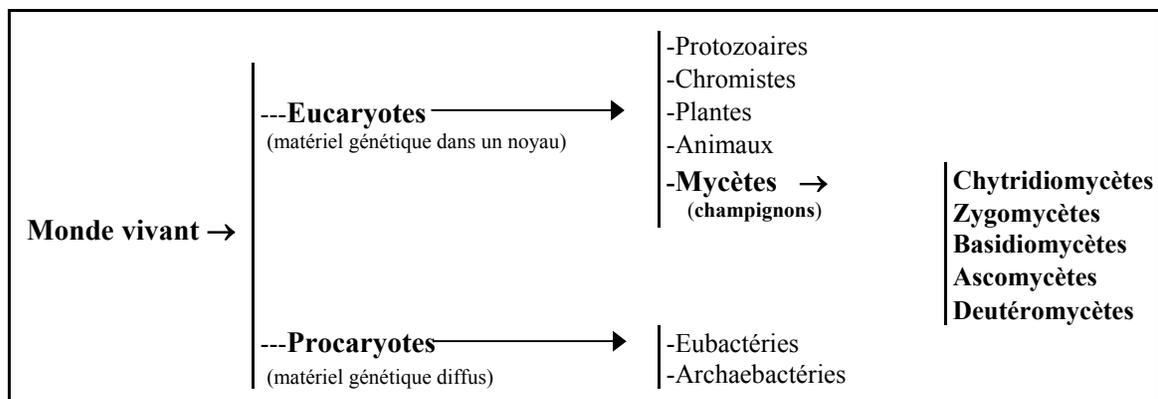
1. LES MOISSURES

Les moisissures sont des champignons microscopiques ubiquistes à croissance filamenteuse qui regroupent des milliers d'espèces (IOM, 2000 ; NYC, 2000 ; Ainsworth and Bisby's Dictionary of Fungi, 2001). Le terme familier de « moisissures » fait généralement référence à leur texture laineuse, poudreuse ou cotonneuse, qui peut être observée à divers endroits, comme sur les aliments entreposés depuis un certain temps ou dans les lieux humides d'une habitation, par exemple. Les moisissures produisent des structures de reproduction appelées spores ; celles-ci sont invisibles à l'œil nu et peuvent, chez la plupart des espèces, passer en suspension dans l'air. Elles peuvent également élaborer des substances chimiques susceptibles de demeurer à l'intérieur des spores, d'être libérées dans les matériaux qu'elles colonisent (ex. : mycotoxines), ou encore d'être libérées dans l'air ambiant (ex. : composés organiques volatils). Afin de bien comprendre le mode d'action de ces organismes, il importe d'abord de dresser un portrait global de leurs principales caractéristiques biologiques.

1.1 Aperçu de la classification

Les champignons sont des organismes vivants constitués en grande partie de filaments de cellules de structure simple et de quelques cellules plus spécialisées qui donneront naissance à des spores. Les champignons ont un matériel génétique confiné dans un noyau au même titre que les plantes et les animaux. Ils possèdent toutefois un certain nombre de caractéristiques qui en font un groupe à part : parois contenant de la cellulose et de la chitine, absence de chlorophylle et de mobilité. L'ensemble de ces caractéristiques fait en sorte que les taxonomistes classent les champignons dans un règne distinct, soit celui des mycètes ou cinquième règne (Kendrick, 1999 ; Malloch, 1997). À l'instar des autres organismes vivants, les champignons sont subdivisés en classes, en ordres, en familles, puis finalement, en genres et en espèces, ces deux derniers termes étant utilisés pour les désigner (ex. : *Aspergillus* [genre] *fumigatus* [espèce]). La mention « sp » placée après le genre (ex. : *Acremonium* sp) signifie que la souche n'a pas été identifiée au-delà du genre, tandis que « spp » (ex. : *Penicillium* spp) est utilisé pour désigner un ensemble d'espèces du même genre.

La classification des moisissures, tout comme celle des autres champignons, est d'abord basée sur le mode de reproduction sexuée ou phase téléomorphe. Ce critère définit quatre des cinq ordres des mycètes, soit les Chytridiomycètes, les Zygomycètes, les Basidiomycètes et les Ascomycètes (voir la figure 1).



Adapté de : Blackwell *et al.* (1998)

Figure 1 : Classification des mycètes (champignons)

Certaines moisissures sont le plus souvent ou exclusivement rencontrées à des stades de multiplication asexuée, dits anamorphes, et sont alors classées d'après le mode de production des spores asexuées ou conidies. Ces espèces sont classées dans le cinquième ordre, les Deutéromycètes, ou *Fungi imperfecti*. Les moisissures qui prolifèrent sur les matériaux de construction et les surfaces à l'intérieur des résidences et des édifices se retrouvent fréquemment dans des circonstances de croissance favorisant uniquement le stade asexué, la majorité d'entre elles faisant donc partie de ce cinquième ordre. Moins souvent, les moisissures retrouvées dans ces endroits font partie de groupes à reproduction sexuée, comme certains Zygomycètes (*Mucor*, *Absidia*, *Rhizopus*), Ascomycètes (*Eurotium*, *Chaetomium*) et rarement, Basidiomycètes. En milieu intérieur, les sites très humides peuvent aussi favoriser la croissance de certaines levures.

1.2 Cycle de vie des moisissures

Le réservoir naturel des moisissures se situe à l'extérieur, sur les végétaux, la matière organique en décomposition, à la surface d'eau stagnante ainsi que dans le sol ou à la surface de ce dernier (Malloch, 1997). Lorsque les conditions le permettent, les moisissures produisent, à maturité, des spores qui peuvent être transportées par les courants d'air ou par les humains et les animaux domestiques et se retrouver éventuellement dans les maisons et édifices. Dans les climats tempérés, c'est durant la saison de croissance des végétaux et quelque temps après celle-ci, que le nombre de spores se trouvant à l'extérieur est le plus élevé (WHO, 2000). Ces spores sont une forme latente des moisissures. La dispersion des spores peut se faire sur de grandes distances. Des études effectuées en milieu contrôlé ont démontré qu'une petite proportion des spores aéroportées peut se retrouver jusqu'à cent mètres de la source d'émission bien que la grande majorité de celles-ci se retrouvent à proximité de leur lieu de libération (Carlile et Watkinson, 1994). Des études d'aérobiologie ont démontré que sous certaines conditions, les spores fongiques peuvent même se retrouver à des kilomètres (Paul Comtois, comm. pers., juillet 2002). Les spores permettent aux moisissures de résister à des conditions aussi extrêmes que le gel, les feux de forêts, le processus de digestion et les grandes sécheresses. Cette résistance aux conditions environnementales peut varier considérablement d'une espèce à l'autre mais on retrouve des espèces adaptées à presque tous les climats et conditions extrêmes (voir le tableau 1).

Tableau 1 : Aperçu du degré de résistance des spores fongiques

CONDITION ENVIRONNEMENTALE	SEUIL DE RÉSISTANCE	DURÉE DE LA VIABILITÉ	EXEMPLES D'ESPÈCES CONCERNÉES
Chaleur très élevée	90°C (feux de forêt)	Quelques mois	Ascospores de <i>Byssochlamys fulva</i> ; <i>Neurospora</i> sp
Froid intense	Congélation	Un hiver	Plusieurs espèces d'Amérique du Nord
Sécheresse de l'air ambiant	± 0 % d'humidité relative	Semaines à années	La majorité des genres de l'environnement intérieur : <i>Eurotium</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium</i>
Présence d'humidité dans le milieu sur lequel se déposent les spores	De 0 à 50 % d'humidité	Jusqu'à des années	<i>Eurotium</i> sp
	Plus de 50 % d'humidité	À ces taux, les spores devraient germer ; dans le cas contraire, elles pourrissent.	Toutes les espèces

Sources : Carlile *et al.* 2001 ; Kendrick, 1999 ; Block, 1991 ; Regnault, 1990

Dans les régions tempérées, la concentration et la diversité des espèces fongiques varient principalement selon la saison et la disponibilité des matières organiques retrouvées principalement à l'extérieur. Dans la région de Montréal, par exemple, Pineau et Comtois (1989), dans une étude sur les variations saisonnières des champignons aéroportés, ont fait ressortir que le nombre le plus élevé de moisissures viables dans l'air extérieur, mesuré à l'aide d'un capteur de spores Burkard, s'observe au mois de septembre ; à ce moment, ce nombre se situe entre 2 000 et 2 500 unités formatrices de colonies par mètre cube d'air (UFC/m³), ne dépassant guère 500 UFC/m³ durant les autres mois de l'année.

Tout comme en milieu extérieur, le cycle de vie des moisissures en milieu intérieur débute lorsqu'une spore se dépose sur une surface lui offrant les conditions nécessaires à sa croissance. En fait, la germination se déclenche par la présence d'eau combinée ou non à certains facteurs très spécifiques comme l'intensité lumineuse, certaines températures ou types d'éléments nutritifs. La spore germera alors et donnera naissance à un premier filament non différencié, appelé hyphe, qui s'allongera pour former un ensemble appelé mycélium. Cet ensemble de filaments, plus ou moins ramifiés, constitue le thalle des champignons. En présence de conditions favorables à la sporulation, le mycélium donnera naissance à des structures plus spécialisées, qui produiront des spores asexuées (conidies) ou, plus rarement, des spores sexuées (Kendrick, 1999).

Chaque moisissure produit un très grand nombre de spores dont l'ensemble, appelé sporée, se présente très souvent sous un aspect poudreux et coloré à la surface de la moisissure. La taille, la forme et la couleur des spores de moisissures varient grandement d'une espèce à l'autre. Par contre, en microscopie, toutes les spores d'une même espèce sont de couleur, de dimension et de forme relativement constantes ce qui, dans bien des cas, constitue un élément d'identification taxonomique (ACGIH, 1999). Le diamètre des structures fongiques de reproduction varie entre 2 et 200 µm (Stetzenbach et Buttner, 2000), bien qu'il se situe pour une forte proportion des spores entre 2 et 20 µm (WHO, 2000). Certaines spores se retrouvent à l'intérieur de structures fongiques spécialisées qui peuvent mesurer jusqu'à 250 µm de diamètre.

Tous les types de spores pourront dans des conditions favorables, recommencer un cycle de vie, soit à proximité du thalle original ou même à forte distance de celui-ci, dans les jours ou les mois suivant sa production.

1.3 Conditions de croissance des moisissures

Dans leur milieu naturel, la plupart des moisissures sont saprophytes, tirant leur nourriture de matières organiques mortes ou plus ou moins décomposées. Même si toute matière organique peut constituer un substrat de croissance pour les moisissures, les conditions optimales de croissance peuvent varier d'une espèce à l'autre, chacune d'entre elles ayant un degré différent d'adaptation à son environnement. Certaines moisissures requièrent un taux d'humidité très élevé pour croître tandis que d'autres préfèrent des taux beaucoup moins élevés. Certaines peuvent croître sur des feuilles en décomposition, substance humide et facilement pénétrable, tandis que d'autres s'attaqueront à des matières plus ligneuses, telles le bois ou même à des matières animales chitineuses tels les cheveux et les ongles. De plus, la compétition inter-espèces procurera un avantage aux moisissures les mieux adaptées, référant à la notion de niches écologiques particulières pour la croissance optimale de chaque type de moisissure (Robbins *et al.*, 2000 ; Malloch, 1997 ; Grant *et al.*, 1988).

En plus de la vitesse de croissance et de la quantité de spores produites, le succès de propagation d'une moisissure dépendra surtout de l'efficacité de la dispersion de ses spores. Ainsi, sauf pour quelques espèces qui peuvent projeter leurs spores sur une distance considérable, ce succès dépendra principalement de l'efficacité de la dispersion des spores aéropoortées (Kendrick, 1999).

Lorsqu'elle se dépose sur une surface, la spore a besoin de trois principaux éléments pour germer :

- les éléments nutritifs nécessaires (de la matière organique, notamment la cellulose) (voir la section 1.3.2) ;
- l'eau en quantité suffisante (voir la section 1.3.3) et,
- une température appropriée (entre 10 et 40°C) (Malloch, 1997).

1.3.1 Croissance en milieu intérieur

Dans le milieu intérieur, les moisissures peuvent se retrouver sur des aliments destinés à la consommation humaine ou animale ainsi que sur des objets faits de matériaux celluloseux (coton, papier, bois) ou d'origine animale (cuir). Tel que précisé précédemment, la température normalement rencontrée dans un environnement intérieur permet la germination, la croissance et la prolifération de certaines moisissures. Le tableau 2 présente des exemples de moisissures pouvant être retrouvées en milieu intérieur selon le substrat sur lequel elles sont susceptibles de croître.

Plusieurs moisissures sont adaptées aux conditions de l'environnement intérieur et croissent bien sur les matériaux de construction (Gravensen *et al.*, 1999). Selon certains auteurs, une trentaine de genres y sont observés de façon régulière en milieu intérieur contaminé (voir le tableau 3), les plus fréquents étant les *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, et *Alternaria* (Garrett *et al.*, 1998 ; Hamilton et Eggleston, 1997 ; Husman, 1996 ; Strachan *et al.*, 1990).

Tableau 2 : Principales moisissures retrouvées en milieu intérieur selon le substratum de croissance

SUBSTRAT	MOISSURES RETROUVÉES
Aliments	<i>Aspergillus</i> sp <i>Eurotium</i> sp <i>Penicillium</i> sp <i>Rhizopus</i> sp <i>Xeromyces</i> sp Certaines levures
Grains, céréales et fourrage	<i>Aspergillus</i> sp <i>Eurotium</i> sp <i>Claviceps purpurea</i> (ergot du seigle ^a) <i>Fusarium</i> sp <i>Stachybotrys</i> sp
Produits faits de cellulose tel le papier, le carton et le bois	<i>Alternaria</i> sp <i>Chaetomium</i> sp <i>Cladosporium</i> sp <i>Epicoccum</i> sp <i>Stachybotrys</i> sp
Bois (bois d'œuvre, souches, arbres, etc.)	<i>Armillaria mellea</i> ^b <i>Ceratocystis</i> sp ^b <i>Chaetomium</i> sp <i>Phialophora</i> sp <i>Serpula lacrymans</i> ^b
Matériaux de construction et autres produits : <ul style="list-style-type: none"> • murs peints • papier peint • placoplâtre • cuir • calfeutrage synthétique^c 	<i>Aspergillus</i> sp <i>Aureobasidium</i> sp <i>Cladosporium</i> sp <i>Exophiala</i> sp <i>Penicillium</i> sp <i>Phoma</i> sp <i>Stachybotrys</i> sp <i>Scopulariopsis</i> sp <i>Trichoderma</i> sp
Végétaux en décomposition (à l'intérieur comme à l'extérieur)	<i>Alternaria</i> sp <i>Cladosporium</i> sp <i>Epicoccum</i> sp

^a Ce champignon n'est jamais rencontré en surface des matériaux de construction mais est associé à des problèmes de santé humaine très sévères.

^b Il s'agit de champignons macroscopiques qui font partie des espèces occasionnant la pourriture du bois.

^c Le calfeutrage synthétique souillé par de la matière organique dans des conditions d'humidité très élevée peut constituer un substratum pour la croissance des moisissures.

Sources : Malloch (1997) ; Hunter *et al.*, (1996) ; Grant *et al.*, (1988)

Tableau 3 : Moisissures et levures fréquemment retrouvées dans un environnement intérieur contaminé par les moisissures

MOISSISSURES	MOISSISSURES (SUITE)	LEVURES
<i>Acremonium</i> sp	<i>Fusarium</i> sp	<i>Candida</i> sp
<i>Alternaria alternata</i>	<i>Mucor plumbeus</i>	<i>Rhodotorula</i> sp
<i>Aspergillus flavus</i>	<i>Paecilomyces</i> sp	<i>Saccharomyces</i> sp
<i>Aspergillus fumigatus</i>	<i>Penicillium brevicompactum</i>	<i>Torulopsis</i> sp
<i>Aspergillus glaucus</i>	<i>Penicillium chrysogenum</i>	
<i>Aspergillus niger</i>	<i>Phoma</i> sp	
<i>Aspergillus penicilloides</i>	<i>Pithomyces</i> sp	
<i>Aspergillus versicolor</i>	<i>Rhizopus</i> sp	
<i>Aureobasidium</i> sp	<i>Stachybotrys chartarum</i>	
<i>Chaetomium</i> sp	<i>Stemphylium</i> sp	
<i>Chrysosporium</i> sp	<i>Trichoderma</i> sp	
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	<i>Tritirachium</i> sp	
<i>Curvularia</i> sp	<i>Ulocladium consortiale</i>	
<i>Epicoccum</i> sp	<i>Verticillium</i> sp	
<i>Eurotium</i> sp	<i>Wallemia sebi</i>	

Sources : Kendrick (1999) ; ACGIH (1999) ; Malloch (1997) ; Grant *et al.* (1988) ; IRSST, Goyer *et al.*, 2001.

La croissance fongique sur les matériaux de construction commence toujours par le dépôt à leur surface de spores fongiques souvent aéroportées de l'extérieur ou, moins fréquemment, de fragments d'hyphes. Ces derniers peuvent survivre dans l'air de quelques heures à quelques jours tandis que les spores sont, tel que précisé plus haut, des structures très résistantes qui peuvent survivre de quelques jours à quelques mois. Les structures fongiques présentes dans l'air finissent par se déposer sur des surfaces horizontales ou même verticales. Elles peuvent également se déposer dans les systèmes de ventilation ou sur les tapis ou encore être déplacées vers d'autres surfaces de matériaux de construction lors de mouvements d'air importants.

1.3.2 Éléments nutritifs

La majorité des moisissures sont peu exigeantes quant aux éléments nutritifs nécessaires à leur croissance. En effet, leur contenu enzymatique leur permet de se servir des matières organiques retrouvées dans les matériaux de construction pour croître. Les produits celluloseux tels le carton, le papier et le placoplâtre constituent d'excellents supports à leur croissance. Plusieurs moisissures peuvent aussi vivre sur les fibres naturelles et synthétiques, des tapis et des tentures. Grant *et al.* (1988) soulignent qu'il est même possible de rencontrer des moisissures croissant sur des murs et des plafonds recouverts de peinture à base d'eau (peinture au latex) ainsi que sur des moulures autour des fenêtres recouvertes d'une peinture luisante. En plus des matériaux de construction, d'autres sources de prolifération de moisissures peuvent exister à l'intérieur des bâtiments telles les cartons ondulés, les plantes empotées, les textiles, les cuirs et les fourrures ainsi que tout aliment entreposé. Enfin, tout amas de matière végétale ou de poussière organique peut supporter la croissance des champignons (Rowan *et al.*, 1999 ; Malloch, 1997 ; Hunter *et al.*, 1996 ; Grant *et al.*, 1988).

Il est intéressant de noter que les constructions récentes contiennent de nombreux matériaux cellululosiques. Le papier et la colle présents en surface du placoplâtre, les tuiles cartonnées des plafonds suspendus, les recouvrements de papier peint encollé ainsi que les matériaux de recouvrement constitués d'agglomérés de particules de bois constituent des substrats facilement dégradables par les moisissures en plus d'être des matériaux qui retiennent facilement l'eau. La porosité de ces matériaux facilite la pénétration des moisissures et permet le transfert des éléments nutritifs en surface (Gravensen *et al.*, 1999).

En milieu intérieur, la présence de circonstances favorables à la croissance de moisissures peut occasionnellement entraîner la présence d'autres organismes du groupe taxonomique des mycètes (champignons). Ceux-ci ne sont toutefois pas discutés dans le présent document. Ce sont principalement :

- les levures, dans des conditions d'humidité très élevée. Ces organismes contribuent rarement aux problèmes de santé généralement associés à la contamination fongique intérieure ;
- les champignons responsables de la pourriture du bois ou de la carie des arbres, qui peuvent croître sur les matériaux de construction et les détériorer. Ces organismes lignivores se retrouvent à ce stade sous forme de longs faisceaux de filaments blancs, qui peuvent ressembler à de la moisissure. Dans de rares circonstances, certains d'entre eux peuvent être allergènes.
- les champignons macroscopiques à carpophore (à chapeau), tels ceux croissant dans les sous-bois. Il arrive de façon exceptionnelle que certaines espèces de champignons à carpophore se retrouvent dans l'environnement intérieur.

Au Québec, par exemple, certaines espèces macroscopiques, telle la Mérule pleureuse (*Serpula lacrimans*) peuvent croître occasionnellement dans les habitations et causer de sérieux dommages aux structures de bois des bâtiments (Legris, 1996a).

1.3.3 Importance de l'eau

En milieu intérieur, l'élément déterminant la prolifération fongique demeure la présence d'eau disponible. La présence d'eau libre ou disponible dans un environnement intérieur peut être causée par des problèmes d'infiltration chronique, d'humidité excessive, de condensation de surface ou encore à la suite d'une inondation ou d'un bris de tuyau.

Humidité relative

En milieu intérieur, il est important de maintenir un niveau minimal d'humidité, se situant autour de 30 % (ASHRAE, 2001) afin d'assurer le confort des occupants, puisque de l'air trop sec peut occasionner certains symptômes. Toutefois, un excès d'humidité peut quant à lui entraîner des problèmes de santé chez les occupants ainsi qu'altérer les composantes du bâtiment.

Outre la disponibilité de l'eau sous forme liquide, l'eau contenue dans la phase gazeuse (vapeur d'eau) a aussi de l'importance pour la croissance fongique (ACGIH, 1999). L'humidité relative est un terme fréquemment utilisé pour décrire la présence « d'eau » dans l'air intérieur. En fait, l'humidité relative indique la quantité de vapeur requise pour la saturation d'un volume d'air à une température et une pression donnée. Plus l'air est chaud, plus il peut retenir d'eau sous forme de vapeur. L'humidité relative et la température varient fréquemment à l'intérieur d'une même pièce. L'humidité relative sera donc plus élevée à proximité des surfaces les plus froides. Ainsi, même si le taux d'humidité relative

est acceptable au milieu d'une pièce, un mur mal isolé et froid pourra entraîner la formation d'une condensation en surface (gouttelettes d'eau) susceptible de favoriser la croissance des moisissures. Il existe différentes façons de réduire l'humidité relative sous le point de saturation près de ces surfaces, dont la réduction du contenu en vapeur d'eau de l'air, l'accroissement du mouvement d'air en surface, l'augmentation de la température de l'air, etc. (SCHL, 1995a ; Ruest, 2002).

D'après l'étude de Grant *et al.* (1988), les moisissures les plus fréquemment rencontrées à l'intérieur des maisons requièrent une humidité relative minimale de 76 % à une température de 25°C. Les conditions deviennent propices à la croissance des moisissures à partir du moment où l'humidité relative de l'air est égale ou supérieure à 65 % à la surface des matériaux (Ruest, 2002 ; SCHL, 1992). De même, une augmentation de la température ambiante ou de la disponibilité en éléments nutritifs entraînera une diminution du taux d'humidité minimum nécessaire à la croissance des moisissures (voir la figure 2).

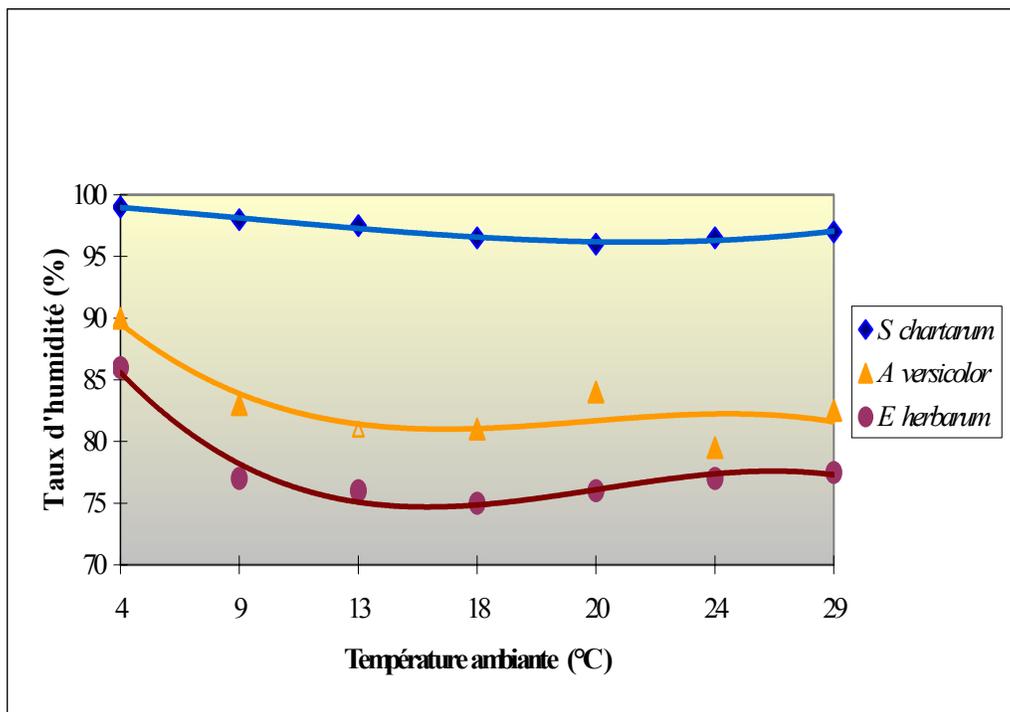


Figure 2 : Humidité relative minimale nécessaire à la croissance de trois espèces de moisissures selon la température ambiante

Source : Rowan *et al.*, 1999

Activité de l'eau ou A_w

Il existe différents termes pour décrire la présence d'eau dans les matériaux. Cependant, dans un contexte de moisissures pouvant croître dans des conditions variables de disponibilité en eau, de nombreux scientifiques utilisent le concept d'activité de l'eau. L'activité de l'eau, notée A_w , se définit comme le rapport entre la pression de vapeur de l'eau d'une solution donnée (P_s) et celle de l'eau pure (P_w) à une température donnée (Baker *et al.*, 2001). L'activité de l'eau est arbitrairement fixée à 1 ($A_w = P_s/P_w$).

L'activité de l'eau se situe entre 0 (absence d'eau) et 1,0 (eau pure). Il s'agit d'un indicateur important de la capacité du matériau à supporter la croissance microbienne. Théoriquement, les limites pour la croissance microbienne s'étendent de 0,65 à 1,0, avec une limite inférieure absolue de 0,55. En pratique, si l' A_w dans le matériau peut être maintenue sous les 0,75, la croissance microbienne sera limitée, tandis qu'il n'y aura pratiquement aucune croissance microbienne sous un A_w de 0,65, même sur les matériaux les plus facilement attaquables. Les spores de moisissures pourront toutefois rester viables sous ces valeurs et ce, sur de longues périodes de temps (ACGIH, 1999). Malheureusement, il n'existe actuellement aucune technique utilisable sur le terrain permettant de fournir des mesures directes des niveaux de A_w . Plusieurs investigateurs mesurent à l'aide d'un humidimètre le « contenu en humidité » d'un matériau à titre d'indicateur pour son potentiel à supporter la croissance fongique (Carlile *et al.*, 2001). Cependant, il faut apporter à ces lectures des corrections tenant compte du type de matériau et de la température pour leur interprétation et leur conversion en A_w (Ruest, 2002).

Les moisissures communément rencontrées dans les bâtiments peuvent croître, selon les espèces, à des taux d'activité de l'eau (A_w) dans les matériaux allant de 0,70 A_w à 0,95 A_w , tel que présenté au tableau 4.

Tableau 4 : Exemples de moisissures retrouvées en milieu intérieur selon le niveau d'activité de l'eau

NIVEAUX PEU ÉLEVÉS ($A_w \leq 0,80$)	NIVEAUX INTERMÉDIAIRES ($0,80 > A_w < 0,90$)	NIVEAUX ÉLEVÉS ($A_w \geq 0,90$)
<i>Aspergillus glaucus</i> <i>Aspergillus penicillioides</i> <i>Aspergillus repens</i> <i>Aspergillus restrictus</i> <i>Aspergillus versicolor</i> <i>Eurotium</i> sp <i>Penicillium brevicompactum</i> <i>Penicillium chrysogenum</i> <i>Wallemia sebi</i>	<i>Alternaria alternata</i> <i>Aspergillus flavus</i> <i>Aspergillus versicolor</i> <i>Cladosporium cladosporioides</i> <i>Ulocladium consortiale</i>	<i>Alternaria alternata</i> <i>Aspergillus fumigatus</i> <i>Fusarium</i> sp <i>Mucor plumbeus</i> <i>Stachybotrys chartarum</i> <i>Ulocladium consortiale</i> Levures (Rhodotorula)

Source : Maheux (1998) et Husman (1996)

1.4 Résumé des connaissances sur l'importance de la contamination des habitations et des édifices publics par les moisissures

Des études descriptives ayant mesuré le nombre d'espèces et de spores viables dans l'air intérieur rapportent des valeurs se situant entre 0 et 1×10^5 UFC/m³, bien que de plus fortes concentrations puissent être retrouvées en milieu agricole ou industriel (Goyer *et al.*, 2001). Cependant, les décomptes les plus fréquents en milieu résidentiel ou en milieu de travail non industriel se situent entre 50 et 1 500 UFC/m³ (Jarvis et Morey, 2001 ; Fung *et al.*, 2000 ; Seuri *et al.*, 2000 ; Garrett *et al.* 1998 ; Miller *et al.*, 1988), ce qui est généralement inférieur aux concentrations retrouvées à l'extérieur en période de pointe (Strachan *et al.*, 1990). Cependant, au Canada, il existe encore peu de données sur l'importance de la contamination des habitations et des édifices publics par les moisissures.

Dans un milieu intérieur où il n'y a pas d'amplification ni d'accumulation de particules fongiques dans les systèmes de ventilation, la concentration de particules fongiques est similaire voire même souvent inférieure à la concentration retrouvée à l'extérieur au même moment (AIHA, 2001 ; ACGIH 1999). Il n'existe pas de seuil quantitatif valable définissant la superficie de la moisissure visible nécessaire pour statuer qu'il y a « contamination ». Il faut noter que les petites taches de moisissures apparaissant aux endroits régulièrement humides, tel qu'au pourtour du bain ou de certaines fenêtres, par exemple, ne sont pas considérées comme une « contamination », telle que nous l'abordons dans ce document. En effet, ce type de croissance est généralement facilement contrôlé lors de l'entretien ménager régulier. La contamination fongique dont il est question dans le présent document fait plutôt référence à la prolifération non contrôlée de moisissures apparaissant sur les murs, les tuiles de plafond, les meubles, etc.

Le milieu résidentiel

Miller *et al.* (1988) ont étudié 51 maisons à travers le Canada, dont 8 au Québec (Montréal). Les résultats ont démontré une teneur en humidité jugée élevée dans 20 % des cas. Dales *et al.* (1991) ont quant à eux analysé près de 14 000 questionnaires distribués dans plusieurs communautés canadiennes (Maritimes, Québec, Ontario, Saskatchewan, Colombie-Britannique). Les répondants ont rapporté la présence de moisissures visibles dans une proportion de 32,4 % tandis que la présence d'humidité a été rapportée dans 14,1 % des cas. Dans l'étude de Escamilla-Garcia (1997), la présence de contamination fongique visible a été constatée dans des chambres à coucher d'enfants dans 14 % des 222 maisons montréalaises évaluées.

Quelques études européennes fournissent également un aperçu de l'importance de ce type de contamination dans les habitations des autres pays nordiques. Williamson *et al.* (1997) citent des enquêtes effectuées en Grande-Bretagne qui suggèrent qu'entre le quart et le tiers des résidences sont affectées par l'humidité, la condensation ou la prolifération fongique. Dans un échantillonnage de 450 maisons construites entre les années 1950 et 1980, un groupe de chercheurs finlandais rapporte des signes de dommages actuels ou passés causés par l'humidité dans 80 % des maisons visitées (Koskinen, 1999 ; Husman, 1999). De même, une étude australienne effectuée sur 485 maisons a démontré que la concentration de particules fongiques dépassait les 550 UFC/m³ dans 55 % des maisons et que ces concentrations étaient associées à des paramètres des résidences tels l'aération, l'entretien et la présence de moisissures visibles (Dharmage *et al.*, 1999).

Verhoeff et Burge (1997) et un comité chargé par l'Environmental Protection Agency (EPA) d'évaluer le lien entre les contaminants de l'air intérieur et l'asthme, citent des études effectuées en Amérique du Nord et en Europe qui mettent en évidence la présence de moisissures et d'humidité dans 20 % à 66 % des maisons. Des données recueillies par le recensement américain démontrent que pour l'année 1995, 29 % des maisons avaient des problèmes liés aux dégâts d'eau ou aux infiltrations, 12 % des problèmes de fuites d'eau provenant de sources intérieures et près de 17 %, des problèmes de sources extérieures (IOM, 2000).

Dans une étude visant à estimer les effets de l'humidité excessive dans les édifices à logements, Norbäck *et al.* (1999) rapportent des problèmes d'humidité excessive dans 27 % des édifices à l'étude. Enfin, Engvall *et al.* (2001) ont fait parvenir des questionnaires comprenant quatre indicateurs (condensation sur les fenêtres, humidité élevée dans la salle de bain, odeur de moisi et histoire connue d'infiltration d'eau depuis les cinq dernières années) à des résidents d'immeubles résidentiels. Chez les 9 808 répondants, ces indicateurs étaient présents dans 9,0 %, 12,4 %, 7,6 % et 12,7 % des cas respectivement, 28,5 % des résidences présentant au moins un indicateur de conditions de logement

humides. Le tableau 5 présente quelques études ayant rapporté la prévalence de problèmes d'humidité excessive ou de moisissures en milieu intérieur résidentiel.

Bien qu'elle ne précise aucun chiffre sur la prévalence de la contamination fongique en milieu intérieur, une agence gouvernementale britannique, le Building research establishment (BRE), affirme que la présence de ce type de contamination en milieu résidentiel constitue selon une classification qu'elle a établie, un risque important à la santé (Raw *et al.*, 2001).

Tableau 5 : Exemples d'études rapportant la prévalence de problèmes d'humidité excessive et/ou de moisissures en milieu résidentiel intérieur

AUTEURS	PAYS	N	MÉTHODE UTILISÉE	PRÉVALENCE
Dales <i>et al.</i> (1991)	Canada	13 500	questionnaire	38 % (humidité excessive et moisissures)
Escamilla-Garcia (1997)	Canada (Montréal)	222	questionnaire	14 % (moisissures visibles)
Miller <i>et al.</i> (1988)	Canada	51	inspection	20 % (humidité excessive)
Tsongas (1994)	États-Unis (Illinois)	670	inspection	35 % (moisissures visibles)
Brunekreef (1992)	Pays-Bas	2 440	questionnaire	25,4 % (humidité et/ou moisissures)
Pirhonen <i>et al.</i> (1996)	Finlande	1 460	questionnaire	23 % (moisissures visibles, odeurs de moisi, dommages causés par l'eau)
Koskinen (1999)	Finlande	450	inspection	80 % (dommages actuels ou passés causés par humidité)
Norbäck <i>et al.</i> (1999)	Suède	455	questionnaire	27 % (humidité excessive)
Engvall <i>et al.</i> (2001)	Suède	9 808	questionnaire	28,5 % (avec au moins un indicateur d'humidité)

Les édifices publics

Des études réalisées par Travaux publics Canada sur les édifices gouvernementaux ont révélé que des micro-organismes étaient impliqués dans 21 % des cas où des problèmes de qualité de l'air étaient présents (Nathanson, 1996). Une étude québécoise récente a également permis de démontrer que 39 % des classes mobiles⁶ relevant de deux commissions scolaires s'avaient contaminées par les moisissures sur une superficie supérieure à 3 m² (Frenette, 2001).

Sur plus de 500 enquêtes réalisées aux États-Unis de 1971 à 1988, environ 5 % des problèmes de qualité de l'air intérieur avaient été associés à la présence de micro-organismes (Seitz, 1989). Quelques années plus tard, cette tendance avait évolué, les micro-organismes étant alors considérés comme la principale source de contamination de l'air intérieur, soit dans près de 50 % des cas (McNeel et Kreutzer, 1996). Dans un éditorial publié par un journal scandinave, Reijula (1996) va dans le même sens, citant des enquêtes réalisées aux États-Unis et en Europe qui suggèrent que 50 % des édifices publics présentent des problèmes d'humidité.

⁶ Les classes mobiles sont des bâtiments modulaires attenants à certaines écoles.

Par ailleurs, de nombreuses études canadiennes, américaines et européennes ont été effectuées dans des édifices publics et des écoles soupçonnés d'être contaminés par les moisissures. Bien qu'elles aient été réalisées dans des situations où des problèmes de santé ont été rapportés par des occupants, ces évaluations ponctuelles ne permettent pas d'estimer la proportion des édifices aux prises avec une contamination fongique.

2. EFFETS SUR LA SANTÉ HUMAINE

Lorsque les conditions propices à la croissance des moisissures sont présentes dans une habitation ou un édifice public et qu'elles ne sont pas contrôlées, les moisissures peuvent proliférer, coloniser divers substrats et se retrouver éventuellement dans l'air ambiant. En effet, les spores des moisissures croissant en surface des matériaux sont facilement aérosolisables. De plus, des fragments de mycélium, des particules de matériaux contaminés ou de la poussière contenant des particules fongiques déposées, peuvent également être aéroportés. L'exposition aux particules fongiques (spores, fragments) ou aux métabolites fongiques pourra donc se faire par inhalation ou, dans une moindre mesure, par contact physique (exposition cutanée) ou plus rarement encore, par ingestion. Les effets des moisissures sur la santé des occupants seront fonction du type et de l'importance de l'exposition, de la nature de l'agent en cause et de la susceptibilité des individus exposés (état de santé, âge, etc.).

Bien que le présent document traite des problèmes de santé associés à une exposition fongique intérieure, il faut aussi noter qu'une exposition à des concentrations élevées des spores fongiques à l'extérieur constitue une des causes importantes des allergies saisonnières présentes chez 5 à 22 % de la population américaine (AAAI, 2001; Bellanti et Wallerstedt, 2000) et que les allergies aux moisissures représentent près de la moitié des cas de rhinites allergiques saisonnières (Corey *et al.*, 1997). Il faut toutefois noter que les expositions à l'extérieur, mis à part les expositions occupationnelles agricoles et forestières, ne sont associées qu'à des réactions allergiques, incluant l'asthme. Pour sa part, l'exposition intérieure a principalement été associée à des réactions d'irritation et d'allergie. De plus, comme nous le décrirons dans cette section, des éléments de preuve d'une association avec d'autres problèmes de santé s'accumulent dans la littérature médicale et scientifique.

Plusieurs faits contribuent aux différences potentielles entre les effets à la santé dus à une exposition en milieu intérieur et ceux dus à une exposition à l'extérieur (Weisel, 2002; Grech *et al.*, 2002; Jacob *et al.*, 2002; Meklin *et al.*, 2002; SCHL, 2001; EPA, 2001; ACGIH, 1999; Santé Canada, 1995a), dont notamment :

- dans les régions nordiques telles le Québec, où la température annuelle moyenne est plutôt basse, les gens passent en moyenne 90 % de leur temps à l'intérieur. Le nombre d'heures passées à l'intérieur est plus important en milieu urbain et semi-urbain qu'en milieu rural. L'exposition en milieu intérieur (domicile, lieu de travail, école) peut donc se faire sur plusieurs heures consécutives;
- la croissance intérieure n'est pas saisonnière; il est donc possible d'être exposé aux composantes fongiques 12 mois par année;
- la possibilité de se retrouver à proximité de matériaux contaminés augmente la possibilité d'être exposé à de fortes concentrations de spores ou autres composantes fongiques;
- l'accumulation des spores et de COV en milieu intérieur, surtout lorsqu'il est insuffisamment ventilé, augmente l'importance de l'exposition;
- les moisissures retrouvées à l'intérieur peuvent être en plus grande quantité ou en proportion différente de celles retrouvées à l'extérieur;
- le milieu intérieur favorise la prolifération d'espèces sensibilisantes, allergènes, ainsi que potentiellement toxiques ou opportunistes.

Afin de présenter les effets potentiels de ces micro-organismes sur la santé des occupants, nous décrirons d'abord les principales composantes fongiques potentiellement nocives susceptibles d'entrer en contact avec ces derniers. Une revue à jour des études expérimentales, toxicologiques, cliniques et épidémiologiques sur les effets délétères des moisissures et de leurs composantes permettra ensuite de faire le point sur les connaissances actuelles.

Le présent document ne fait état que des effets sur la santé associés aux moisissures. Le lecteur doit prendre en considération que d'autres contaminants, qu'ils soient d'origine biologique ou chimique, peuvent également être présents dans le milieu intérieur, compliquant les diagnostics et constituant des facteurs de confusion dans les études épidémiologiques. En effet, les conditions qui favorisent la prolifération de moisissures (ex. : humidité élevée) sont aussi parfois favorables à la présence d'autres agents biologiques, notamment les bactéries et les acariens. De plus, une ventilation insuffisante, souvent en cause dans l'excès d'humidité ambiante, peut entraîner une élévation des niveaux d'agents chimiques issus de produits d'entretien, de rénovation ou de divers matériaux. Or, certains de ces agents entraînent des symptômes s'apparentant à ceux provoqués par les moisissures (symptômes respiratoires, irritations, allergies). Enfin, il faut noter que le fait d'être exposé aux moisissures n'entraîne pas nécessairement de symptômes chez tous les sujets exposés.

2.1 Composantes fongiques susceptibles d'entraîner des effets nocifs

Diverses composantes fongiques sont susceptibles d'entraîner des effets nocifs chez un individu exposé. Il s'agit de substances élaborées par les moisissures (ex. : mycotoxines, composés organiques volatils) ou d'éléments constituant les parois des spores et du mycélium (ex. : $\beta(1,3)$ glucanes). Les structures fongiques (ex. : spores) non viables d'une espèce donnée peuvent être tout aussi nocives (allergènes, irritantes ou toxiques) que ses structures viables (ACGIH, 1999).

2.1.1 Les mycotoxines

Les mycotoxines sont des métabolites secondaires peu volatils, élaborés par diverses moisissures sous certaines conditions environnementales. À l'heure actuelle, seules certaines espèces de moisissures sont connues comme ayant la capacité de produire des toxines. Leur biosynthèse est dépendante de plusieurs facteurs, dont la température, l'intensité lumineuse, le dioxyde de carbone dans l'air, les éléments nutritifs disponibles et la présence d'autres espèces en compétition (Hendry et Cole, 1993). Les mycotoxines se retrouvent dans le mycélium et les spores et peuvent diffuser dans le substratum. Plusieurs de ces toxines sont relativement stables et leur toxicité peut persister longtemps et ce, même lorsque les éléments fongiques ne sont plus viables. Il faut toutefois noter qu'il n'existe actuellement pas de données sur la durée précise de cette toxicité.

Il y aurait, selon les auteurs, jusqu'à 400 mycotoxines répertoriées (Etzel, 2002). Le nombre exact de mycotoxines pouvant se retrouver sur des matériaux contaminés n'a pas été établi, plusieurs études en faisant l'identification dans des conditions expérimentales ou naturelles (Nielsen *et al.*, 1999). La taille des particules les contenant (ex. : spores, fragments mycéliens) ou sur lesquelles elles sont adsorbées (ex. : poussières) déterminera la profondeur de la pénétration des substances toxiques dans l'arbre bronchique.

Les premières mycotoxines ont été identifiées dans des cas d'ingestion de graminées ou d'autres aliments contaminés. L'ergot du seigle (*Claviceps purpurea*), moisissure bien connue, produit des alcaloïdes qui, une fois ingérés, passent dans la circulation sanguine. L'ergot peut provoquer localement des lésions gangreneuses, ou atteindre le système nerveux central et provoquer des hallucinations et des convulsions, pouvant même mener à la mort (Marasas et Nelson, 1984). L'aflatoxine, produite notamment par *Aspergillus flavus*, peut causer, lorsque ingérée en grande quantité, de graves problèmes hépatiques et serait responsable de certaines formes de cancer du foie. Par ailleurs, il est maintenant reconnu que des mycotoxines présentes dans des particules aéroportées peuvent aussi, une fois inhalées, provoquer des effets délétères (Etzel, 2002 ; Seltzer, 1994 ; Autrup *et al.*, 1993 ; Hendry et Cole, 1993 ; Andrassy *et al.*, 1979). Les effets possibles d'une exposition aux mycotoxines sont multiples et varient selon le type de mycotoxine, la nature et l'ampleur de l'exposition ainsi que la susceptibilité du sujet exposé (Marasas et Nelson, 1984).

Chaque mycotoxine n'est pas nécessairement spécifique à une moisissure donnée (voir le tableau 6). La gliotoxine, par exemple, peut aussi bien être produite par *Aspergillus fumigatus* que par *Trichoderma viride*. De même, une moisissure donnée peut produire plusieurs toxines ; *Aspergillus fumigatus*, agent étiologique de certaines atteintes pulmonaires, fabrique plus de huit toxines différentes (Maheux, 1998). *Stachybotrys chartarum*⁷, une moisissure souvent associée à des contaminations fongiques du milieu intérieur, produit diverses trichotécènes (satratoxine, roridine, verrucarine, etc.), substances ayant toutes été reconnues comme extrêmement toxiques pour les cellules animales (Robbins *et al.*, 2000).

Les trichotécènes sont d'ailleurs responsables de la plupart des effets toxiques des espèces qui en génèrent. Les satratoxines, par exemple, sont responsables d'une mycotoxicose fatale chez l'animal, la stachybotriotoxicose pulmonaire. Des toxines de la famille des trichotécènes sont produites par de nombreuses moisissures et sont toxiques pour la plupart des cellules eucaryotes, dont celles du système immunitaire. Les satratoxines produites par *S. chartarum*, par exemple, inhibent la synthèse protéique et causent des dommages à l'ADN. Les trichotécènes sont irritantes pour la peau et peuvent causer des rougeurs à faibles doses (Husman, 1996). Il existe pour ces toxines des évidences épidémiologiques et toxicologiques d'intoxication par inhalation (Lougheed *et al.*, 1995).

Des études expérimentales récentes ont démontré sur des panneaux de gypseensemencés avec des moisissures courantes, la présence de nombreuses mycotoxines (Nielsen *et al.*, 1999). La présence de moisissures toxigènes dans un environnement intérieur donné ne signifie toutefois pas qu'il y ait obligatoirement présence de mycotoxines dans l'air⁸, la production de ces dernières étant tributaire de conditions environnementales spécifiques (Hendry et Cole, 1993).

Effets cellulaires des mycotoxines

Des études effectuées en laboratoire ont démontré que la majorité des mycotoxines sont de puissantes cytotoxines qui interfèrent à plusieurs niveaux de la vie cellulaire. Des études *in vivo* (chez l'animal) et *in vitro* (sur des lignées cellulaires) ont pu identifier plusieurs mécanismes d'inhibition ou de destruction cellulaire. Ces études ont permis d'identifier, dans plusieurs cas, les toxines responsables de l'apparition de certains symptômes et d'en élucider le mécanisme d'action. Par exemple, il est reconnu que certaines mycotoxines, lorsque inhalées, peuvent bloquer la production de surfactants ou détruire les macrophages au niveau pulmonaire (Lee *et al.*, 1999 ; Mason *et al.*, 1998 ; Nikulin *et al.*,

⁷ Dans la littérature, *Stachybotrys atra* et *Stachybotrys chartarum* sont utilisés pour désigner la même espèce; l'utilisation de ce dernier fait toutefois actuellement l'objet d'un consensus scientifique.

⁸ Il est à noter que la mesure des mycotoxines dans l'environnement ne se fait présentement que sur une base expérimentale.

1997 ; 1996). Certaines toxines attaquent l'intégrité de la structure de l'épithélium pulmonaire permettant à la moisissure de coloniser les cavités alvéolaires et dans les cas les plus sévères, notamment chez les personnes sévèrement immunodéprimées, de traverser l'épithélium, donnant ainsi lieu à une infection. Ces différents modes d'action ont des effets délétères sur les voies respiratoires et peuvent mener à l'exacerbation de l'asthme, à des infections fongiques (chez les personnes immunodéprimées), ou encore à des infections secondaires, en partie dues aux effets immunosuppresseurs des mycotoxines (Rieman et Bryan, 1979).

Spécificité des mécanismes d'action des mycotoxines

Parmi les nombreuses mycotoxines identifiées, celles les mieux connues sont les familles des aflatoxines et des trichotécènes. Leur toxicité aiguë par absorption digestive a été documentée à la suite d'épidémies humaines et animales, et par expérimentation animale. Des effets hépatotoxiques, neurotoxiques, mutagènes, tératogènes et cancérigènes ont été prouvés chez l'animal par voie digestive et même respiratoire dans des contextes spécifiques d'exposition. Une exposition par inhalation de la satratoxine élaborée par *Stachybotrys chartarum* cause l'hémorragie pulmonaire chez la souris, mécanisme ayant été suspecté pour expliquer l'épidémie d'hémosidérose survenue chez de jeunes enfants à Cleveland (Nikulín *et al.*, 1997 ; 1996). Il existe aussi certaines évidences épidémiologiques d'un lien entre l'ingestion d'aflatoxine et le cancer du foie chez l'homme (Hendry et Cole, 1993).

En plus de toucher directement certains organes, les mycotoxines peuvent occasionner des effets systémiques plus généraux et sur les systèmes de défense contre les infections. Des études effectuées chez des animaux ont démontré qu'elles pourraient, après ingestion, avoir un effet sur la tension artérielle et sur le rythme cardiaque, et occasionner des effets neurologiques tels des convulsions. Après leur inhalation, elles pourraient faciliter la pénétration des moisissures dans les tissus en causant de l'inflammation et la modification des épithéliums (Gordon *et al.*, 1993 ; Sobotka *et al.*, 1978).

Effets combinés (synergique et séquentiel) de plusieurs mycotoxines

L'exposition à une contamination environnementale du milieu intérieur implique fréquemment de multiples substances. Par exemple, lorsque les conditions ambiantes favorisent la prolifération fongique, plusieurs espèces de moisissures peuvent croître en même temps. Il n'est pas rare de voir *Stachybotrys chartarum*, *Aspergillus versicolor*, *Chaetomium* sp et *Penicillium* sp croître simultanément, chacune de ces moisissures étant susceptible de produire diverses toxines (voir le tableau 6). Des mélanges de toxines ont été associés entre autres, au syndrome toxique associé à l'exposition aux poussières organiques (ODTS⁹) (Norn, 1994 ; Shahan *et al.*, 1994), principalement en milieu agricole ou industriel. Notons qu'il a également été avancé que ce syndrome pouvait être causé par l'exposition simultanée aux mycotoxines, aux glucanes, aux antigènes et aux endotoxines¹⁰ (ACGIH, 1999). Enfin, une exposition à de multiples mycotoxines peut mener à une synergie ou à une potentialisation (Korpi *et al.*, 1999).

⁹ « Organic dust toxic syndrome »

¹⁰ Toxines élaborées par les bactéries

Tableau 6 : Exemples de mycotoxines produites par certaines moisissures

GENRE	ESPÈCES	PRINCIPALES MYCOTOXINES ^A
<i>Alternaria</i>	<i>A. alternata</i>	Altértoxine I, II, alternariol, altenuisol, acide tenuazoïque
<i>Aspergillus</i>	<i>A. flavus</i>	Aflatoxine B1 & B2, citrine
	<i>A. fumigatus</i>	Fumigaclavine, fumigatoxine, fumitremorgène, gliotoxine, acide helveolique, etc.
	<i>A. niger</i>	Acide oxalique
	<i>A. versicolor</i>	Aspercolorine, sterigmatocystine, versicolorine
<i>Chaetomium</i>	<i>C. spp</i>	Chaetomine
	<i>C. globosum</i>	Chasetoglobosine
<i>Cladosporium</i>	<i>C. spp</i>	Cladosporine, émodine, acide épicladosporique
<i>Fusarium</i>	<i>F. spp</i>	Trichotécènes (type B), toxine T2, fumonisine, vomitoxine, zearalenone
<i>Memmoniella</i>	<i>M. spp</i>	Griseofulvines, trichotécènes (trichodermol, trichodermine)
<i>Penicillium</i>	<i>P. brevicompactum</i>	Brevianamide A, acide mycophénolique
	<i>P. expansum</i>	Citrinine, patuline
	<i>P. viridiatum</i>	Acide pénicillique, griseofulvines, ochratoxines, brevianamide A, acide mycophenolique
<i>Stachybotrys</i>	<i>S. chartarum</i>	Trichotécènes : satratoxine F, G & H, lacone, roridine, trichoverrine, sporidesmine G, verrucarine J
<i>Trichoderma</i>	<i>T. viride</i>	Trichodermine, trichoverrine, satratoxine, gliotoxine, fumitremorgène, iso-cyanide, toxine T-2

a : Il est à noter que certaines des mycotoxines rapportées dans ce tableau ont été identifiées dans des circonstances de contamination intérieure.

Source : Adapté de Santé et Bien-être social Canada (1987) et de ACGIH (1999)

2.1.2 Les substances irritantes

2.1.2.1 Les glucanes ($\beta(1-3)$ glucanes)

Les glucanes ($\beta(1-3)$ glucanes) sont des polymères de glucose faisant partie de la membrane cellulaire de la majorité des moisissures¹¹, pouvant être associés à des molécules de chitine ou de mannane. Ces sucres complexes peuvent, dans certains cas, avoir des effets immunogènes et stimuler la fonction des macrophages et des neutrophiles. Ils pourraient être impliqués dans le processus inflammatoire lié à la pneumonite en déclenchant la production d'IgG spécifiques. Les glucanes feraient aussi partie du mélange complexe lié à l'apparition du syndrome toxique (ODTS) (ACGIH, 1999).

2.1.2.2 Les composés organiques volatils (COV)

Le métabolisme des moisissures produit une quantité importante de composés organiques volatils (COV) odorants : limonène, acétone, méthylcétone, butanone, hexanone, octanone, etc. Les groupes de COV, tels les alcools, les aldéhydes et les cétones, sont responsables de l'odeur caractéristique associée aux moisissures. Ainsi, le seuil de détection olfactive très faible de certains de ces COV permet de déceler des odeurs de « moisi » bien avant l'apparition des signes visibles du

¹¹ La paroi cellulaire des moisissures contient également de l'ergostérol, substance utilisée expérimentalement à titre d'indicateur chimique de la présence de cellules fongiques. L'ergostérol n'est toutefois pas associée à des problèmes de santé.

développement mycélien sur les matériaux de construction (Déoux, 2001). Des symptômes d'irritation des yeux, du nez et de la gorge ont souvent été rapportés en présence de fortes odeurs produites par une croissance abondante de moisissures (ACGIH, 1999). Comme ils sont présents sous forme gazeuse, les COV peuvent traverser librement les matériaux poreux des bâtiments ; ainsi, même lorsqu'elles prolifèrent dans des espaces en apparence fermés, les moisissures peuvent entraîner une exposition aux COV.

Des auteurs scandinaves ont donné le nom de MCOV (en anglais, MVOC ou microbial volatile organic compounds) aux composés organiques volatils issus de l'activité microbienne, principalement des moisissures. Ces auteurs ont calculé le seuil actif de composés individuels et de mélanges de COV et de MCOV. Dans une de leurs études, ces chercheurs ont démontré que la concentration d'un ensemble de 5 COV fongiques nécessaire pour réduire de 50 % la fréquence respiratoire des souris (RD50 ou Respiratory decrease 50) était 3,6 fois moins concentrée que celle des composantes prises séparément (RD50=35 à 3360 ppm), démontrant ainsi l'effet de synergie ainsi que l'effet irritatif d'une très petite concentration d'un mélange (Korpi *et al.*, 1999 ; Hempel-Jorgensen *et al.*, 1999).

2.1.3 Les substances immunogènes déclenchant une production d'IgG

Les composantes des parois cellulaires et du cytoplasme des cellules fongiques, et principalement les substances complexes de poids moléculaire élevé (aussi bien des spores que des fragments fongiques respirables) sont des substances immunogènes. Ainsi, dès qu'elles traversent les barrières naturelles de la peau et des muqueuses, ces substances peuvent, théoriquement, déclencher une réaction humorale (production d'anticorps IgG spécifiques) ainsi qu'une réponse d'immunité cellulaire. Les moisissures peuvent donc déclencher la production d'IgG spécifiques sans qu'il n'y ait de processus infectieux. Les IgG spécifiques se fixent sur les fragments fongiques respirables et ces complexes immuns déclenchent une cascade de réactions cellulaires menant à la mobilisation du complément, à l'inflammation et parfois même à la destruction tissulaire. Ces mécanismes surviennent dans les cas de pneumonites. Cette réaction amplifiée, déclenchée par un agent non envahisseur, constitue un mécanisme d'hypersensibilité de type III, c'est-à-dire une réaction due à la formation de complexes immuns différente de l'allergie de type I. De plus, le fait que cette réaction soit parfois suivie de la formation de lésions granulomateuses suggère aussi la possibilité d'une réaction d'hypersensibilité de type IV ou réaction cellulaire (Roitt *et al.*, 1998).

2.1.4 Les substances allergènes déclenchant une production d'IgE

Près d'une soixantaine de moisissures sont reconnues comme allergènes par le *National Committee for Clinical Laboratory Standard*, quoique toute moisissure puisse théoriquement contenir des substances allergènes (NCCLS, 1997). Des études menées pour raffiner les préparations brutes d'extraits antigéniques ont permis d'identifier de nombreuses substances complexes responsables de réaction allergique, principalement des protéines (et plus particulièrement les glycoprotéines hydrosolubles), des polysaccharides et des lipopolysaccharides (Husman, 1996). Parmi les principaux allergènes, ceux produits par certaines espèces d'*Aspergillus*, de *Penicillium*, d'*Alternaria* et de *Cladosporium* ont été isolés (IOM, 2000).

2.2 Principaux effets et symptômes associés aux moisissures

2.2.1 L'exposition aux moisissures

Il existe peu de données concernant la prévalence de l'exposition aux moisissures en milieu intérieur (voir la section 1.4), notamment en raison des difficultés inhérentes à la standardisation de l'échantillonnage dans l'environnement intérieur (ACGIH, 1999). Il est toutefois reconnu que l'apparition d'effets sur la santé en lien avec des composantes fongiques nécessite un contact direct avec ces dernières¹².

Mode d'exposition. Pour que les occupants soient exposés, il est nécessaire que les particules fongiques (spores, fragments ou métabolites fongiques), viables ou non, soient émises dans l'air puis inhalées, qu'elles entrent en contact physique direct avec la peau ou les muqueuses ou encore, qu'elles soient ingérées ; ce dernier type d'exposition est toutefois beaucoup moins fréquent dans les cas de contamination de l'air intérieur. Ces particules fongiques peuvent être en suspension seules ou portées par des poussières contaminées (Tobin *et al.*, 1987 ; ACGIH, 1999).

Lorsqu'elles sont inhalées, les particules se déposent à différents niveaux de l'arbre bronchique selon leur diamètre. Celles dont le diamètre est de 2 à 4 µm auront tendance à se loger au niveau des alvéoles pulmonaires tandis que les particules de 10 à 60 µm de diamètre demeureront davantage au niveau des voies respiratoires supérieures (Hendry et Cole, 1993). Il est de plus reconnu que les expositions répétées augmentent les risques pour la santé (Johanning et Yang, 1994).

Dose d'exposition. Il n'existe pas à l'heure actuelle de données fiables permettant d'établir un seuil au-dessous duquel il n'y a pas d'effet sur la santé, que ce soit pour l'irritation, l'hypersensibilité ou la réponse toxique (ACGIH, 1999 ; MIEH, 1999 ; NYC, 2000), pas plus qu'il n'existe de liste de référence permettant d'évaluer le niveau de risque pour la santé selon une espèce de moisissures donnée. De fait, pour une personne allergique, déjà sensibilisée aux moisissures, la majorité des espèces peut poser un risque de réaction même à de faibles concentrations. D'autre part, dans le cas des effets toxiques, les personnes allergiques comme celles non allergiques peuvent être affectées.

Plusieurs auteurs ont récemment proposé des valeurs guides permettant de classer le degré de contamination (Miller *et al.*, 2001). Il semble que l'Organisation mondiale de la santé (OMS) proposera, d'ici la fin 2002, une échelle de classification permettant une certaine gradation du risque associé à la contamination fongique. Cette gradation serait basée sur la proportion des surfaces contaminées couvertes par de la moisissure ou sur des concentrations de métabolites fongiques dans l'air (David Miller, comm. pers., mai 2002).

2.2.2 Description des effets sur la santé

De nombreux documents, articles ou revues de littérature ont été publiés au cours des dernières années concernant les effets possibles à la santé d'une exposition aux moisissures et à leurs métabolites en milieu intérieur (NYC, 2000 ; MIEH, 1999 ; ACGIH, 1999 ; Verhoeff et Burge, 1997 ; Yang et Johanning, 1997 ; Husman, 2000 ; 1996 ; Auger et Miller, 1995 ; Burge, 1990 ; Tobin *et al.*, 1987). Selon la nature et la concentration environnementale des agents en cause et selon la susceptibilité des individus exposés, les moisissures ont été associées à des effets de type irritatif, immunologique (aussi

¹² Il est à noter que les moisissures croissant derrière les matériaux de construction peuvent passer dans les pièces habitées par des ouvertures tels les entre-toits, les prises de courant, autour des équipements électriques, etc., pouvant ensuite venir en contact direct avec la peau et les muqueuses ou être inhalées.

bien des réactions allergiques que des réponses immunitaires nocives), toxiques (réactions aiguës à de fortes concentrations et réactions systémiques à la suite d'expositions répétées ou mycotoxiques) et, plus rarement, à des infections opportunistes chez des individus sévèrement immunodéprimés ainsi qu'à des effets cancérogènes et immunosuppresseurs, dans des contextes d'exposition importante (voir le tableau 7).

Par ailleurs, le milieu intérieur est susceptible de contenir une multitude de contaminants ou facteurs d'insalubrité potentiellement nocifs pour la santé des occupants (ex. : acariens, poils d'animaux domestiques, substances chimiques, etc.). Dans certains cas, les symptômes que provoquent ces contaminants peuvent s'apparenter à ceux attribuables aux moisissures. C'est pourquoi, il importe de considérer l'implication possible de ces contaminants même dans les cas où des symptômes compatibles avec les moisissures sont observés.

2.2.2.1 Irritation simple et réaction inflammatoire

Les symptômes d'irritation des yeux, du nez et de la gorge ont souvent été associés à la présence d'une croissance de moisissures à l'intérieur. Par contre, le mécanisme causal exact à l'origine des symptômes ressentis ou rapportés n'a pas encore été établi avec certitude. L'hypothèse généralement retenue est celle de l'existence d'un phénomène d'irritation mécanique due aux particules que sont les spores et les fragments fongiques dans l'air venant en contact direct avec les muqueuses, combiné à une irritation chimique due aux produits irritants ou toxiques contenus dans les spores (Smith et Lumley, 1996).

Les produits volatils (MCOV) émanant des moisissures croissant sur les matériaux de construction pourraient théoriquement causer une irritation chimique, sans que des spores aient été en contact direct avec les muqueuses (ACGIH, 1999 ; Verhoeff et Burge, 1997) tandis que les glucanes de la paroi des moisissures pourraient provoquer l'irritation des muqueuses, causer la toux et la démangeaison de la peau (Verhoeff et Burge, 1997 ; ACGIH, 1999 ; Rylander 1997a ; 1997b).

En Angleterre, plusieurs études ont porté sur la réponse de type asthmatique chez des travailleurs (meuniers et boulangers) exposés à des environnements fortement contaminés par des moisissures. Bien que ces études aient été entreprises dans un contexte particulier où les concentrations de moisissures sont plus élevées qu'en milieu résidentiel et que dans les édifices publics, elles démontrent la coexistence du phénomène d'irritation non spécifique des voies respiratoires supérieures, dû aux MCOV et de la réponse de type asthmatique aux amylases fongiques (Smith et Lumley, 1996 ; Nelson, 1998).

2.2.2.2 Les réactions immunologiques

Les réactions allergiques

L'allergène est une substance étrangère à l'organisme capable d'induire chez ce dernier une réponse immunitaire, puis de réagir spécifiquement avec le produit de cette réaction (anticorps ou lymphocytes sensibilisés). Cette réponse immunitaire se caractérise par des réactions anormales qui, au lieu de protéger l'individu, produit des effets délétères au niveau d'un organe ou d'un tissu à proximité de l'allergène ou à distance de ce dernier. La réponse allergique (ou d'hypersensibilité de type I) survient lorsqu'il y a production d'IgE dirigés contre des allergènes environnementaux ou autres. Le complexe immun « allergène-IgE » se dépose sur le basophile ou mastocyte déjà sensibilisé par un premier contact déclenchant alors une cascade de réactions biochimiques et cellulaires qui provoquent à leur

tour une réaction atopique ou inflammatoire aiguë, tel la rhinite, le prurit ou l'asthme (Roitt *et al.*, 1998). Comme dans le cas d'autres types d'allergie, seuls les sujets prédisposés deviendront sensibilisés et développeront une réaction allergique. Il est à noter qu'un individu prédisposé aux allergies pourra être sensibilisé à une ou plusieurs espèces de moisissures. Une fois sensibilisé à une moisissure donnée, le sujet fera une réaction allergique en présence de cette moisissure particulière ou, parfois, réagira à une autre espèce du même genre.

Les réactions allergiques provoquées par l'inhalation de spores fongiques constituent un problème de santé reconnu par les cliniciens depuis des décennies (Roitt *et al.*, 1998). La rhinite allergique et l'asthme sont des exemples de maladies de type allergique associées entre autres à une exposition aux moisissures. Les symptômes les plus couramment associés à ces réactions allergiques sont le nez qui coule, l'irritation des yeux, la toux, la congestion et l'aggravation de l'asthme (NYC, 2000). En pratique, le seuil de réactivité varie d'un individu à l'autre ainsi que selon le type de moisissure pour un même individu (ACGIH, 1999 ; Rose et Friedman, 1997). Il a aussi été démontré que la sévérité de la réaction n'est pas nécessairement proportionnelle à la dose d'exposition (Hunter *et al.*, 1996 ; Klanova, 2000), bien qu'il existe probablement des seuils d'exposition sous lesquels les sujets sensibilisés ne réagissent pas.

Des études effectuées au Québec et en Finlande ont démontré que 5 % des enfants d'âge scolaire réagissaient positivement aux tests d'extraits de moisissures (Demissie *et al.*, 1996 ; Taskinen *et al.*, 1997). Selon Verhoeff et Burge (1997), c'est jusqu'à 10 % de la population qui réagirait positivement à ces tests, tandis que cette proportion pourrait atteindre 20,9 % à 27,4 % chez les personnes souffrant d'asthme (Boulet *et al.*, 1997). Chez ces personnes, une forte proportion aurait une réaction allergique positive à certaines moisissures, principalement à *Aspergillus fumigatus*, à *Cladosporium* sp, à *Penicillium* sp et à *Alternaria* sp (NCCLS, 1997).

Même si, à l'heure actuelle, les tests de laboratoires (*in vitro*) manquent de sensibilité et que les extraits nécessaires ne sont pas encore tous disponibles, des études ont démontré la spécificité de la réaction positive à un test *in vivo* ou *in vitro*. Selon la qualité et la nature de l'extrait employé, la spécificité va généralement jusqu'au genre ou même à l'espèce, se limitant toutefois dans d'autres cas à la famille (NCCLS, 1997).

Les effets immunologiques (hypersensibilité)

Les effets immunologiques réfèrent à la capacité que possède le système immunitaire humain de reconnaître et de réagir aux molécules étrangères de poids élevé. La pénétration de ces substances au-delà des barrières naturelles (peau, muqueuses) déclenche une série de réactions dont le rôle consiste normalement à protéger l'individu de l'infection. Ce mécanisme protecteur donne lieu à une immunité qui peut durer plus longtemps que l'agression première.

Une exposition chronique, principalement en milieu industriel ou agricole, à des poussières organiques et surtout à des moisissures peut aussi induire la production d'anticorps (IgG) qui, au lieu d'avoir un effet protecteur, causera dans ce cas-ci un syndrome appelé pneumonite d'hypersensibilité (ou alvéolite allergique extrinsèque¹³). Une étude récente suggère que cette maladie pourrait également se développer chez les travailleurs de bureaux contaminés à *Aspergillus versicolor* (Jarvis et Morey, 2001). La pneumonite dite « poumon du fermier », en est un exemple ; cette maladie est causée par une exposition aux spores de micro-organismes thermophiles, et plus précisément de moisissures

¹³ Il est à noter que le terme « allergique » est très largement utilisé dans ce contexte même si dans les faits, il ne s'agit pas d'allergie, à proprement parler.

(principalement *Aspergillus fumigatus*) et de bactéries, qui croissent bien dans le foin humide en fermentation (Bach et Lesavre, 1981). L'exposition à ces micro-organismes cause une sensibilisation progressive aux irritants de poussières organiques. Il s'ensuit une hyper-réactivité des tissus, qui n'est pas un phénomène proprement allergique, et qui survient théoriquement chez 1 personne exposée sur 10 000 à 1 sur 100 000 (1×10^{-4} à 1×10^{-5}) (Rylander, 1994).

2.2.2.3 Les effets infectieux

Peu de moisissures parmi celles croissant sur les matériaux de construction ou dans les systèmes de ventilation, peuvent être à l'origine d'infections. L'aspergillose invasive¹⁴ survenant en milieu hospitalier (aspergillose nosocomiale) est cependant une infection relativement bien connue. Une fois inhalées, les conidies d'*Aspergillus* peuvent entraîner, chez les populations immunodéprimées ou fortement débilitées de ce milieu, une invasion des tissus du poumon (aspergillose). Une exposition à cet agent pathogène peut avoir des conséquences très graves voire même fatales pour les personnes sévèrement immunodéprimées. Le diagnostic clinique d'aspergillose pulmonaire invasive demeure difficile à établir puisque les premiers signes ne sont pas spécifiques et que la moisissure est rarement isolée dans les expectorations (Santé Canada, 2001, 1999). L'aspergillose provoque des infiltrats pulmonaires pouvant évoluer vers la consolidation ainsi qu'une éosinophilie (excès de cellules éosinophiles dans le sang). La dissémination à d'autres organes est fréquente chez les cas graves. La manifestation clinique et la gravité dépendent en grande partie de l'état immunologique du patient (Santé Canada, 2001 ; 1999).

Une fois introduites au fond des alvéoles de certains sujets, certaines espèces de moisissures se multiplient et, au lieu de traverser l'épithélium pulmonaire, forment un amas de mycélium, appelé mycétome. Ces mycétomes, dont le plus connu est l'aspergillome, ne constituent pas une infection à proprement parler mais plutôt une colonisation dont les effets sur la santé se caractérisent par une obstruction pulmonaire ; de plus, selon l'espèce de moisissure, les mycétomes peuvent devenir une source constante d'irritants ou d'allergènes.

Par ailleurs, l'exposition à des champignons retrouvés dans les fientes d'oiseaux ou de chauves-souris (*Cryptococcus neoformans*) et dans les sols contaminés par les fientes (*Histoplasma capsulatum*) peut provoquer une infection dont les symptômes s'apparentent à une grippe et ce, même chez les gens en bonne santé (NYC, 2000 ; ACGIH, 1999). Ces agents infectieux ne se développent pas sur les matériaux de construction. Les expositions en milieu intérieur sont très peu fréquentes bien qu'elles puissent survenir, à l'occasion, lorsque ces agents infectieux sont transmis de l'extérieur vers l'intérieur par le système de ventilation ou lorsque des oiseaux ou des chauves-souris nichent à l'intérieur (CDC, 1997).

Il est à noter que des effets immunosuppresseurs occasionnés par une exposition à certaines moisissures peuvent rendre certains sujets susceptibles à de multiples infections. Ces effets se manifesteraient chez l'homme par une diminution des mécanismes de défense permettant l'apparition d'infections. L'altération de la fonction ciliaire pourrait aussi expliquer l'augmentation des infections respiratoires observée chez les personnes exposées aux toxines des moisissures (Husman, 2000).

¹⁴ Il est à noter que le terme « aspergillose » utilisé seul, fait référence à une infection, c'est-à-dire un processus par lequel il y a envahissement de l'organisme par un germe pathogène, ou processus invasif. Le terme « invasive » est ajouté dans le cas présent à aspergillose afin de distinguer l'aspergillose-infection des autres pathologies associées à *Aspergillus*, qui sont aussi nommées à tort « aspergilloses », telle l'aspergillose allergique.

2.2.2.4 Les effets toxiques

Effets immédiats ou à court terme

La majorité des effets toxiques causés par inhalation de moisissures ont été associés à des expositions en milieu industriel ou agricole, c'est-à-dire dans des endroits où leur concentration s'avère élevée et où l'exposition est répétitive ou chronique. Outre la pneumonite d'hypersensibilité discutée précédemment, une forte exposition aux poussières organiques contaminées par des moisissures pourrait causer un syndrome toxique (ODTS) (Sorenson et Lewis, 1996 ; Holt, 1990). D'autres contaminants tels les endotoxines, des glucanes et autres antigènes pourraient aussi contribuer à l'apparition de ce syndrome (ACGIH, 1999). L'ODTS a été documenté chez les fermiers manipulant du matériel contaminé mais également chez des travailleurs affectés à des travaux de rénovation dans des édifices contaminés aux moisissures. Cette affection peut se caractériser par un brusque accès de fièvre, par des symptômes s'apparentant à ceux d'une grippe et par des problèmes respiratoires survenant dans les heures suivant une unique et forte exposition à des poussières contenant du matériel organique incluant des moisissures (NYC, 2000). En milieu intérieur, ce type de réaction pourrait survenir lors de travaux effectués sans protection respiratoire, dans des sites fortement contaminés. Plus récemment, des symptômes associés à l'ODTS ont aussi été notés chez des occupants d'appartements fortement contaminés aux moisissures ainsi que chez des travailleurs effectuant des travaux de rénovation (Husman, 2000).

Effets systémiques à moyen ou à long terme

Outre l'ODTS, les autres effets toxiques provoqués par les moisissures surviennent dans des cas d'expositions répétées à une contamination environnementale, donnant lieu à une dose cumulative élevée et se manifestant à moyen ou à long terme.

Le terme « mycotoxicose » est surtout employé dans les cas d'intoxication suivant l'ingestion d'aliments contaminés par des moisissures et contenant des toxines fongiques ; par extension, ce terme désigne aussi les effets systémiques dus à l'exposition environnementale à des doses importantes de toxines fongiques dans l'air. Par exemple, la stachybotrycose (ou stachybotryotoxicose) est reconnue comme une mycotoxicose pouvant provenir soit de l'ingestion, de l'inhalation ou du contact cutané avec du matériel contaminé (Marasas et Nelson, 1984 ; Pitt *et al.*, 2000 ; Hendry et Cole, 1993 ; Etzel, 2002). Plusieurs auteurs précisent d'ailleurs que cette capacité d'induire des effets par inhalation et contact cutané font de certaines toxines (aflatoxine, trichotécènes et toxine T-2 du *Fusarium*) des armes biologiques potentielles (Etzel, 2002 ; Cresia et Lambert, 1989 ; Forjacs, 1972).

Depuis 1994, *Stachybotrys chartarum*, reconnu pour causer diverses mycotoxicoses, a été associé à quelques reprises à des cas d'hémorragie pulmonaire chez les jeunes enfants. Il s'agit d'un syndrome rare, d'origine inconnue et associé à un saignement dans les poumons. Une étude cas-témoin avait démontré une association entre cette maladie chez des enfants qui résidaient dans le même secteur d'une ville des États-Unis, et la présence du *Stachybotrys* et d'autres moisissures dans leur maison (Dearborn *et al.*, 1999 ; Etzel *et al.*, 1998). À cette époque, l'American Academy of Pediatrics avait émis un avis enjoignant les médecins traitant de rechercher l'exposition aux moisissures toxiques lors de découverte de cas d'hémorragie pulmonaire chez les enfants et de retirer ces derniers des environnements contaminés par de telles moisissures (AAP, 1998). Depuis, les Centers for Disease Control (CDC) ont constitué un groupe de travail interne puis fait appel à un groupe de consultants externes afin de réviser les conclusions des études concernant le rôle de l'exposition au *Stachybotrys* dans le développement d'hémorragie pulmonaire chez les nourrissons. Les conclusions de ces experts ont amené les CDC à considérer que le lien étiologique n'est pas clairement établi en raison de

plusieurs faiblesses méthodologiques des études effectuées sur le terrain au moment même de l'écllosion (MMWR, 2000). Toutefois, des signalements de cas similaires continuent d'être publiés (Novotny et Dixit, 2000 ; Elidemir *et al.*, 1999 ; Flappan *et al.*, 1999) et le récent guide de la ville de New York recommande que les nourrissons souffrant d'hémorragie pulmonaire venant d'un domicile contaminé ne soient retournés à leur demeure qu'une fois les mesures correctives apportées (NYC, 2000).

Quelques études récentes ont observé chez des gens exposés à des moisissures toxigènes des effets neuropsychologiques tels des difficultés de concentration, de la fatigue mentale extrême, de l'irritabilité, des maux de tête, etc. (Jarvis et Morey, 2001 ; Husman, 2000 ; Koskinen *et al.*, 1999a ; 1999b ; Johanning *et al.*, 1996 ; Dales et Miller, 1999 ; Auger *et al.*, 1999). D'autres effets systémiques identifiés par certaines études comprennent une modification des lymphocytes (Dales *et al.*, 1998), de la fièvre et des douleurs articulaires (Santé Canada, 1995a) ainsi que des symptômes gastro-intestinaux (Dales et Miller, 1999). Selon le McMaster Institute of Environment and Health (MIEH, 1999) toutefois, des études supplémentaires sont requises pour confirmer ces observations.

2.2.2.5 Les maladies chroniques

Il existe très peu de données sur les maladies chroniques occasionnées par une exposition à long terme aux moisissures ou à leurs métabolites (Miller, 1992 ; Tobin *et al.*, 1987). Husman (2000) mentionne que l'association possible entre une exposition aux moisissures dans l'air intérieur et les symptômes de la bronchite chronique doit faire l'objet d'études plus approfondies avant de pouvoir tirer des conclusions claires sur le sujet.

L'aflatoxine est maintenant reconnue comme responsable de certains cancers du foie lors d'une exposition importante par ingestion d'aliments fortement contaminés ou par inhalation en milieu agricole ou industriel. Il faut par ailleurs préciser que l'effet cancérigène des mycotoxines à des niveaux tels que ceux rencontrés en milieu résidentiel, scolaire ou non industriel n'a pas encore été évalué (Husman, 2000 ; MIEH, 1999 ; ACGIH, 1999).

Tableau 7 : Principaux effets sur la santé associés aux moisissures en milieu intérieur

CATÉGORIE D'EFFETS À LA SANTÉ	SOUS-CATÉGORIE	MALADIES/SYMPTÔMES	PRINCIPAUX AGENTS CAUSALS CONNUS OU SOUPÇONNÉS	RÉFÉRENCES
Irritatifs		Irritation des muqueuses (yeux, nez, gorge), congestion nasale, voix rauque ; symptômes s'apparentant à des rhumes ou à des gripes à répétition	Action mécanique, mycotoxines, glucanes, composés organiques volatils	Husman (2000) ; NYC (2000) ; MIEH (1999) ; ACGIH (1999) ; Rylander <i>et al.</i> , (1998) ; Thorn et Rylander (1998) ; Smith et Lumley (1996) ; Yang et Johanning (1997) ; Verhoeff et Burge (1997)
Immunologiques	Allergique	Rhinite allergique, conjonctivite, dermatite	La plupart des espèces de moisissures (se référer au tableau 3)	APPQ (2000) ; IOM (2000) ; Husman (2000 ; 1996) ; NYC (2000) ; MIEH (1999) ; ACGIH (1999) ; Verhoeff et Burge (1997) ; Rose et Friedman (1997) ; Santé Canada (1995a) ; Johanning et Yang (1994) ; Flannigan <i>et al.</i> (1991)
	Allergique	Asthme allergique	<i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>Alternaria</i> sp, <i>Cladosporium</i> sp, <i>Penicillium</i> spp	IOM (2000) ; Ross <i>et al.</i> (2000)
	Allergique	Aspergillose broncho-pulmonaire allergique (ABPA)	<i>Aspergillus fumigatus</i>	Daly (2001), Wark et Gibson (2001), Cramer (1998)
	Allergique	Sinusite allergique	<i>Aspergillus</i> , <i>Epicoccum</i> , <i>Curvularia</i> , <i>Alternaria</i>	Rylander (1994)
	Immunogène (hypersensibilité)	Pneumonite d'hypersensibilité ou alvéolite allergique extrinsèque (reconnue surtout en milieu de travail)	Poussières organiques ou aérosols contenant <i>Aspergillus</i> , <i>Cephalosporium</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Acremonium</i>	Husman (2000) ; NYC (2000) ; ACGIH (1999)
	Immunosuppresseur	Infections à répétition	Mycotoxines, glucanes	Husman (2000) ; ACGIH (1999) ; Yang et Johanning (1997) ; Flannigan et Miller (1994)
Infectieux^a		Aspergillose (rarement autres mycoses), chez personnes sévèrement immunodéprimées	<i>Aspergillus</i> (<i>fumigatus</i> , <i>flavus</i> , spp.)	NYC (2000) ; MIEH (1999) ; Santé Canada (2001 ; 1999) ; ACGIH (1999) ; Yang et Johanning (1997) ; Flannigan et Miller (1994)
Toxiques	Effets immédiats aigus, suivant une forte exposition	Syndrome toxique causé par des poussières organiques (ODTS)	<i>Acremonium</i> , <i>Alternaria</i> , <i>Aspergillus^b</i> , <i>Chaetomium</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Eurotium</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Memnoniella</i> , <i>Myrothecium</i> , <i>Paecilomyces</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Phoma</i> , <i>Pithomyces</i> , <i>Stachybotrys^b</i> , <i>Trichoderma</i> , <i>Wallemia</i>	Husman (2000) ; NYC (2000) ; ACGIH (1999) ; Johanning et Yang (1994) ; Sorenson et Lewis (1996) ; Holt (1990)
	Effets à plus long terme, à la suite d'expositions répétées (mycotoxiques)	<i>Généraux</i> : fatigue chronique, maux de tête <i>Systémiques</i> : effets neuro-comportementaux, cognitifs, douleurs articulaires, symptômes gastro-intestinaux, etc.	Mycotoxines	Jarvis et Morey, 2001 ; Husman (2000) ; NYC (2000) ; MIEH (1999) ; Dales et Miller (1999) ; Yang et Johanning (1997) ; Santé Canada (1995a) ; Auger <i>et al.</i> (1999)
Cancérogènes		Cancers du foie (suivant une exposition importante par ingestion d'aliments fortement contaminés ou par inhalation en milieu agricole)	Aflatoxines	Husman (2000) ; MIEH (1999) ; ACGIH (1999)

^a Chez les personnes immunodéprimées ou débilitées.^b *Aspergillus versicolor* et *Stachybotrys chartarum* possèdent un potentiel toxique élevé à la suite d'une exposition par inhalation ; *Aspergillus flavus* est considéré à potentiel toxique élevé à la suite d'une exposition par ingestion (et possiblement par inhalation) ; *Aspergillus fumigatus* possède un potentiel infectieux et toxique élevés par inhalation chez les personnes débilitées.

2.2.3 Populations à risque

Certains individus ou groupes d'individus sont, de par leur condition, plus susceptibles de développer des problèmes de santé lorsqu'ils sont exposés à des contaminants fongiques. Selon le MIEH (1999) et le California Department of Health Services (1998), ces populations sont, de façon générale :

- les individus atopiques ;
- les personnes sévèrement immunodéprimées (atteintes du VIH-SIDA, sous chimiothérapie, greffées, etc.), population se retrouvant souvent en milieu hospitalier. Dans ce milieu, ces personnes sont particulièrement à risque d'une infection nosocomiale à *Aspergillus*.
- les individus souffrant d'atteintes respiratoires, telles que l'asthme, les maladies pulmonaires obstructives chroniques et la fibrose kystique ;
- les nourrissons et les jeunes enfants, compte tenu de leur système de défense en développement et de leur taux de ventilation élevé par unité de masse corporelle (WHO, 1999) ; par ailleurs, compte tenu que leurs poumons sont en croissance, les enfants seraient plus susceptibles aux effets des mycotoxines inhalées (AAP, 1998) ;
- les personnes âgées, qui montrent généralement une susceptibilité accrue aux contaminants de l'air compte tenu du fonctionnement réduit de leur mécanisme physiologique de défense, et de la prévalence plus élevée de maladies observée dans ce groupe d'âge (WHO, 1999).

La contamination fongique en milieu hospitalier comporte des risques particuliers qui tiennent à la fois de la susceptibilité de certains patients et de la nature invasive de certaines procédures et traitements ainsi que des pathologies subséquentes. Dans ce milieu, le risque est accru et l'urgence de l'intervention doit tenir compte du type de patients, des secteurs de soins et des procédures à risque. La gestion des cas en milieu hospitalier peut être retrouvée dans des monographies récentes (CDC, 2001 ; Santé Canada, 2001 ; CHQ, 2001 ; DSP de la Mauricie-Centre-du-Québec, 2001 ; Demers *et al.*, 2002).

Enfin, comme elles passent généralement plus de temps à l'intérieur, les personnes vulnérables sont en même temps plus exposées.

2.3 Principales études épidémiologiques

Plusieurs études épidémiologiques portant sur différents problèmes de santé associés à l'exposition aux conditions humides, aux moisissures et à leurs métabolites ont été publiées au cours des dix dernières années. Par ailleurs, certains organismes ont produit à la fin des années 90 des documents présentant le consensus scientifique sur les effets sur la santé d'une exposition aux moisissures (NYC, 2000 ; IOM, 2000 ; MIEH, 1999 ; ACGIH, 1999). Depuis la publication de ces documents, de nouvelles études sont venues ajouter un éclairage additionnel sur le sujet. Nous présentons ici les principaux résultats de ces études ainsi que ceux de quelques études significatives publiées quelques années plus tôt.

Études récentes (2000-2001)

Dans l'étude de Engvall *et al.* (2001), les symptômes d'irritation des yeux, du nez, de la gorge et de la peau du visage, la toux, les céphalées et la fatigue étaient plus élevés chez les résidents des logements avec un ou plusieurs signes d'humidité ou de contamination fongique, et la prévalence de ces symptômes augmentait avec le nombre d'indices présents en même temps dans un même logement. Notons que cette étude est fort intéressante en raison de la taille et de la nature de l'échantillonnage (près de 600 immeubles à logement pour un total de 14 235 ménages, dont 9 808 ont participé à l'étude). Toutefois, les auteurs ont utilisé des questionnaires subjectifs pour évaluer l'exposition et les symptômes et n'ont pas tenu compte des variables socio-économiques dans leur analyse.

Walinder *et al.* (2001) ont comparé les symptômes et débits respiratoires ainsi que les réactions inflammatoires nasales chez deux petits groupes d'employés d'édifice à bureau. Le groupe à l'étude occupait un édifice qui avait subi des dégâts d'eau et dont l'évaluation environnementale avait révélé une présence accrue de moisissures, de bactéries et de COV dans cet édifice. Le groupe témoin provenait d'un édifice sans présence microbienne accrue ni dégâts d'eau connus. Les débits de pointe (nasale et bronchique) et la prévalence de symptômes étaient semblables chez les deux groupes, mais les réactions inflammatoires mesurées par lavage nasal étaient plus importantes chez les travailleurs de l'édifice contaminé.

D'autres études portant spécifiquement sur les effets respiratoires d'une exposition aux moisissures ont aussi été publiées. Par exemple, Ross *et al.* (2000) ont évalué chez des personnes asthmatiques (n = 57) provenant de plusieurs familles différentes, la sévérité des symptômes en lien avec leur exposition aux bioaérosols présents dans l'air intérieur de leur résidence, dans une région où des inondations étaient survenues l'été précédent. Divers indicateurs ont été utilisés pour évaluer la sévérité de l'asthme, et des mesures objectives ont été effectuées pour évaluer la concentration de moisissures et de bactéries dans l'air ainsi que des allergènes provenant des acariens dans la poussière. Les résultats ont mis en évidence une association entre l'abondance de moisissures et le nombre de visites à l'urgence suivant des crises d'asthme. Les autres indicateurs de la sévérité de l'asthme n'ont pas démontré d'association avec les concentrations de moisissures. Il faut mentionner que les concentrations de moisissures dans l'air extérieur étaient généralement plus élevées que celles retrouvées dans l'air intérieur. De plus, les concentrations variaient de façon très importante, et les auteurs de l'étude mentionnent que des mesures répétées seraient peut-être nécessaires afin de mieux caractériser l'exposition.

Deux études publiées en 2001 ont examiné le développement de maladies pulmonaires allergiques et autres symptômes chez des adultes exposés aux moisissures. Dans un premier cas, les auteurs ont procédé par questionnaire postal (Thorn *et al.*, 2001). Afin d'ajouter une dimension temporelle entre l'exposition et le développement de la maladie, ils ont considéré seulement les expositions qui ont précédé le diagnostic d'asthme par un médecin. Leurs résultats ont entre autres démontré un risque élevé pour le développement de l'asthme lors d'une exposition aux moisissures (RR ajusté 2,2 ; IC 1,4-3,5) et à la fumée de tabac dans l'environnement (RR ajusté 2,4 ; IC 1,4-4,1).

L'étude de Jarvis et Morey

Dans une étude effectuée chez les travailleurs occupant un édifice contaminé, Jarvis et Morey (2001) ont utilisé des mesures objectives pour évaluer la qualité de l'air de l'édifice contaminé (édifice A). Les symptômes des travailleurs de l'édifice problématique et de deux autres groupes témoins de travailleurs (édifices B et C) ont été évalués par questionnaire subjectif. Les auteurs ont également procédé à des examens cliniques détaillés pour évaluer l'état de santé d'un sous-groupe de travailleurs dans l'édifice problématique. Enfin, ils ont suivi les travailleurs pendant plusieurs années. La

contamination fongique dans l'édifice problématique était visible sur des centaines de mètres linéaires des murs de l'enveloppe de l'édifice. L'espèce *Aspergillus versicolor* s'est avérée dominante dans l'air intérieur (240 UFC/m³ avant l'application des mesures correctives et absente dans l'air l'extérieur). La prévalence de symptômes respiratoires et irritatifs ainsi que des maux de tête, des étourdissements et des difficultés de concentration, étaient significativement plus élevées dans l'édifice contaminé comparativement aux deux autres édifices. De plus, les symptômes ressentis par les occupants de l'édifice problématique s'amélioreraient lorsqu'ils se retrouvaient à l'extérieur du milieu de travail et ce, plus souvent que chez les deux autres groupes. Enfin, une enquête réalisée quatre mois après des travaux correctifs dans l'édifice problématique a démontré une réduction significative des symptômes irritatifs et des maux de tête.

Les auteurs ont ensuite défini à l'aide des réponses au questionnaire deux états cliniques distincts chez les répondants, soit des symptômes reliés à l'édifice (présence d'un symptôme dans au moins 3 des 5 catégories suivantes : nez, gorge, yeux, neuropsychologique, céphalée) et des maladies respiratoires (présence de 2 des 3 symptômes respiratoires suivants : toux, respiration bruyante ou « wheezing » et dyspnée). Encore une fois, la prévalence de ces problèmes s'est avérée trois à quatre fois plus élevée chez les travailleurs de l'édifice problématique que chez ceux d'un édifice témoin. L'évaluation clinique détaillée effectuée chez 37 travailleurs de l'édifice problématique a révélé quinze cas d'asthme reliés au bâtiment et cinq cas probables de pneumonite d'hypersensibilité reliée au bâtiment. Aucun nouveau cas ou aggravation de maladie pulmonaire allergique n'a été identifié chez les travailleurs invités à consulter des pneumologues après la réoccupation des lieux.

À l'instar d'autres études (Hodgson *et al.*, 1998 ; Johanning *et al.*, 1996), les résultats obtenus par Jarvis et Morey démontrent un excès de symptômes irritatifs, respiratoires, systémiques et cognitifs chez les occupants d'un édifice contaminé par des moisissures. Les auteurs rapportent que leurs résultats confirment ceux d'autres études qui démontrent un lien entre le développement de maladies pulmonaires allergiques et l'occupation d'un édifice contaminé par des moisissures à la suite de dégâts d'eau. Ils ajoutent que les résultats qu'ils ont obtenus démontrent un effet dose-réponse puisque le risque de développer des symptômes respiratoires était plus élevé pour les personnes ayant travaillé depuis plus longtemps dans l'édifice, ainsi que pour ceux ayant travaillé à proximité de matériaux endommagés ou dont l'emploi occasionnait la perturbation des poussières, mais ne présentent pas de données pour appuyer cette affirmation.

Études d'intervention

Dans une revue de littérature sur les effets sur la santé occasionnés par les agents microbiens, Husman (2000) mentionne l'importance de réaliser des études d'intervention systématiques afin de démontrer les effets de la cessation ou de la réduction de l'exposition aux moisissures suite aux travaux correctifs. L'étude de Jarvis et Morey est un exemple d'une étude récente qui démontre de tels effets dans un édifice à bureaux, et d'autres études de cette nature ont été publiées récemment à la suite d'interventions dans des écoles.

Par exemple, Smedje et Norbäck (2000) ont démontré une baisse des symptômes asthmatiques chez les enfants d'écoles primaires et secondaires suivant l'installation de nouveaux systèmes de ventilation. Cette étude n'a pas pu distinguer les effets des moisissures de ceux d'autres contaminants, car plusieurs paramètres se sont améliorés simultanément avec l'installation des nouveaux systèmes de ventilation. L'étude de Savilahti *et al.* (2000) a porté plus spécifiquement sur la morbidité respiratoire dans une école qui avait subi des dégâts d'eau. Les résultats obtenus démontrent que la morbidité respiratoire (mesurée par questionnaire et par analyse des dossiers médicaux d'un centre de santé) a diminué à la suite des rénovations, qui ont eu pour effet de diminuer la concentration de moisissures

dans l'air de l'établissement qui avait subi des dégâts d'eau. Selon les auteurs, les résultats de leur étude est la première à démontrer un tel effet, et ils confirment l'importance de procéder aux corrections appropriées à la suite de dégâts d'eau. Une autre étude est venue confirmer, chez des adultes œuvrant dans une école, l'amélioration des symptômes après contrôle des problèmes d'humidité ; chez les enfants, l'effet était moins convaincant compte tenu, selon les auteurs, de la présence d'épisodes de grippe concomitants (Ahman *et al.*, 2000).

L'étude de Rylander (1997b) a démontré que le nombre d'adultes présentant de l'hyper-réactivité bronchique avait nettement diminué à la suite de travaux de rénovation d'un milieu présentant des problèmes de prolifération chronique microbienne. Cette diminution a été observée concurremment à une chute appréciable des niveaux de $\beta(1-3)$ glucanes.

Études de cas récentes

Selon Fung *et al.* (2000), la disponibilité de données objectives pour évaluer l'exposition aux moisissures et les effets sur la santé ainsi que l'aspect temporel entre l'exposition et le développement et la disparition des symptômes ajoutent du poids à la relation causale entre l'exposition à *Alternaria* et l'exacerbation de l'asthme chez une personne sensibilisée.

Seuri *et al.* (2000) ont publié une autre étude de cas touchant 14 personnes travaillant dans un hôpital militaire qui subissait des dégâts d'eau à répétition. Les échantillonnages de l'air ont démontré la présence de moisissures dont la concentration a atteint 1 400 UFC/m³. L'espèce la plus souvent identifiée était *Sporobolomyces salmonicolor*. *Penicillium* spp et *Aspergillus fumigatus* avaient également été recensées. Aucune analyse n'avait été effectuée pour la présence d'autres contaminants biologiques (endotoxines, acariens). Sur les 14 personnes étudiées, 13 ont rempli le questionnaire concernant les symptômes, les habitudes tabagiques et les antécédents allergiques. Dans tous les cas, aucune maladie atopique n'avait été rapportée auparavant, et tous les répondants étaient des non-fumeurs ou des ex-fumeurs. Enfin, des tests de fonction respiratoire incluant des tests de provocation (bronchique et nasale) ont été effectués. Un diagnostic de maladie allergique a été porté chez 11 des 14 employés de l'hôpital. L'alvéolite allergique, l'asthme et la rhinite allergique ont été diagnostiqués chez une personne, l'asthme et la rhinite allergique chez 3 autres, et le diagnostic de rhinite allergique a été porté chez 7 autres travailleurs. Notons qu'en plus des 14 travailleurs examinés, les auteurs ont questionné des patients de l'hôpital et des conscrits militaires en service à l'hôpital sur la présence de symptômes respiratoires. Aucun symptôme relié à l'hôpital n'a été rapporté par ces deux groupes.

Quelques études significatives publiées avant 2000

Parmi les études publiées avant 2000, celle de Williamson *et al.* (1997) mérite d'être mentionnée. Les auteurs ont comparé des personnes atteintes d'asthme avec un groupe-témoin, en évaluant l'humidité de la maison et la présence de moisissures à l'aide d'un questionnaire subjectif et d'enquêteurs qualifiés. Ces auteurs ont aussi tenu compte de plusieurs variables confondantes dans leur analyse (statut socio-économique, présence de fumeurs et d'animaux domestiques). Les résultats ont démontré qu'il était deux à trois fois plus probable que les personnes souffrant d'asthme vivent dans un logement humide que les témoins demeurant dans le voisinage. De plus, la sévérité de l'asthme augmentait avec le degré d'humidité et avec l'importance de la contamination par des moisissures. Selon les auteurs, cette étude est la première à démontrer une telle relation dose-réponse. Il est toutefois important de souligner que cette étude portait davantage sur l'humidité que sur les moisissures et que les auteurs n'ont pas effectué de mesures d'exposition aux acariens, dont la prolifération est également favorisée par des conditions d'humidité élevée.

Dales et Miller (1999) ont effectué une étude chez 403 enfants canadiens âgés d'environ 10 ans dans laquelle ils tiennent compte de l'effet confondant des acariens et des endotoxines produites par les bactéries. Les niveaux de contamination par les acariens (évalués par des échantillonnages de poussière) et les endotoxines (évalués par des échantillonnages de l'air) étaient plus élevés dans des maisons où la présence de moisissures (évaluée subjectivement à l'aide d'un questionnaire complété par un tuteur) a été observée. Les auteurs ont notamment tenu compte de ces différences dans leur analyse statistique, qui démontre un risque relatif ajusté de 1,81 (IC : 1,02-3,24) pour l'irritation et de 2,25 (IC : 1,26-4,00) pour les symptômes généraux, en lien avec l'exposition aux moisissures. Cette étude fait ressortir une association entre le développement de symptômes respiratoires et systémiques (céphalées, douleurs musculaires, fièvre, difficultés de concentration, etc.) et l'exposition aux moisissures.

Une étude du Childhood Asthma Management Program (Nelson *et al.*, 1999) a établi une forte relation entre la réactivité asthmatique (métacholine inhalée) et la sensibilité cutanée à de nombreux allergènes, dont les moisissures intérieures.

Principales études scandinaves

Des auteurs finlandais ont publié entre 1995 et 1999 une série d'études sur les effets sur la santé résultant d'une exposition aux moisissures et à des conditions humides en milieu résidentiel ainsi que dans des garderies et des écoles (Koskinen, 1999). Les auteurs ont noté que les enfants exposés aux conditions humides ou à des moisissures à la maison, à la garderie ou à l'école sont plus à risque de développer une multitude de symptômes respiratoires (toux, irritation de la gorge, congestion nasale, etc.), ce phénomène s'observant également chez les adultes exposés à domicile. Un excès de risque a par ailleurs été établi pour le développement d'otite, de bronchite et d'extinction de voix chez les enfants d'âge préscolaire exposés aux moisissures. Des difficultés accrues de concentration chez les enfants d'âge scolaire vivant dans des maisons où il y avait des moisissures ainsi que des symptômes de fatigue et de difficulté de concentration chez les adultes exposés aux moisissures sont aussi rapportés (Koskinen *et al.*, 1999a ; 1999b).

Au cours des études réalisées dans des garderies, Koskinen *et al.* (1995 ; 1997) ont comparé des enfants fréquentant deux garderies, dont l'une d'elles présentait une concentration plus élevée de champignons viables dans l'air. Un taux d'absentéisme deux fois plus élevé a été constaté pour la garderie problématique. De plus, les auteurs ont pu éliminer l'effet confondant des acariens, car l'humidité relative n'était pas assez élevée pour favoriser leur croissance.

Ce groupe de chercheurs a également comparé les enfants fréquentant une école qui avait subi des dégâts d'eau à des enfants fréquentant une école sans problème apparent (Taskinen *et al.*, 1999). Bien que le taux d'asthme ait été semblable dans les deux groupes, des crises de respiration sifflante et la toux nocturne prolongée étaient plus fréquentes chez les enfants de l'école contaminée. Pour la toux nocturne, le risque relatif était encore plus élevé chez les enfants dont les parents rapportaient des problèmes d'humidité à la maison, ce qui suggère la possibilité d'un effet additif lorsqu'un enfant est exposé à une humidité excessive à l'école et à la maison. Les auteurs ont également noté que les visites à l'urgence et la prise d'antibiotiques étaient deux fois plus fréquentes au printemps chez les enfants fréquentant l'école problématique comparativement aux enfants de l'école saine. Le portrait saisonnier dégagé par cette étude suggère donc un rôle joué par l'exposition aux conditions humides et aux moisissures.

Les chercheurs finlandais responsables de l'ensemble des études évoquées ici soulignent que le mécanisme expliquant la morbidité plus élevée chez les personnes exposées à l'humidité excessive et aux moisissures n'est pas encore connu. Selon eux, ce type d'exposition causerait une irritation des voies respiratoires, rendant certaines personnes plus susceptibles à diverses infections.

Limites des études épidémiologiques

Étant donné l'importance du lien entre le taux d'humidité relative et la croissance des champignons, bon nombre d'études ont tenu compte de l'impact de ce paramètre sur les effets sur la santé étudiés. Il est donc généralement difficile de dissocier les effets délétères des conditions d'humidité élevée de ceux causés par les moisissures (Bornehag *et al.*, 2001). Williamson *et al.* (1997) ajoutent, quant à eux, que la présence de moisissures pourrait être un indicateur d'humidité excessive et d'exposition plus élevée aux acariens. Selon ces auteurs, une intervention pour réduire l'humidité en milieu résidentiel pourrait diminuer la morbidité due à l'asthme, peu importe le mécanisme causal de la maladie. Ainsi, de façon générale, les études démontrent une association entre la prévalence de symptômes respiratoires et la présence d'humidité excessive et de moisissures dans la résidence. Par contre, des liens entre de telles conditions de logement et des maladies respiratoires précises demeurent plus difficiles à établir.

Par ailleurs, les études épidémiologiques qui tentent d'évaluer une relation causale entre une exposition aux moisissures et des effets sur la santé comportent généralement certaines faiblesses. En effet, plusieurs symptômes non spécifiques associés aux moisissures sont également associés à d'autres facteurs environnementaux (Husman, 1996 ; MIEH, 1999). Par exemple, dans une étude citée par Flannigan *et al.* (1991), une proportion plus élevée de personnes atteintes de maladies respiratoires avaient réagi aux squames d'animaux (34 %) et à la poussière de maison (44 %) qu'aux moisissures (3 à 4 %). Ainsi, il ne semble pas encore possible de conclure que les moisissures sont à elles seules responsables de l'ensemble des symptômes rapportés dans les différentes études (MIEH, 1999).

Des chercheurs du NIOSH ont analysé brièvement l'état de la littérature épidémiologique concernant les mycotoxines et les maladies reliées aux bâtiments (Page et Trout, 2001 ; 1998). Ils concluent que les preuves actuelles sont insuffisantes pour établir une relation causale claire entre l'exposition aux mycotoxines et certains effets sur la santé. Selon ces auteurs, les principales difficultés avec les études effectuées jusqu'à présent sont :

- la difficulté de quantifier l'exposition aux champignons et aux mycotoxines ;
- la difficulté de déterminer un ou des indicateurs de santé qui peuvent être mesurés de façon objective ;
- la nécessité de considérer d'autres variables qui peuvent avoir un impact sur la santé (ex. : composés organiques volatils) ;
- la difficulté de constituer un groupe de personnes exposées suffisamment important pour faciliter l'analyse statistique.

Robbins *et al.* (2000) soulignent que les développements à venir permettront de mieux quantifier les expositions aux moisissures et aux mycotoxines dans l'air, ce qui permettra de mieux documenter leurs effets sur la santé. Ils mentionnent aussi l'importance d'obtenir une base de données sur les concentrations des moisissures provenant de l'extérieur et de l'intérieur des édifices non problématiques pour différentes régions, ce qui permettrait une comparaison entre ces édifices et celles problématiques.

2.4 Le lien de causalité

2.4.1 Concepts de la démonstration du lien de causalité

Nous venons de voir qu'il existe de nombreuses études épidémiologiques démontrant une association entre la présence de moisissures ou d'humidité excessive dans le milieu intérieur et la survenue de problèmes de santé dont la nature et la sévérité varient de simples irritations des yeux et de la gorge jusqu'à des réactions immunologiques ou toxiques sévères. Mais le fait d'observer une association statistique, spatiale ou temporelle entre une exposition aux moisissures et une maladie n'implique pas nécessairement qu'elles en soient la cause.

La preuve qu'un agent puisse produire un effet néfaste est le plus souvent constituée de la convergence de plusieurs éléments de preuve et de la force de chacun de ces éléments. Le lien de causalité entre un agent et un effet délétère chez l'humain peut donc être établi lorsque les circonstances entourant cette relation et les connaissances scientifiques répondent à certains critères. Plusieurs auteurs se sont penchés sur cette question et ont dressé des listes d'éléments à rassembler. Ainsi, plus le nombre de critères rencontrés est important, plus fort sera le lien de causalité.

L'étude de la relation entre des polluants chimiques et certains problèmes de santé a l'avantage dans bon nombre de cas, de se baser sur des mesures quantitatives objectives d'une seule substance nocive dont les effets cellulaires *in vitro* ou sur l'animal en laboratoire sont bien identifiés : dans plusieurs cas, ces modèles relativement simples permettent d'établir des seuils précis selon les effets étudiés.

Il en va différemment pour l'étude de la relation entre l'exposition aux moisissures et les effets à la santé. D'une part, la mesure de l'exposition aux moisissures est complexe puisque :

- dans la majorité des situations, le sujet est exposé à différents composés issus d'une même moisissure (ex. : glucanes des parois cellulaires, multiples toxines présentes à l'intérieur des cellules, multiples composés organiques volatiles émanant des sites contaminés, substances allergisantes, substances irritantes) ;
- un sujet sera exposé à différentes espèces de moisissures de façon simultanée ;
- un sujet sera exposé à des concentrations variables dans le temps (variation temporelle) ;
- il y a absence de seuils d'apparition des symptômes ;
- les conditions d'humidité favorables à la prolifération des moisissures le sont aussi pour d'autres agents biologiques, notamment des bactéries. De plus, une aération insuffisante (contribuant souvent à l'excès d'humidité) peut entraîner une augmentation des niveaux d'agents chimiques irritants ou sensibilisants (ex. : formaldéhyde) dans l'air intérieur. Ces agents biologiques et chimiques peuvent constituer des facteurs confondants dans les études épidémiologiques étant associées à la cause présumée (moisissures) et aux effets étudiés (symptômes respiratoires, asthme, allergies).

La complexité de ces facteurs ainsi que la diversité des méthodologies utilisées rendent l'exposition difficile à mesurer.

D'autre part, les pathologies observées peuvent être relativement bien définies tels l'aspergillose ou le « poumon du fermier », ou l'être beaucoup moins comme le syndrome de fatigue associé à des céphalées et des difficultés de concentration. De plus, dans le cas des pathologies fongiques moins bien définies, plusieurs symptômes sont connus comme pouvant être associés à de multiples causes, susceptibles de se retrouver dans les mêmes circonstances que la contamination fongique de l'air intérieur (ex. : asthme exacerbé par les acariens ou l'humidité excessive), ce qui peut compliquer l'évaluation du risque attribuable aux moisissures. Les difficultés à mesurer l'exposition additionnées aux difficultés de bien définir le diagnostic de la pathologie viennent compliquer l'établissement du lien de causalité entre cette exposition et la survenue des symptômes.

Mises à part ces difficultés, il existe des méthodes pour analyser l'ensemble des connaissances afin d'en déduire le poids de la preuve. Une de celles-ci a été proposée par Bradford Hill en 1965 et reprise de façon spécifique pour les moisissures par le comité du McMaster Institute of Environment and Health (MIEH) en 1997, puis en 1999.

Critères de Bradford Hill

Sir Austin Bradford-Hill a présenté en 1965 une liste de critères permettant d'évaluer les éléments de preuve d'une relation de cause à effet (voir l'annexe 1.1) applicables en santé environnementale et occupationnelle. En bref, sa méthodologie consiste à établir le poids de la preuve selon neuf critères (Bradford-Hill, 1966 ; 1965).

Le lien de causalité est souvent difficile à établir puisqu'il requiert, en plus de la démonstration de la présence concomitante du contaminant suspecté et l'apparition des symptômes, la démonstration souvent difficile de l'implication de ce contaminant dans la symptomatologie observée. Ce lien n'est plausible que lorsque les symptômes apparaissent après le début de l'exposition. Le lien de causalité est renforcé lorsque l'élimination de l'exposition entraîne la disparition ou la diminution des symptômes ou lorsqu'une nouvelle exposition entraîne leur réapparition.

2.4.2 Les résultats des travaux du McMaster Institute of Environment and Health

Tel que mentionné précédemment, un groupe d'experts réunis en comité par le McMaster Institute of Environment and Health (MIEH, 1999) a utilisé les critères de Bradford-Hill pour évaluer les résultats des études épidémiologiques et juger de la probabilité d'un lien causal. Nous en présentons ci-après les principales conclusions.

- *La force de l'association et la constance*

Il existe une association significative et constante entre la présence de dommages causés par l'eau, de moisissures ou d'humidité excessive et les symptômes respiratoires reliés à l'asthme (toux et sifflement - sibilances ou wheezing -) dans de nombreux pays et circonstances. Les risques relatifs rapportés se situent entre 1,5 et 3,5 ; ils sont observés de façon constante dans de nombreuses études environnementales.

- *La spécificité de l'association*

Les symptômes respiratoires sont les problèmes de santé qui montrent la plus forte association avec une exposition aux moisissures et à l'humidité excessive. Bien que l'association entre l'exposition et les effets soit constante, le critère de spécificité n'est pas satisfait dans ces études puisque les expositions et les effets mesurés sont variables. Les études cliniques démontrent une association entre les symptômes respiratoires (et les marqueurs de l'inflammation) et les $\beta(1-3)$ glucanes aéroportés.

- *La temporalité de l'association*

Dans les études populationnelles, la plupart des devis d'études ne se prêtent pas à une évaluation de l'exposition passée. La plupart des études sur l'exposition aux moisissures intérieures sont des études cas-témoins ou transversales, ces méthodologies ne permettant pas de documenter le degré d'exposition qui précède les effets observés. Par conséquent, dans les types d'études énumérées, le critère de temporalité n'est généralement pas rencontré.

- *L'expérimentation*

À défaut de modèle expérimental chez l'humain, plusieurs auteurs ont étudié l'effet du retrait des sujets affectés d'un milieu présumé contaminé (modèle expérimental de type naturel). Plusieurs études ont montré que les symptômes, et particulièrement les symptômes respiratoires, s'améliorent avec le retrait des conditions environnementales (moisissures et humidité) associées aux symptômes.

- *La relation dose-réponse*

La toxicité expérimentale : les études d'inhalation effectuées chez les animaux démontrent une relation entre des niveaux élevés de spores contenant des toxines de *Stachybotrys* sp et l'inflammation respiratoire. Les études *in vitro* démontrent une toxicité au niveau des cellules alvéolaires traitées avec des extraits contenant des toxines. Les modèles animaux démontrent une association entre l'inflammation pulmonaire et le $\beta(1-3)$ glucane inhalé. Les évidences recueillies lors des études expérimentales animales sur le $\beta(1-3)$ glucane supportent une association entre cette composante des moisissures et l'irritation des yeux et de la gorge mais requièrent davantage de clarifications.

La toxicité dans les situations d'exposition chez l'homme : la littérature suggère une relation dose-réponse qui se reflète par une prévalence accrue de conséquences biologiques (irritation des yeux et de la gorge; irritation nasale) avec l'accroissement des niveaux environnementaux d'humidité et de moisissures.

- *La plausibilité biologique*

Du point de vue biologique, il est plausible que des humains exposés aux moisissures et aux conditions humides dans différentes circonstances de la vie quotidienne ressentent des effets sur leur santé. Ceci a été démontré avec au moins un métabolite fongique, le $\beta(1-3)$ glucane.

- *La cohérence*

Les conséquences observées chez les humains sont cohérentes avec les études animales basées sur l'inhalation ainsi qu'avec les études *in vitro*.

Par conséquent,

- le panel d'experts du MIEH reconnaît que la littérature scientifique supporte une association entre plusieurs effets sur la santé et une prolifération fongique dans un environnement intérieur ou avec des conditions environnementales associées à une croissance fongique ;
- la majorité des études publiées qui ont examiné la relation entre les conditions environnementales intérieures et certains effets sur la santé sont basées sur une rigueur méthodologique de niveau moyen ou bas. Parmi les études revues par les experts du MIEH, plusieurs supportent cette relation et/ou procurent une analyse critique d'autres études (Johanning *et al.*, 1999 ; Rylander, 1999 ; Mason *et al.*, 1998 ; Rylander *et al.*, 1998 ; Johanning, 1998 ; Rylander, 1997a ; 1997b ; Schryler *et al.*, 1998 ; Thorn et Rylander, 1998 ; Peat *et al.*, 1998 ; Fung *et al.*, 1998 ; Nikulin *et al.*, 1997 ; Verhoeff et Burge, 1997 ; Samson *et al.*, 1994).

Enfin, le groupe d'experts de l'Institute of Medicine aux États-Unis a quant à lui évalué la qualité de la preuve épidémiologique disponible au sujet de différents facteurs de risque présents dans l'air intérieur et le développement et l'exacerbation de l'asthme. Le groupe conclut qu'il existe des preuves suffisantes d'une association entre une exposition aux moisissures et l'exacerbation de l'asthme et le développement de symptômes respiratoires non spécifiques (IOM, 2000).

2.4.3 Mise à jour des éléments de la preuve et position du présent groupe de travail

Les principaux résultats du groupe d'experts de l'Université McMaster (MIEH) sur la force de la preuve étaient basés sur la littérature produite jusqu'en 1998. Or, de nombreuses études expérimentales (études contrôlées *in vitro* et *in vivo*), cliniques, pathologiques et épidémiologiques ont été produites par la suite apportant un éclairage nouveau sur la démonstration du lien de causalité, et permettant par le fait même d'approfondir l'évaluation de l'association entre l'exposition aux moisissures et certains problèmes de santé.

C'est pourquoi, dans le but de compléter la section précédente, nous présentons ci-après le niveau de preuve accumulée jusqu'à ce jour (novembre 2001). Toutefois, il faut souligner que nous ferons l'exercice pour chaque catégorie de pathologie connue (ou présumée) comme étant associée aux moisissures, en ordre décroissant de preuve, c'est-à-dire en commençant par les pathologies pour lesquelles il existe davantage d'éléments de preuve d'une association avec les moisissures environnementales. Plus d'un millier d'articles scientifiques ont été publiés depuis 1980 sur le sujet. Le lecteur comprendra que les références fournies pour chaque catégorie de pathologie ne sont pas exhaustives. Nous signalerons, le cas échéant, les lacunes majeures dans l'état des connaissances ou les limites générales des études pour chaque groupe de pathologie.

2.4.3.1 Les infections fongiques ou mycoses

Les infections fongiques sont bien connues depuis près d'un siècle par la communauté médicale et scientifique. L'association est prouvée entre certains champignons (moisissures et levures) et des infections superficielles, profondes ou systémiques du fait qu'elle répond aux postulats de Koch¹⁵. Pour ce qui est des espèces rencontrées comme contaminants du milieu intérieur, ces postulats sont valides chez des sujets qui présentent des susceptibilités particulières ou des maladies sous-jacentes facilitant le processus infectieux. Étant donné que le mécanisme d'exposition respiratoire est un des mécanismes reconnus dans la pathogenèse des mycoses respiratoires, les circonstances d'exposition en milieu intérieur ont un lien causal d'emblée reconnu (Warnock *et al.*, 2001 ; Lai, 2001 ; Geffer, 1992). L'effet infectieux est très bien documenté chez les immunodéprimés ; bien que moins fréquentes, ces infections sont aussi connues chez les sujets immunocompétents (MIEH, 1999 ; Parameswaran *et al.*, 1999 ; Clancy et Nguyen, 1998 ; Karim *et al.*, 1997 ; Karam et Griffin, 1986).

Depuis la fin des années 70, une entité particulière est reconnue, soit l'aspergillose nosocomiale (Arnou *et al.*, 1978). Ces cas sont souvent associés à des travaux de rénovation ou de construction en milieu hospitalier ou lors d'excavations près de l'hôpital (CDC, 2001 ; Santé Canada, 2001). Cette mycose profonde est souvent fatale chez des gens débilisés, immunosupprimés ou lorsque l'infection se fait au site opératoire (Alberti *et al.*, 2001) ; de plus, elle est très rarement rencontrée parmi la population générale. Ce type d'infection a été associée à une exposition en milieu intérieur hospitalier et occasionnellement rapporté chez des sujets en dehors du contexte hospitalier (Hajjeh et Warnock, 2001 ; Chen *et al.*, 2001).

Les infections fongiques opportunistes peuvent survenir chez des sujets immunodéprimés ou sévèrement débilisés. Dans le cas d'infections dues à une exposition en milieu intérieur, celles-ci ont surtout été rapportées lors d'exposition nosocomiale (hospitalière) chez des sujets immunodéprimés ou souffrant de maladies respiratoires chroniques. L'aspergillose invasive est la plus souvent rapportée.

¹⁵ Robert Koch, médecin et microbiologiste allemand, a proposé en 1890 un ensemble de critères permettant de définir si un micro-organisme était pathogène ou non. Selon Koch, une bactérie devait répondre à tous ces critères pour être considérée comme pathogène :

- l'agent causal doit être présent dans toutes les instances de la maladie (et ne devrait pas être trouvé chez des sujets sains) ;
- l'agent causal doit toujours être isolé du sujet malade et cultivé en culture pure ;
- l'agent causal transféré à un deuxième sujet sain doit causer la même maladie (expérimentation animale) ;
- le même agent causal doit être isolé du deuxième sujet infecté.

Cette méthodologie employant des critères rigoureux, a permis à la bactériologie et à l'infectiologie de la fin du 19^e siècle de progresser. Par contre, on constate dans l'état actuel des connaissances que ces critères ne s'appliquent pas à tous les agents infectieux, entre autres aux virus. De fait, l'agent causal peut être présent chez un porteur sain et être considéré quand même comme étant pathogène à proprement dit, même au-delà du statut d'opportuniste. Plusieurs agents infectieux ne peuvent pas être isolés facilement par culture en laboratoire (ex. : bactéries fastidieuses, virus et prions). La visualisation par microscopie électronique ou les études génomiques ont souvent remplacé les cultures. Les études de transférabilité sont généralement faites chez l'animal ou même sur lignées cellulaires; les inférences faites à partir de ces études doivent être faites avec prudence.

2.4.3.2 La colonisation fongique ou mycétomes

Plusieurs formes de ces pathologies sont connues depuis des décennies. L'association entre l'inhalation de spores d'*Aspergillus* et l'aspergillome pulmonaire est bien connu ; le premier cas a été rapporté et décrit au Portugal en 1863. Tout aussi reconnue est l'intromission de spores de d'autres familles de moisissures dans les tissus, menant à des mycétomes variés (ex. : maduromycose). Dans le cas des aspergillomes, le lien causal est bien connu lors d'exposition environnementale, par inhalation, liée à l'ensilage et l'entreposage de grains et à d'autres expositions liées à des procédés en milieu agricole (Monod *et al.*, 1951). En milieu intérieur, la relation entre l'exposition par inhalation de moisissures et la colonisation pulmonaire a toutefois surtout été établie en milieu hospitalier (Alberti *et al.*, 2001). De plus, certains points du mécanisme de colonisation, tels la dose nécessaire pour que la colonisation s'établisse et les facteurs sous-jacents qui permettraient le passage de la colonisation à l'infection, ne sont pas encore élucidés (Girmenia *et al.*, 2001 ; Geftter, 1992).

Outre l'observation de ce phénomène chez les immunosupprimés tels des transplantés (Westney *et al.*, 1996) et sidéens (Hohler *et al.*, 1995), la colonisation d'anciennes cavités est parfois observée chez d'anciens tuberculeux (Kawamura *et al.*, 2000) et cas de sarcoïdose (Tomlison et Sahn, 1987) ou de lésions chez des cas de fibrose kystique (Neuveglise *et al.*, 1997) ou de cancéreux (Hanagiri *et al.*, 1993).

La survenue de colonisation fongique menant à un aspergillome alvéolaire suivant une exposition en milieu intérieur demeure un événement rare, même chez des sujets à risque.

2.4.3.3 L'allergie de type I (rhinite, sinusite allergique, asthme)

La force de l'association et la constance : Des études cliniques et épidémiologiques ont démontré une forte association entre l'exposition aux moisissures (à l'extérieur comme à l'intérieur) et la sensibilisation aux moisissures (mesurée par des tests cutanés ou sériques) ou même l'incidence de réactions allergiques respiratoires (ex. : rhinite et sinusite allergique) (Ezeamuzie *et al.*, 2000 ; Negrini *et al.*, 2000 ; Noble *et al.*, 1997 ; Ruotsalainen *et al.*, 1995), l'incidence de l'aggravation de l'asthme (Engvall *et al.*, 2001 ; Fung *et al.*, 2000) et même, plus récemment, de l'apparition de l'asthme (Neukirch *et al.*, 1999). L'ampleur du phénomène dans la population générale pourrait être sous-estimée, étant donné que les épreuves de cuti-réaction et les épreuves sérologiques manquent de sensibilité (MIEH, 1999), mais les réactions allergiques aux moisissures en milieu intérieur sont rapportées sur tous les continents.

La spécificité de l'association : Les études des réactions immunitaires chez des sujets allergiques, par des tests cutanés ou sériques, démontrent la présence d'anticorps spécifiques aux genres, parfois même à l'espèce de moisissures (Negrini *et al.*, 2000). Par exemple, l'association entre l'exposition environnementale (édifices à bureaux et écoles) à *Alternaria* et la réaction allergique a pu être démontrée à quelques occasions (Menzies *et al.*, 1998). Des études au niveau cellulaire ont pu démontrer la spécificité de la réaction aux spores de *Trichoderma viride* (Larsen *et al.*, 1996).

Dans le cas des réactions asthmatiques, le MIEH avait statué en 1997 et 1999 que les connaissances cliniques indiquaient que le syndrome asthmatiforme pouvait être causé chez des sujets susceptibles, par une exposition à des moisissures. Toutefois, plusieurs études, de par leur concept, n'ont pu évaluer la relation spécifique entre l'exposition aux moisissures et cette réaction asthmatique, puisqu'elles ne pouvaient dissocier l'effet d'autres facteurs connus comme agents causals de l'asthme (Su *et al.*,

2001). Parmi ces facteurs confondants signalés dans les études, notons la présence d'autres allergènes (acariens, animaux), d'autres facteurs liés à l'asthme, l'humidité excessive et le tabagisme (Boulet *et al.*, 1997 ; voir aussi la section 2.3).

La temporalité de l'association : Selon le MIEH (1999), la majorité des études épidémiologiques n'ont pas été conçues de façon à établir la préexistence de l'exposition fongique à la réaction allergique. Cependant, des études cliniques (ou études de cas) menées dans des lieux contaminés par des moisissures, ont démontré un lien spatio-temporel entre l'exposition aux moisissures et l'apparition des symptômes (Nelsen *et al.*, 1999 ; Downs *et al.*, 2001) ou leur disparition (Johanning *et al.*, 1999 ; Rylander, 1997a ; 1997b). Par contre ces signalements n'ont pas été faits dans des études à l'aveugle et pourraient selon le MIEH être biaisées. Une étude scandinave a fait ressortir que 60 % des sujets humains pré-sensibilisés à des spores d'*Alternaria* éprouvaient par la suite des symptômes d'allergies saisonnières (Negrini *et al.*, 2000). Cette étude d'une sensibilisation connue suivie d'une exposition en milieu extérieur diffère quantitativement d'une exposition en milieu intérieur. Mais la preuve de cette relation temporelle ne peut être rejetée puisqu'il demeure possible que la concentration de spores dans un milieu où il y a amplification fongique soit nettement supérieure à la concentration qui prévaut à l'extérieur.

De plus, la méthodologie employée dans certaines études récentes tient compte du facteur temporel. Thorn *et al.* (2001), par exemple, n'ont considéré dans leur étude que les expositions ayant précédé le diagnostic d'asthme. Enfin, la méthodologie longitudinale suivie par Jarvis et Morey (2001) ajoute plus de poids à l'aspect temporel. Plus récemment, une étude longitudinale publiée en Scandinavie a indiqué que l'exposition aux moisissures dans les écoles était associée à une incidence accrue d'asthme chez des enfants qui n'étaient pas atopiques au début du suivi. Cette étude présente toutefois des faiblesses méthodologiques, notamment un contrôle insuffisant des facteurs de confusion (Smedje et Norbäck, 2001).

L'expérimentation : Les études expérimentales en laboratoire et les procédures de contrôle de qualité des allergènes produits commercialement ont permis d'élucider plusieurs mécanismes impliqués dans la réaction allergique fongique (NCCLS, 1997). Dans le cas de l'allergie aspergillaire, le rôle des composantes fongiques spécifiques a pu être identifié dans la réaction allergique (Kurup et Banerjee, 2000 ; Hemmann *et al.*, 1998). Ces études ont permis d'établir une plausibilité biologique de l'association entre l'exposition aux moisissures et les réactions allergiques. Des études scandinaves récentes ont démontré un lien direct entre les tests de provocation (pour l'asthme) spécifique à l'espèce dominante dans un cas de contamination fongique d'un édifice (Seuri *et al.*, 2000). De même, Cooley *et al.* (2000) ont démontré l'effet d'une exposition répétée aux spores viables de *P. chrysogenum* présent dans un édifice où les occupants se plaignaient de symptômes du « syndrome de l'édifice malsain ». Cette exposition a provoqué une cascade de réactions typiques de la sensibilisation, de la réaction allergique et de la réaction inflammatoire, soit une élévation significative des éosinophiles circulants et dans les voies respiratoires, ainsi qu'une élévation significative des anticorps IgE et IgG.

La relation dose-réponse : Chez la population sensibilisée, l'effet dose-réponse associé à l'exposition à une contamination fongique intérieure n'est pas connu. Par contre, les études épidémiologiques de l'American Academy of Allergy, Asthma & Immunology (AAAAI) ont permis d'établir des seuils relatifs d'exposition aux moisissures de l'air extérieur correspondant à un pourcentage de risque de faire une réaction allergique, ceci en fonction du degré de sensibilisation de l'individu (AAAAI, comm. pers., 2001). Cette relation entre la concentration de spores dans l'air et le pourcentage des sujets sensibilisés faisant une réaction, suggère un effet dose-réponse entre l'exposition fongique et la réaction allergique ou d'hypersensibilité.

Des études écologiques¹⁶ rétrospectives menées en milieu hospitalier (urgences et soins intensifs) associent maintenant la sévérité des crises d'asthme voire même, à l'occasion, la mortalité due à l'asthme à des expositions aux moisissures à l'extérieur durant les pics saisonniers (Black *et al.*, 2000 ; Targonski *et al.*, 1995). Ces études s'appuient sur des calculs de risques relatifs estimés (Odds Ratio) de 2,16 et 2,75 qui sont statistiquement significatifs même si le risque d'un tel événement demeure faible. Les résultats de l'étude de Williamson *et al.* (1997) ont démontré que la sévérité de l'asthme augmentait avec les mesures d'humidité et de croissance fongique dans la maison. Jarvis et Morey (2001) ont observé un risque accru de développer des symptômes respiratoires selon la durée de l'exposition aux moisissures, la proximité des matériaux endommagés par l'eau et les emplois impliquant une aérosolisation des poussières, ce qui les amène à conclure à l'existence d'une relation dose-réponse probable.

La plausibilité biologique : L'exposition aux spores fongiques à l'extérieur est connue comme étant une cause d'allergie saisonnière courante affectant de 10 à 20 % de la population générale selon les études (AAAAI, 1998). Une étude québécoise a démontré que 25 % des atopiques présentant des symptômes respiratoires étaient sensibilisés aux moisissures (Boulet *et al.*, 1997). Il est donc plausible de penser que l'exposition dans un milieu intérieur, même à des concentrations inférieures, pourrait causer les mêmes réactions au moins chez des sujets déjà sensibilisés : en effet, il est bien connu, dans tous les cas d'allergie, après l'exposition aux premières doses sensibilisantes, que la dose nécessaire pour déclencher des réactions peut être nettement inférieure aux doses nécessaires pour induire la sensibilisation initiale.

La cohérence des études : Les symptômes allergiques et asthmatiques observés chez l'humain en présence de contamination fongique dans le milieu intérieur concordent avec ceux observés à l'extérieur. De plus les réactions observées chez les patients atopiques et les épreuves immunologiques sont compatibles avec les mécanismes allergiques connus et ainsi qu'avec les études menées *in vivo* et *in vitro* aux niveaux cellulaire et moléculaire.

Nous sommes donc d'avis que l'exposition aux moisissures en milieu intérieur peut occasionner des sensibilisations et mener à des réactions allergiques. Les preuves concernant l'exacerbation de l'asthme à la suite d'une exposition aux moisissures dans l'air intérieur sont cependant nettement plus solides que les preuves concernant l'apparition de cette maladie.

2.4.3.4 La pneumonite d'hypersensibilité (ou alvéolite allergique extrinsèque)

La force et la constance de l'association : Le MIEH a statué en 1997 et 1999 que les connaissances cliniques indiquent que le syndrome d'hypersensibilité peut être causé chez des sujets susceptibles, par une exposition répétée à des moisissures. Les études cliniques et épidémiologiques associent de façon constante plus d'une dizaine d'espèces de moisissures au tableau clinique typique de la pneumonite d'hypersensibilité, surtout en milieu industriel et agricole. Des études récentes ont répété ces observations en milieu intérieur pour plusieurs espèces (Jarvis et Morey, 2001 ; Seuri *et al.*, 2000 ; Lee *et al.*, 2000 ; Miyagawa *et al.*, 2000 ; Thorn *et al.*, 1996 ; Summerbell *et al.*, 1994 ; Zwick *et al.*, 1991).

¹⁶ Ce type d'étude ou d'enquête est basé sur les co-variations temporelles au jour le jour entre d'une part, la mortalité ou la morbidité journalière, les admissions et les consultations hospitalières par exemple et, d'autre part, les niveaux quotidiens de pollution urbaine. Ces études reposent sur des données agrégées, tant pour la mesure de l'exposition que pour la mesure de l'état de santé. Elles concernent souvent la population générale.

La spécificité de l'association : Dès 1962, Pepys a démontré la présence de précipitines dirigées contre les extraits de foin moisi dans les sérums des patients présentant un « poumon du fermier ». Cette découverte a établi un lien entre la présence d'antigènes respirables et la présence des anticorps spécifiques responsable de la maladie (Longbottom et Pepys, 1964). Plus tard, des études sérologiques plus fines ont permis d'identifier plusieurs moisissures comme étant responsables de pneumonites d'hypersensibilité (*Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus*, *Aureobasidium pullulans*, *Penicillium* sp, *Absidia* sp, *Eurotium* sp, etc.) (Melbostad et Edouard, 2001 ; Alonso *et al.*, 1998 ; Kaufman et Reiss, 1992 ; Fink, 1984) en plus des actinomycètes thermophiles et des protéines animales et végétales reconnues comme agents étiologiques de ces pathologies en milieu agricole et autres milieux occupationnels.

La temporalité de l'association : Une étude autrichienne a permis d'établir le lien temporel entre l'exposition aux moisissures environnementales, l'apparition des anticorps spécifiques et les symptômes de pneumonites (Zwick *et al.*, 1991). L'étude plus récente effectuée par Jarvis et Morey (2001) qui a suivi les occupants d'un édifice pendant plusieurs années a également permis d'observer une relation temporelle.

L'expérimentation : L'expérimentation menée chez l'animal a démontré que plusieurs espèces de moisissures rencontrées en milieu intérieur, peuvent causer une pneumonite d'hypersensibilité. L'expérimentation a de plus démontré le mécanisme impliqué dans la réaction dite de pneumonite d'hypersensibilité, entre autres le rôle de la modulation des cellules T-helper, le rôle du complément activé ou non par les globulines IgG2 et de certaines populations de lymphocytes (Selgrade *et al.*, 1997 ; Mundt *et al.*, 1996 ; Schuyler *et al.*, 1991 ; Edwards, 1979). Le mécanisme délétère de la pneumonite d'hypersensibilité est connu ; cependant, le mécanisme protecteur, immunologique ou autre, expliquant que seuls certains sujets exposés de façon répétitive aux moisissures responsables de la pneumonite d'hypersensibilité développent une inflammation progressive et persistante, n'a pas encore été élucidé (Schuyler *et al.*, 1991). De fait, certains sujets exposés aux mêmes concentrations développeront des anticorps (IgG) sans toutefois développer la maladie. Très récemment, certaines études suggèrent un facteur de risque génétique (Schuyler, 2001). De plus, Patel suggère que les expositions provoquant des pneumonites, déclenchent une grande production d'anticorps (IgG) mais que l'immunopathogénèse dépendrait de mécanismes cellulaires entraînant parfois des granulomes et de la fibrose interstitielle (Patel *et al.*, 2001).

La relation dose-réponse : Certaines études sur des modèles animaux ont pu mesurer la relation précise entre la dose d'exposition et les diverses réactions cellulaires et humorales impliquées dans la pneumonite d'origine fongique (Alonso *et al.*, 1998 ; Ito *et al.*, 1993 ; Yamasaki *et al.*, 1990 ; Fogelmark *et al.*, 1989). Cette relation a pu être estimée dans les expositions occupationnelles agricoles et industrielles en associant de fortes expositions répétées aux pneumonites (Guglielminetti *et al.*, 2001, Yoshizawa *et al.*, 2001). Une telle relation n'a pu être quantifiée dans les expositions en milieu intérieur, bien que plusieurs articles récents citent la contamination fongique intérieure comme étant la cause de pneumonites (Lee *et al.*, 2000). L'effet dose-réponse a été par contre établi en milieu agricole (Melbostad et Edouard, 2001).

La plausibilité biologique : Le mécanisme cellulaire et humoral des pneumonites est bien connu. Les pneumonites occupationnelles décrites dans la littérature, telles la maladie du poumon du fermier, la maladie du fabricant de saucissons, du fromager et des travailleurs du compostage, de la transformation de la tourbe et des scieries, sont dues, entre autres, à des expositions à des moisissures telles *A. fumigatus*, *P. verrucosum*, *Penicillium* sp et *Monocillium* sp (Duchaine *et al.*, 2000 ; Cormier *et al.*, 2000 ; 1998 ; Hunninghake et Richerson, 1995). Étant donné que ces moisissures peuvent aussi croître en milieu intérieur, il est donc plausible que les moisissures normalement retrouvées en situations occupationnelles puissent aussi causer des pneumonites en milieu intérieur lorsque la

quantité inhalée et/ou la durée de l'exposition sont suffisantes. D'ailleurs, dans quelques cas, des moisissures ont été associées à des pneumonites dans des cas d'expositions spécifiques en milieu intérieur. L'étude de Zwick a même démontré la présence d'IgG et d'IgM spécifiques chez des sujets dont l'exposition faisait l'objet d'un monitoring.

La cohérence : Toutes les études cliniques, sérologiques et expérimentales concordent à dire que des moisissures susceptibles de croître à l'intérieur peuvent causer des pneumonites et que le mécanisme d'action est lié à une production d'anticorps spécifiques de type IgG, bien que toutes les composantes du mécanisme protecteur ne soient pas connues.

La relation entre une exposition aux moisissures et le développement de la pneumonite d'hypersensibilité a d'abord été démontrée en milieu agricole et industriel. Des études plus récentes suggèrent que cette maladie peut également se développer chez les personnes fortement exposées aux moisissures et à certaines levures, dans des milieux non industriels. Cependant, l'incidence de ces réactions et les prédispositions nécessaires ainsi que la dose d'exposition demeurent à élucider. À la lumière des données recensées, il nous apparaît plausible que l'exposition aux moisissures en milieu intérieur puisse occasionner des pneumonites d'hypersensibilité à la suite d'une production d'IgG spécifiques dirigés contre certaines moisissures et levures.

2.4.3.5 L'irritation simple et les réactions inflammatoires

La force de l'association et la constance : Le MIEH conclut que les nombreuses études sur ce sujet, dont celles de Rylander et de Thorn, ont pu mesurer une force d'association (OR : 1,5 à 3,5) pour des symptômes tels la toux et l'irritation de la gorge. Dans les études où l'échantillonnage était suffisant, cette association s'avérait statistiquement significative même si le résultat des OR et des RR n'était pas très élevé. Les spores et les métabolites fongiques sont reconnus comme étant des irritants des voies respiratoires et des yeux (Samson, 1985). L'étude de Pirhonen *et al.* (1996) menée chez des adultes, souligne que la fatigue est souvent rapportée simultanément à ces symptômes (OR : 2,04). Cette association demeure même après avoir exclu les répondants rapportant des symptômes non reliés (maux de dos ou douleurs gastriques) afin d'éviter les biais de sélection.

La spécificité de l'association : Des études expérimentales chez l'animal ont pu identifier des substances spécifiques produites par les moisissures (ex. : $\beta(1-3)$ glucanes) responsables de l'effet irritatif de l'exposition aux moisissures en milieu intérieur (Chew *et al.*, 2001). Certaines études épidémiologiques (de type transversal) ont associé la contamination fongique des matériaux de construction et celle des systèmes de ventilation et d'humidification à des prévalences de symptômes dits « non spécifiques » (irritation des yeux, congestion nasale, irritation de la gorge et toux). Les prévalences de ces symptômes en milieu contaminé étaient soit significativement différentes des prévalences dans la population non exposée (Kodama et McGee, 1986), soit significativement associées à l'exposition et ce, même en ajustant pour les autres variables d'exposition (Dales et Miller, 1999). Dans ces études de population, il n'est pas possible de dissocier les effets des différentes moisissures présentes. De plus, certaines études ne différencient pas les différents contaminants biologiques, tels les acariens, les endotoxines, etc. tandis que d'autres ne dissocient pas les effets des moisissures de ceux de l'humidité excessive élevée ; il est donc rarement possible d'établir la spécificité de l'association.

Certaines études récentes ont cependant été conçues à partir d'une méthodologie plus rigoureuse. Par exemple, Thorn *et al.* (2001) ont tenu compte de la présence des conditions humides lorsqu'ils ont calculé le risque relatif pour le développement de l'asthme chez les personnes exposées aux moisissures. De même, Jarvis et Morey (2001), Fung *et al.* (2000) et Seuri *et al.* (2000) ont mesuré le niveau d'exposition aux moisissures et les effets respiratoires de façon objective.

La temporalité de l'association : Tels que mentionné dans le cas des effets allergiques, des études cliniques (ou études de cas) menées dans des lieux contaminés par des moisissures ont démontré un lien spatio-temporel entre l'exposition aux moisissures et l'apparition des symptômes ou leur disparition (Hirvonen *et al.*, 1999). De fait, lorsque les sujets sont retirés du milieu contaminé ou lorsque la contamination est supprimée, les sujets rapportent une amélioration de leur condition (Johanning *et al.*, 1999 ; Rylander, 1997a ; 1997b). Par contre, ces signalements n'ont pas été faits dans des études à l'aveugle et pourraient selon le MIEH être biaisées. Toutefois, une étude de type quasi-expérimental a démontré une association significative entre l'augmentation des taux sanguins de certains marqueurs de l'inflammation (TNF-alpha, interleukine, oxyde nitreux) dans les lavages nasaux et la réintroduction de sujets sensibilisés dans un milieu contaminé par des moisissures (Hirvonen *et al.*, 1999).

L'expérimentation : Les spores et les métabolites fongiques peuvent être des irritants des voies respiratoires et des yeux (ACGIH, 1999). Des études sur le modèle animal ont permis d'identifier des substances irritantes spécifiques ainsi que d'en définir les RD50 (Korpi *et al.*, 1999). De nombreuses études expérimentales ont identifié les $\beta(1-3)$ glucanes (Milanowski, 1998 ; Schryler *et al.*, 1998) et certains MCOV comme étant responsables dans bien des cas des phénomènes d'irritation (Korpi *et al.*, 1999 ; Wilkins *et al.*, 1998).

La relation dose-réponse : Des études animales ont pu établir le lien entre certaines concentrations de $\beta(1-3)$ glucanes et l'inflammation pulmonaire (Fogelmark *et al.*, 2001 ; 1994). De plus, l'effet dose-réponse entre l'irritation des yeux et de la gorge et l'exposition par inhalation aux $\beta(1-3)$ glucanes a été démontré en milieu résidentiel (Rylander et Lin, 2000). Selon le MIEH, les études concernant les espèces étudiées jusqu'à présent sont concluantes. Depuis, les études finlandaises du groupe de Korpi ont établi l'effet dose-réponse de 5 MCOV fongiques seules ou en combinaison (Korpi *et al.*, 1999). Par contre, les études de Wilkins *et al.* (1998) mesurant la réaction inflammatoire des voies respiratoires exposées à des surfaces de taille connue, contaminées par le *S. chartarum*, soulignent que l'évaluation quantitative du risque ne doit pas seulement prendre en considération la surface totale moisie mais aussi la capacité irritative de l'espèce présente, le taux de dispersion des éléments fongiques et des MCOV dans l'air ainsi que sa toxicité. Dans une étude, une très grande surface contaminée par le *S. chartarum*, émettant peu de MCOV et libérant peu de spores déclenchait seulement une faible réaction pulmonaire mesurable, suggérant qu'une substance précise et non la contamination totale, était responsable de la réaction observée.

La plausibilité biologique : L'effet irritatif des moisissures en suspension dans l'air est reconnu. Mais étant donné la non spécificité des symptômes rapportés, le grand nombre de systèmes pouvant être irrités par les substances fongiques et les différents mécanismes en jeu, il demeure difficile de discuter globalement de la plausibilité du phénomène biologique.

La cohérence : Les études de populations, les examens cliniques et les études expérimentales convergent toutes à reconnaître l'effet irritatif et inflammatoire des moisissures.

Le tableau clinique le plus fréquemment rapporté par les sujets exposés aux moisissures semble être l'irritation, souvent suivie de réactions inflammatoires. Ce tableau est par contre le plus difficile à mesurer et à étudier. La fréquence de déclaration de ces symptômes dans les études cliniques et épidémiologiques et les quelques études sur le mécanisme spécifique de cette réaction, indiquent qu'il existe une relation entre l'exposition aux moisissures et le développement de l'irritation non spécifique et les réactions inflammatoires.

2.4.3.6 Réactions suivant l'exposition répétée aux mycotoxines (ou mycotoxicoses)

La force et la constance de l'association : Nos connaissances des mycotoxicoses varient grandement selon les effets toxiques répertoriés.

Irritation cutanée et des muqueuses : l'irritation cutanée a été documentée dans des cas de contact direct avec des moisissures toxigènes (Dill *et al.*, 1997) et l'irritation des muqueuses a été attribuée parfois à certaines mycotoxines (Rylander *et al.*, 1998 ; Thorn et Rylander, 1998).

Effets respiratoires : Des études épidémiologiques ont démontré l'association entre l'exposition à des milieux contaminés et des effets respiratoires, sans l'intervention de médiateurs immunologiques (Seltzer, 1994 ; Autrup *et al.*, 1993 ; Andrassy *et al.*, 1979). Plusieurs études expérimentales et cliniques ont associé les mycotoxicoses aux deux mécanismes menant à des effets respiratoires : l'effet inflammatoire (Shahan *et al.*, 1998) et l'inhibition des macrophages (Nikulin *et al.*, 1997 ; 1996 ; Jakab *et al.*, 1994).

Effets systémiques :

- Effets sur les cellules du système immunitaire : Deux études ont rapporté des changements dans la population lymphocytaire associés à une exposition fongique environnementale intérieure : la première a démontré des changements significatifs (Dales *et al.*, 1998) tandis que la deuxième démontrait des changements statistiquement non-significatifs (Johanning, 1998). Le rôle de ces changements lymphocytaires dans la pathologie humaine, suivant l'inhalation, est toujours à l'étude (MIEH, 1999).
- Effets sur le système neurologique : Un autre effet systémique est rapporté comme étant associé à une exposition à la contamination fongique intérieure soit celui des effets neuro-comportementaux donnant de la confusion ou difficulté de concentration (Johanning, 1998), mais le mécanisme potentiel n'a pas été étudié. Dans une étude, la prédominance de symptômes neuro-comportementaux a été remarquée mais l'hypothèse d'une cause toxique (*Penicillium* sp. *A. versicolor*, *S. chartarum*) n'a pu être démontrée (Sudakin, 1998). Par contre, en médecine humaine et animale, de nombreuses mycotoxines ingérées sont connues comme occasionnant des hallucinations, délires, tremblements (Yang et Johanning, 1997 ; Marasas et Nelson, 1984) (ergotisme, tremblante du seigle, etc.). Les mécanismes de ces effets sont bien connus au niveau cellulaire et sont reproductibles de façon constante chez des sujets exposés aux mêmes aliments, aux mêmes moulées. Gordon *et al.* (1993) ont décrit un tableau d'encéphalopathie toxique avec tremblements chez un jeune travailleur exposé à un nuage de poussières dans un silo. Ils ont émis l'hypothèse d'une atteinte cérébrale ressemblant à celle décrite chez l'animal intoxiqué par une mycotoxine trémogénique de *Aspergillus fumigatus*, compte tenu que cette espèce se retrouve souvent dans ce milieu (voir plausibilité biologique plus loin). Auger *et al.* (1999) relatent quatre cas d'atteintes cérébrales organiques confirmés par des tests neuropsychologiques et appuyés par

une investigation neurologique ; celles-ci se sont corrigées partiellement ou complètement après plusieurs mois de retrait de l'exposition à des moisissures toxigéniques.

- **Hémosidérose et autres hémorragies** : Une éclosion d'hémorragie pulmonaire a été associée à une exposition à des concentrations élevées de moisissures toxigènes (particulièrement au *Stachybotrys chartarum*) et à des circonstances environnementales particulières (humidité, inondations, fumée de tabac passive, etc.) (MIEH, 1999). La révision de l'étude de cette éclosion a révélé que les modalités d'enquête n'étaient pas assez rigoureuses pour pouvoir prouver hors de tout doute une association statistiquement significative. Depuis, la présence de quelques cas sporadiques semblables, empêche de rejeter l'hypothèse de cette association (Vesper *et al.*, 2000 ; Tripi *et al.*, 2000 ; Flappan *et al.*, 1999 ; Elidemir *et al.*, 1999 ; Knapp *et al.*, 1999). Par contre, malgré l'implantation d'études sentinelles (CDC et Ontario) (MIEH, 1999), le signalement de ces cas en présence de contamination abondante par le *Stachybotrys chartarum* est rare : ceci diminue la force d'association entre l'exposition et ces symptômes. Cependant, il est important de mentionner que depuis le début du siècle, de très nombreuses éclosions de stachybotrytoxicoose animale sont rapportées, surtout chez les chevaux en URSS et en Europe centrale, ainsi que quelques cas sporadiques en Amérique : tous les cas présentent la même pathologie aiguë. La maladie progresse en moins d'un mois au troisième stade, soit une leucopénie et thrombopénie : le sang ne peut plus coaguler et il s'ensuit souvent des hémorragies accompagnées de tremblements et de spasmes, jusqu'à l'issue fatale. De plus, dans ces mêmes circonstances, les humains manipulant le foin contaminé éprouvent plusieurs symptômes (dermatite, irritation de la bouche et voies nasales, toux et épistaxis) (Marasas et Nelson, 1984).

La spécificité de l'association : La spécificité de l'association a pu être prouvée en général dans les cas d'ingestion de mycotoxines. Dans les cas d'inhalation, de rares études chez le modèle animal ont pu démontrer cette association (Nikulin *et al.*, 1997 ; 1996). Par exemple, une étude clinique a démontré la présence de spores de *S. chartarum* dans le lavage bronchique d'un enfant souffrant d'hémosidérose (Elidemir *et al.*, 1999).

La temporalité : En milieu intérieur, de rares études ont démontré l'existence préalable de l'exposition à des cas de mycotoxicoose ou des cas d'intoxication chronique aux trichotécènes (Johanning *et al.*, 1996).

L'expérimentation : Depuis le début des années 70, de nombreuses études ont été faites *in vitro* et *in vivo* sur les toxines fongiques : les études fondamentales ont élucidé le mécanisme d'action de ces toxines et permis d'identifier au-delà de 70 toxines ayant des effets nocifs pour la santé animale et humaine (Masaras et Nelson, 1984 ; ACGIH, 1999).

La relation dose-réponse : L'expérimentation animale a pu établir un lien entre l'exposition par inhalation à de fortes concentrations de spores toxiques de *Stachybotrys* sp et une réaction inflammatoire respiratoire (Nikulin *et al.*, 1997). Des études au niveau cellulaire ont démontré la toxicité des extraits de satratoxines de ces mêmes spores (Mason *et al.*, 1998). Dans une étude, une concentration toxique minimum a pu être établie pour certaines toxines (Nikulin *et al.*, 1997).

La plausibilité biologique : Nous connaissons de nombreux exemples de problèmes de santé animale dus aux toxines fongiques principalement les problèmes neuromoteurs et les tremblements dus aux toxines du *Clavicipes*, *A. clavatus*, *P. janthinellum* et même *A. fumigatus* (Peterson *et al.*, 1982 ; Gallagher *et al.*, 1980). Étant donné que ces mêmes problèmes sont rencontrés chez les sujets humains exposés aux alcaloïdes toxiques du *Claviceps*, il serait plausible que les autres mycotoxicooses animales puissent être observées chez l'homme. Par contre, la majorité des études répertoriées dans la littérature concernent l'exposition par ingestion. De plus, ces toxines se trouvent souvent à des stades de

croissance inexistant dans la contamination du milieu intérieur. Dans les cas de toxicité produisant des symptômes respiratoires, des études scandinaves ont démontré la présence de toxines dans les matériaux de construction contaminés.

La cohérence : La cohérence des études expérimentales, cliniques, humaines et animales et des études épidémiologiques menées lors d'éclotions chez des troupeaux et de rares éclotions humaines étaye l'existence des différents syndromes de mycotoxicose suite à l'ingestion. De rares études laissent croire que certains de ces syndromes peuvent être produits suite à l'inhalation.

L'effet toxique des moisissures à la suite d'une inhalation de spores ou de poussières contaminées est maintenant reconnu. Les résultats des études expérimentales quant à la dose nécessaire et à l'effet d'une exposition unique, est difficilement extrapolable. En effet, dans des circonstances de contamination intérieure, le sujet est exposé à un ensemble de moisissures, possiblement à plusieurs mycotoxines de façon simultanée et ce, sur de longues périodes et de façon répétée. Les quelques études portant sur cette synergie démontrent qu'il y a des effets délétères à la santé ; théoriquement, l'exposition par inhalation pourrait entraîner des effets aussi importants voire même plus importants que ceux produits par ingestion. Notons que le niveau de la preuve concernant l'association causale varie selon l'effet toxique rapporté.

2.4.3.7 L'effet immunosuppresseur

La force et la constance de l'association : Les nombreuses études cliniques menées sur des populations exposées à un milieu intérieur contaminé par des moisissures rapportent une association significative entre la présence de moisissures et la présence d'infections à répétition (AAP, 1998 ; Husman, 1996). Ceci génère l'hypothèse que cette exposition a un effet immunosuppresseur ou facilite l'infection (Fung *et al.*, 1998). Même si le mécanisme n'est pas complètement élucidé, une telle association a été observée à de nombreuses reprises, dans le monde vétérinaire, lors des éclotions de mycotoxicoses dues à l'ingestion d'aliments contaminés et par inhalation (Corrier, 1991 ; Ghosh *et al.*, 1990).

La relation dose-réponse : Une étude scandinave très récente, menée dans 630 domiciles, a démontré un effet dose-réponse entre l'exposition à des logements endommagés par l'humidité et la fréquence des infections respiratoires. Bien que les indicateurs utilisés pour quantifier la dose d'exposition peuvent constituer une évaluation indirecte du niveau d'exposition fongique, il n'existe pas encore de mesure précise de l'effet des moisissures sur le système immunitaire (Haverinen *et al.*, 2001).

La cohérence : Toutes les études vétérinaires concordent, que ce soit des observations impliquant des espèces aviaires ou des troupeaux bovins, équins et caprins : les études de toxicité cellulaire démontrent que des substances produites par les moisissures peuvent inhiber une ou plusieurs fonctions cellulaires liées au mécanisme de la réponse immunitaire protectrice. Ceci est compatible avec de nombreuses observations d'infections multiples chez les sujets (animaux et humains) exposés à de la contamination fongique importante.

L'effet immunosuppresseur d'une exposition aux moisissures dans l'air intérieur est encore au stade de l'hypothèse. Bien que les études chez les animaux suggèrent que cette hypothèse soit cohérente, il existe trop peu d'études bien contrôlées chez les humains pour nous permettre de tirer des conclusions éclairées à l'heure actuelle.

2.4.3.8 Le syndrome toxique associé aux poussières organiques (ODTS)

Le syndrome associé à une forte exposition à des poussières organiques (ODTS), dont les aspects cliniques sont bien décrits, est reconnu comme étant une réaction survenant surtout en milieu industriel et agricole (Sorenson et Lewis, 1996 ; Holt, 1990). Les mycotoxines font partie des substances associées à ce syndrome lors d'expositions occupationnelles (Norn, 1994 ; Shahan *et al.*, 1994). Notons qu'il a également été avancé que ce syndrome pouvait être causé par l'exposition simultanée aux mycotoxines, aux glucanes, aux antigènes et aux endotoxines (ACGIH, 1999). Les expositions aux moisissures toxiques, particulièrement en milieu agroalimentaire, ont également été associées à la pneumonite d'hypersensibilité ; il est parfois difficile de dissocier les cas de pneumonite d'hypersensibilité de l'ODTS lorsqu'il s'agit d'expositions répétées dont l'effet peut être immunogène (Weber, 1993).

Quelques cas d'ODTS ont été rapportés dans des contextes d'exposition à un environnement intérieur contaminé par des moisissures, lors de travaux de rénovation. En milieu non industriel, ce type d'exposition peut donc survenir lors de travaux effectués sans protection respiratoire, dans des sites fortement contaminés. Il serait plausible qu'une telle réaction se produise en milieu intérieur si la concentration et la nature de l'exposition étaient semblables et que la composante fongique suffisait à elle seule à déclencher la réaction. Des toxines fongiques ont été identifiées *in situ* dans de la poussière provenant de matériaux et de tapis contaminés (Nieminen, 2002 ; Engelhart, 2002 ; Pitt, 2000).

Aucune étude épidémiologique ou expérimentale n'a permis à ce jour d'établir l'importance de l'association entre l'ODTS et une exposition intérieure à des moisissures toxiques. D'autres études sont nécessaires pour confirmer une association entre l'exposition à un milieu intérieur, non industriel, contaminé par des moisissures et la survenue d'ODTS.

2.4.3.9 L'effet cancérigène

Les effets cancérigènes des moisissures ont été associés jusqu'à présent à plusieurs moisissures toxigènes. L'exemple le plus connu est celui de l'aflatoxine-B (AFB) présente dans certains aliments qui, via l'ingestion, a un effet cancérigène reconnu sur le foie. De plus, l'effet cancérigène de l'exposition aux mycotoxines en milieu agricole et industriel a été identifié (MIEH, 1999) : ce phénomène est toutefois rare. Des études ont pu identifier les taux sériques de AFB associés à des expositions par inhalation ; ces expositions ont mené, dans certains cas, à des cancers du foie (Sorenson, 1999 ; Autrup *et al.*, 1991). Il n'y a pour l'instant aucune indication que l'inhalation d'une faible concentration d'aflatoxine ou d'une autre mycotoxine, présentes dans un environnement intérieur contaminé par des moisissures, puissent avoir un effet cancérigène (MIEH, 1999).

2.4.3.10 L'effet tératogène

Il n'existe pour l'instant aucune étude réalisée chez l'humain concernant l'effet tératogène associé à une exposition par inhalation aux moisissures environnementales.

2.4.4 Conclusion du présent groupe de travail sur le lien de causalité

Les études expérimentales, cliniques et épidémiologiques se complètent, confirment le consensus scientifique décrit précédemment et nous permettent d'affirmer que l'exposition aux moisissures en milieu intérieur constitue un risque à la santé variant selon les espèces rencontrées, la dose d'exposition et la susceptibilité individuelle des sujets, et que les symptômes rencontrés touchent plusieurs systèmes, particulièrement le système respiratoire. Les principaux problèmes reconnus comme étant associés aux moisissures sont des problèmes irritatifs, des réactions immunologiques dont l'exacerbation d'asthme et l'hypersensibilité ; des réactions toxiques à la suite d'une exposition importante ou à des expositions répétées, ainsi que des infections chez des sujets sévèrement immunodéprimés, sont également documentées.

Mis à part les nombreux éléments de preuves déjà recueillis, le présent groupe de travail constate que dans certains domaines, il reste des éléments à élucider et des progrès à faire, notamment en ce qui concerne :

- la quantification du risque attribuable à l'exposition fongique, dissocié des autres expositions environnementales ;
- la recherche de meilleures méthodes (exactitude, reproductibilité et représentativité) pouvant constituer un guide d'évaluation de la contamination intérieure ;
- l'obtention de consensus quant aux méthodologies épidémiologiques à utiliser afin de pouvoir comparer les études entre elles et d'en tirer une connaissance globale du phénomène.

Nous arrivons donc à la conclusion qu'un milieu intérieur contaminé par les moisissures constitue un risque pour la santé des occupants qui y sont exposés. Ce fait devra être pris en considération par les intervenants du réseau de la santé et par tous les intervenants des domaines concernés par la salubrité intérieure. Une sensibilisation de la communauté scientifique en ce sens permettra de susciter un intérêt accru pour la recherche fondamentale et appliquée dans le domaine de la qualité de l'air intérieur et plus particulièrement de la contamination fongique environnementale. L'information appropriée diffusée à la population établira une meilleure connaissance de ce risque, permettant une meilleure gestion de son environnement intérieur et une prise en charge face à certains éléments concernant sa santé.

3. DÉMARCHE D'INVESTIGATION DES CAS DE CONTAMINATION FONGIQUE : ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE ET DES PROBLÈMES DE SANTÉ

Les cas de contamination¹⁷ fongique intérieure peuvent survenir dans divers milieux (maison unifamiliale, immeuble locatif, édifice à bureaux, établissement scolaire, centre hospitalier, etc.). Dans certains cas, ces problèmes de contamination pourront être identifiés facilement et résolus promptement ; dans d'autres cas, ils nécessiteront une démarche d'investigation beaucoup plus structurée. La présente section décrit d'abord les principaux éléments d'une stratégie d'investigation. Elle présente ensuite le processus d'évaluation environnementale et des problèmes de santé rapportés, ainsi que les notions d'interprétation des données recueillies. Une proposition de la répartition des responsabilités lors de cas de contamination fongique dans les édifices publics et en milieu résidentiel est également présentée.

Il est à noter que certains éléments des protocoles d'enquête devront être adaptés en fonction des circonstances particulières à chaque cas signalé et selon la structure de l'équipe de santé publique de la région concernée.

3.1 Stratégies d'investigation

L'investigation d'un cas de contamination fongique est basée sur les deux objectifs principaux suivants :

- vérifier l'existence d'une contamination fongique et la localiser le cas échéant dans le but de pouvoir intervenir le plus rapidement possible pour corriger les situations l'ayant favorisée et pour décontaminer le bâtiment ;
- vérifier, chez les occupants, l'existence de problèmes de santé liés à une exposition fongique afin, le cas échéant, de les orienter le plus rapidement possible, selon la sévérité des cas, vers des ressources du réseau de la santé.

Pour atteindre ces objectifs, l'enquête doit habituellement être menée en considérant de façon simultanée l'aspect environnemental et celui de la santé. Comme les résultats de l'un et de l'autre sont complémentaires, ils ne doivent pas être interprétés isolément. Bien qu'il faille souvent détenir l'ensemble des résultats afin de pouvoir tirer des conclusions, il faut faire diligence et voir à ce que l'attente des résultats de l'enquête ne retarde pas indûment l'intervention auprès des sujets symptomatiques de même que la mise en place des mesures correctives.

La stratégie d'investigation proposée ici a été élaborée à partir de principes généraux qui doivent être appliqués avec rigueur. Tel que précisé plus haut, certains éléments des protocoles d'enquête devront cependant être adaptés en fonction des circonstances.

¹⁷ Nous employons, dans ce document, le terme de contamination fongique lorsqu'il y a eu croissance fongique sur des matériaux de construction, meubles ou objets ou dans le système de ventilation (CVCA) ou lorsqu'il y a accumulation de poussières contaminées dans le CVCA.

Une telle démarche implique au minimum la récolte des données de base, déjà existantes au moment du signalement, afin d'évaluer les conditions environnementales qui prévalent, de documenter, le cas échéant, les problèmes de santé ressentis par les occupants, puis de réunir ces données pour en tirer une hypothèse quant aux événements rapportés (ACGIH, 1999).

La conduite à suivre sera conditionnée par la présence de contamination fongique visible ainsi que par le signalement de problèmes de santé. Les sections qui suivent en présentent les grandes lignes.

Selon les faits environnementaux signalés lors de la collecte des données de base et la description sommaire de l'état de santé des occupants, il faudra émettre une première hypothèse suggérée par l'ensemble des faits recueillis et compatible avec l'état des connaissances actuelles dans le domaine. Selon les types de cas pouvant être rencontrés, nous avons classé en quatre catégories les situations pouvant mener à une demande de la part d'un individu ou d'un groupe de personnes, soit :

- 1) les cas de contamination fongique appréhendée¹⁸, sans symptôme rapporté (voir la section 3.1.1) ;
- 2) les cas de contamination fongique présumée¹⁹, sans symptôme rapporté (voir la section 3.1.2);
- 3) les cas de contamination fongique appréhendée, en présence de symptômes compatibles avec une exposition aux moisissures (voir la section 3.1.3) ;
- 4) les cas de contamination fongique présumée, en présence de symptômes compatibles avec une exposition aux moisissures (voir la section 3.1.4).

Les grandes lignes de la stratégie d'enquête propre à chacun de ces cas sont décrites aux sections suivantes. Un résumé de ces stratégies d'investigation se retrouve sous forme de tableau à l'annexe 3.4. Un algorithme de la prise en charge des signalements est également proposé à l'annexe 3.5.

3.1.1 Cas de contamination fongique appréhendée, sans symptôme rapporté

Ces cas se présentent principalement lorsqu'une personne demande de l'assistance conseil, sans qu'il y ait présence de symptômes particuliers et de moisissures visibles. Il s'agit souvent d'un risque appréhendé par la présence d'une condition propice à la croissance de moisissures (ex. dégât d'eau récent, infiltration d'eau, condensation régulière, etc.) et/ou de personnes vulnérables sur les lieux. Dans ces situations, après avoir vérifié les données du signalement, il s'agit généralement d'orienter le demandeur vers des ressources qui pourront le renseigner sur les mesures de prévention appropriées.

3.1.2 Cas de contamination fongique présumée, sans symptôme signalé

Dans les cas où la contamination fongique est apparente (c'est-à-dire visible à l'œil nu), soit en surface soit derrière les matériaux²⁰, ou que des odeurs de moisissures sont perceptibles et qu'aucun problème de santé n'est rapporté par les occupants, il s'avère dans la majorité des cas suffisant de procéder à une évaluation visuelle de l'étendue de la contamination et de procéder par la suite à la décontamination et à la correction des problèmes sous-jacents de conception ou de structure, sans poursuivre davantage l'investigation (voir à cet effet le chapitre 4). De même, compte tenu de sa forte association avec la

¹⁸ Contamination appréhendée : présence de certaines circonstances pouvant favoriser la contamination fongique, mais absence de trace visible ou d'odeur perceptible de moisissures.

¹⁹ Contamination présumée : contamination fongique visible à l'œil nu ou présence d'odeurs de moisi.

²⁰ La contamination se retrouvant derrière les matériaux revêt de l'importance lorsqu'elle peut se disséminer dans l'air ambiant des pièces habitées par des fissures, des prises électriques, des jonctions de cloison, etc.

prolifération des moisissures, la présence d'infiltration d'eau, d'eau stagnante ou d'humidité excessive chronique dans un milieu intérieur requièrent la correction immédiate du problème sous-jacent (NIEHS, 1999 ; AIHA, 2001).

Par conséquent, dans les cas de contamination fongique visible ou fortement soupçonnée (ex. : présence d'odeurs de moisi), sans problèmes de santé rapportés, il n'est pas indiqué de procéder à des échantillonnages environnementaux pour identifier l'existence d'un problème de moisissures, d'autant plus qu'il s'agit de procédés onéreux, nécessitant des équipements spécifiques (California Department of Health Services, 1998). Toutefois, même dans ces cas, des circonstances particulières peuvent requérir une enquête plus approfondie, par exemple lorsque l'historique du bâtiment laisse croire à des dommages beaucoup plus importants que ce qui est apparent. Dans tous les cas, il importe de s'assurer que l'inspection a été réalisée de façon minutieuse afin de mettre en évidence tout foyer de contamination fongique ainsi que tout signe de dégâts d'eau et d'humidité excessive.

3.1.3 Cas de contamination fongique appréhendée, en présence de symptômes compatibles avec une exposition aux moisissures

Dans les cas où des problèmes de santé sont rapportés par les occupants et qu'il y a absence de contamination apparente, les intervenants devraient, lorsque des circonstances favorisant la croissance fongique sont présentes (dégât d'eau, infiltration chronique, etc), considérer ces situations comme étant des cas d'exposition fongique potentielle. Ces cas doivent être traités dans un premier temps de la même façon qu'une contamination fongique présumée et la même stratégie d'enquête doit être suivie (voir section 3.1.4). Si la première phase de l'investigation ne permet pas de déceler de moisissure, il faudra réévaluer les données médicales et environnementales disponibles afin de vérifier si l'hypothèse première est maintenue ou s'il faut réorienter l'enquête vers un autre type d'exposition. Si l'hypothèse initiale est maintenue, il faudra procéder à une inspection plus détaillée et peut-être même à des analyses microbiologiques de l'environnement.

3.1.4 Cas de contamination fongique présumée, en présence de symptômes compatibles avec une exposition aux moisissures

Dans les cas où des problèmes de santé sont rapportés par les occupants et qu'il y a présence de contamination fongique apparente, les intervenants concernés devraient, dans un premier temps, procéder de façon simultanée à une évaluation environnementale de base et à une collecte préliminaire des données de santé (voir les sections 3.2.1, 3.3.1 et 3.5.1). Pour l'évaluation environnementale, il faudra recueillir les données permettant d'évaluer les conditions sous-jacentes à la présence appréhendée de moisissures, soit l'historique du bâtiment, les événements ponctuels, les problèmes récurrents et les problèmes chroniques ainsi que toute anomalie éventuelle observée lors de la visite sommaire des lieux. Par ailleurs, lorsque les occupants présentent des symptômes compatibles avec une exposition fongique, la collecte des données de santé consistera à vérifier le nombre de personnes atteintes ainsi que la nature, la date d'apparition et la répartition des problèmes de santé rapportés. Cette étape doit se faire promptement afin de bien identifier les problèmes de santé ressentis par les occupants. La définition de cas et le lien spatio-temporel pourront contribuer à émettre l'hypothèse à la base de l'enquête.

Il est à noter que lorsque les premières étapes de l'évaluation environnementale ont permis d'identifier et de localiser de façon précise une zone de contamination fongique, il sera possible de procéder à la correction de cette situation même si la collecte des données de santé n'est pas complétée.

Il arrive parfois que l'inspection rigoureuse ne permette pas de localiser des sites de croissance fongique ou que la contamination identifiée ne suffise pas à expliquer les symptômes signalés. Dans ces cas et dans certaines autres situations particulières, telle la persistance des symptômes après les travaux de correction ou encore une éclosion touchant un grand nombre d'individus, il peut être nécessaire de procéder à une investigation environnementale détaillée et/ou à une enquête épidémiologique structurée (voir respectivement les sections 3.2.2 et 3.3.2). L'ampleur de ces études additionnelles sera déterminée en fonction des objectifs visés, tels que la vérification du lien entre les problèmes de santé et les problèmes environnementaux soupçonnés, la vérification de la prévalence des problèmes de santé, l'identification des personnes devant être référées à des médecins spécialistes, le suivi des occupants, etc.

3.2 Évaluation environnementale

L'évaluation environnementale, tel que précisé précédemment, sert à confirmer l'existence de la contamination fongique, à localiser les sites où croissent les moisissures sur les matériaux et s'il y a lieu, à estimer l'ampleur de cette contamination et de l'exposition qui y est associée. L'évaluation environnementale peut aussi servir à identifier des sites contaminés par l'accumulation passive de spores et de fragments fongiques dans des systèmes CVCA de même que sur des surfaces, cet autre type de contamination faisant souvent suite à la première. Dans le cas d'investigations plus approfondies, l'évaluation environnementale permettra d'identifier les modes de transmission de cette contamination (ex. : par la ventilation) et à identifier, le cas échéant, les moisissures présentes. L'analyse de l'ensemble de ces données complémentaires rendra possible l'appréciation du risque pour la santé représenté par la contamination fongique.

3.2.1 Évaluation environnementale de base

L'évaluation environnementale de base, qui constitue une étape essentielle de la démarche d'investigation, a pour principal objectif de fournir les informations de base nécessaires à l'appréciation des conditions environnementales qui prévalent et qui sont susceptibles d'être en lien avec les problèmes de santé rapportés par les occupants.

Pour ce faire, la collecte des données environnementales de base, telles que l'historique du bâtiment, les événements ponctuels, les problèmes récurrents et les problèmes chroniques, permet d'évaluer les conditions sous-jacentes à la présence de moisissures. Parallèlement à cette collecte de renseignements, une visite sommaire des lieux peut s'avérer nécessaire pour documenter l'étendue de la contamination et la sévérité des problèmes sous-jacents. Elle permet bien souvent de déceler des anomalies dans les matériaux, qui permettent à leur tour de localiser les foyers d'amplification fongique. Lors de cette visite, il est utile de prendre des photographies des surfaces moisies et des signes de dégât d'eau et de consigner de façon précise les superficies contaminées.

Méthodologie applicable à l'évaluation environnementale de base

Lors d'une évaluation environnementale de base, il est nécessaire de recueillir les données sur les aspects suivants :

- historique, structure et environnement du bâtiment ;
- identification des événements, des problèmes récurrents ou chroniques ;
- visite sommaire des lieux²¹.

Les données à recueillir concernant chacun des aspects précédemment mentionnés ont été reportées à l'annexe 2.1. Il est important de noter qu'à toutes les étapes de l'évaluation environnementale, les personnes effectuant l'inspection ou les échantillonnages doivent être conscientes des risques d'exposition et de blessures et que par conséquent, elles doivent se doter de l'équipement de protection personnelle approprié.

L'occupant, l'inspecteur municipal, l'intervenant de santé publique, l'hygiéniste industriel ou encore l'expert en bâtiment pourra souvent faire l'identification visuelle des zones problématiques (matériaux mouillés, détériorés ou contaminés). Dans la majorité des cas, cette seule étape suffira à justifier les mesures correctives à entreprendre. Lorsque les moisissures ne sont pas visibles ou que l'historique du bâtiment ne permet pas de localiser de façon précise les foyers de contamination, il pourra être pertinent de poursuivre ce premier niveau d'investigation en effectuant des étapes complémentaires. Par exemple, des lectures d'humidité dans les matériaux peuvent servir à identifier un problème potentiel²². De même, des percées dans les matériaux peuvent dévoiler une croissance fongique cachée. Il demeure toutefois important de limiter ce genre de mesures à des sites où les circonstances le justifient.

3.2.2 Évaluation environnementale détaillée

Il peut arriver, dans certaines situations, que l'évaluation environnementale de base doive être complétée par une évaluation plus détaillée. Toutefois, le recours aux analyses microbiologiques ne constitue une option à envisager que dans des conditions particulières soit, par exemple, lorsque des symptômes sont observés chez les occupants et que la source de l'exposition fongique soupçonnée n'a pu être retrouvée. De fait, l'évaluation microbiologique de la contamination comporte certaines limites notamment l'absence de standardisation des méthodes d'échantillonnage ainsi que la difficulté d'interprétation des concentrations obtenues en fonction de l'évaluation quantitative du risque.

L'évaluation environnementale détaillée a pour but premier de vérifier ou de confirmer, lors de situations particulières, la présence de contamination fongique intérieure. Elle permet d'identifier les contaminants le cas échéant et d'en localiser la source (foyer) afin de l'éliminer et de corriger les conditions sous-jacentes à cette contamination.

²¹ Les diverses observations effectuées lors de la visite sommaire des lieux seront idéalement notées sur une grille d'inspection (voir le modèle présenté à l'annexe 2.2)

²² Au moment de la visite des lieux, les matériaux ont parfois eu le temps de sécher. Bien que dans ce cas, les mesures d'humidité dans les matériaux soient négatives, cette situation n'exclue pas la possibilité de contamination derrière les matériaux.

Méthodologie applicable à l'évaluation environnementale détaillée

Hypothèse de base

L'évaluation environnementale détaillée débute par l'analyse des données obtenues lors de l'évaluation environnementale de base. Par la suite, il est nécessaire de définir l'hypothèse d'une relation entre la présence d'une contamination fongique environnementale et les symptômes éprouvés par les occupants. Il est alors important de préciser les objectifs et les buts poursuivis à cette étape de l'enquête et définir a priori les éléments de preuves nécessaires à l'atteinte de ces objectifs. Il est important de concentrer les efforts de l'enquête sur les éléments qui apporteront suffisamment d'information pour établir le choix des interventions, étayer les décisions, ou fournir les éléments nécessaires aux autorités en place afin d'élaborer les recommandations qui découleront de cette enquête.

Inspection approfondie des lieux

L'inspection visuelle approfondie, qui a pour but ultime de déceler tous les foyers d'amplification fongique, constitue l'étape la plus importante d'une évaluation environnementale (Goyer *et al.*, 2001). Cette étape consiste en un examen rigoureux des lieux, afin de détecter des moisissures visibles ainsi que tout signe pouvant laisser soupçonner leur présence, y compris les traces laissées par les dégâts d'eau, l'infiltration ou la condensation (ACGIH, 1999 ; AIHA, 1996). Les différentes étapes de l'inspection sont fondamentalement les mêmes pour tout type de bâtiment, bien que l'inspection du système de chauffage, ventilation et conditionnement de l'air (CVCA) puisse varier selon l'envergure de l'établissement. L'annexe 2.4 présente un exemple de protocole d'une inspection détaillée d'un bâtiment. L'inspection, en plus de documenter les conditions sous-jacentes propices à l'amplification fongique, permet d'identifier les sites où se feront, si nécessaire, les échantillonnages d'air, les prélèvements de surface et les tests destructeurs (percées dans les murs ou plafonds) (Santé Canada, 1995a ; d'Halewyn et Ozanne, 1998). Le travail de l'inspecteur sera facilité par l'utilisation d'une grille d'inspection adaptée aux lieux visités (voir un exemple de grille à l'annexe 2.2).

Échantillonnage

Tel que précisé précédemment, il est à noter que les analyses microbiologiques ne sont requises que dans des circonstances particulières. De fait, lorsque l'inspection n'a pas permis de déceler de matériaux contaminés, l'obtention de cultures positives pourrait fournir des indices quant à l'amplification fongique à l'intérieur du bâtiment, voire même confirmer la présence d'une contamination cachée. Il est à noter que, même lors de l'utilisation de méthodes reconnues, l'obtention de résultats négatifs n'exclut pas l'existence d'une contamination étant donné entre autres, la présence possible d'éléments fongiques non viables dans l'air. Les échantillonnages environnementaux et leur analyse en laboratoire ne se feront que dans les cas où les résultats conditionneront l'intervention environnementale ou contribueront au diagnostic et ou prise en charge des sujets exposés.

À l'heure actuelle, il est à noter que les méthodes de décomptes de particules non viables et les mesures de MCOV, d'ergostérol²³ et de glucanes dans l'air sont peu ou ne sont pas disponibles. De même, l'identification des mycotoxines présentes dans les matériaux n'est effectuée que très rarement et dans un contexte de recherche. De nombreuses études dans le domaine mèneront à la mise en place de nouvelles technologies dont l'application ne demeurera probablement justifiée que dans de rares cas.

Les échantillonnages de l'air ainsi que les prélèvements de surface peuvent être nécessaires principalement lorsque :

- l'étendue de la moisissure visible ne semble pas expliquer les symptômes compatibles avec une telle exposition ;
- le système de ventilation est la source soupçonnée de la propagation des moisissures ;
- l'historique du bâtiment laisse croire à une contamination cachée ou à une contamination plus importante que celle observée ;
- l'efficacité des mesures correctives doit être évaluée²⁴ (évaluation post-décontamination) ; ou
- le résultat de la décontamination des lieux est mis en doute.

Dans un contexte médico-légal, un diagnostic clinique confirmé d'une pathologie compatible avec une exposition fongique, posé en présence d'une contamination visible, devrait être suffisant pour établir la possibilité d'une association entre l'exposition présumée et les symptômes observés. Néanmoins, si des analyses environnementales s'avèrent nécessaires, celles-ci seront de la responsabilité des parties en cause.

Le plan d'échantillonnage pourra être développé en considérant principalement les éléments suivants :

- l'hypothèse de base et les objectifs de l'enquête ;
- le type d'échantillonnage à privilégier (air, surfaces, poussières, etc.) pour répondre aux objectifs visés ;
- les sites et la durée d'échantillonnage, afin d'être le plus représentatif possible ;
- le nombre et la nature des échantillons ou des prélèvements requis (ACGIH, 1999 ; Goyer *et al.*, 2001) ;
- la nécessité d'effectuer des mesures additionnelles telles que la température et l'humidité relative, ou des analyses vérifiant la présence d'autres contaminants.

²³ Note : Les mesures d'ergostérol se font actuellement sur une base expérimentale. Comme la concentration d'ergostérol dans les spores fongiques est semblable d'une espèce à l'autre et que cette substance est stable sur de longues périodes de temps dans les spores viables ou non, sa mesure permet théoriquement d'extrapoler la masse de spores présentes dans un échantillon (AIHA, 1996). Selon les premières études effectuées sur le sujet, les mesures d'ergostérol dans l'air ou dans les poussières seraient des mesures indirectes de la biomasse fongique présente dans de lieux contaminés, sans toutefois être un indicateur des espèces présentes (Miller, 1997). Par contre des études subséquentes n'ont pas réussi à établir la validité de cette méthode comme mesure de l'exposition fongique en milieu contaminé ni à établir une association quantitative entre ces mesures objectives et les résultats des questionnaires de santé ou des mesures cliniques objectives (Dales, 1999 ; Dharmage 2002).

²⁴ Il est à noter que l'évaluation de l'efficacité des mesures correctives ne peut être réalisée que dans les cas où une évaluation environnementale a été effectuée avant les travaux de décontamination des lieux.

Dans les cas où la recherche et l'identification des moisissures s'avèrent nécessaires, les échantillons devraient d'abord être prélevés en identifiant les sites et les circonstances les plus propices à la contamination intérieure soit, par exemple :

- les matériaux montrant des signes compatibles avec la présence de moisissure (ex. : cernes, zones veloutées ou poudreuses), indiquant la possibilité de croissance fongique actuelle ou récente ;
- les matériaux détériorés par l'eau et autres sources d'amplification fongique probable (ex. : fissures, boursoufflures, cloques, etc.) ;
- les systèmes de filtration, de ventilation ou de conditionnement de l'air, qui sont susceptibles de retenir les moisissures de l'air extérieur et de les rejeter à l'intérieur, ainsi que les humidificateurs.

Il faudra également prélever des échantillons à l'extérieur du bâtiment dans des lieux représentatifs de l'air extérieur ainsi qu'à proximité des prises d'air ou à tout autre lieu significatif pour l'enquête et ce, pour des fins de comparaison avec les résultats des échantillonnages d'air intérieur (voir la section 3.2.3).

Au Québec, en période hivernale, lorsque le sol est recouvert de neige et qu'il n'y a plus de feuilles aux arbres, la présence de particules fongiques en suspension dans l'air extérieur est pratiquement nulle. À ce moment, contrairement à la période de croissance végétale, l'air extérieur ne contribue plus à la contamination de l'air intérieur (Paul Comtois, comm. pers., 2001). C'est pourquoi, en hiver, il devient inutile de recueillir des échantillons d'air extérieur pour évaluer « le bruit de fond » de la contamination. Les moisissures retrouvées à l'intérieur peuvent alors indiquer une prolifération fongique possible ou une accumulation de poussière contaminée.

Dans les cas où une évaluation détaillée du risque associée à une pièce donnée s'avérerait nécessaire, il pourrait être utile de prélever des échantillons dans cette pièce et de les comparer aux résultats d'une pièce présumée non contaminée. Cependant, étant donné que le statut réel de cette pièce témoin est inconnu, l'interprétation des résultats devra être effectuée avec beaucoup de prudence.

La stratégie d'échantillonnage doit être élaborée de façon à maximiser la probabilité de localiser la contamination tout en minimisant le nombre d'analyses à effectuer (AIHA, 1996).

3.2.3 Interprétation des résultats des analyses de laboratoire²⁵

L'interprétation des résultats des analyses de laboratoire, qui doit être réalisée par des spécialistes en la matière (ex. : microbiologistes, hygiénistes, médecins spécialistes, etc.), comporte trois étapes distinctes :

- 1) effectuer la synthèse et la comparaison des résultats quantitatifs (UFC/m³) et qualitatifs (genres et espèces) des échantillons d'air intérieur et extérieur, afin d'évaluer l'existence possible d'une amplification fongique à l'intérieur du bâtiment ;

²⁵ Pour le lecteur intéressé, les étapes de collecte, de transport, de conservation et d'analyse des échantillons ont été reportées à l'annexe 2.3.

- 2) effectuer la synthèse des résultats qualitatifs des analyses des échantillons de surface et de matériaux ainsi que des estimations des superficies contaminées (incluant celles derrière les matériaux) ;
- 3) effectuer la synthèse des données microbiologiques et toxicologiques des colonies identifiées et de leur distribution spatiale au regard des données de santé recueillies des occupants, afin de vérifier la possibilité d'une association possible entre les pathologies signalées et les résultats de l'évaluation environnementale. Ces données, le cas échéant, feront partie de l'estimation du risque à la santé associé à l'exposition environnementale (voir la section 3.4.1).

Interprétation des données obtenues par échantillonnage de l'air

L'évaluation quantitative et qualitative de la contamination de l'air intérieur par échantillonnage de l'air a pour but premier de vérifier l'hypothèse que le bâtiment étudié est contaminé ou, en d'autres termes, qu'il est le lieu d'une amplification fongique ou d'une accumulation anormale de moisissures. L'évaluation doit donc tenir compte du bruit de fond apporté par la présence de moisissures de l'air extérieur afin d'évaluer correctement la contribution du bâtiment dans le risque d'exposition pour les occupants (Santé Canada 1995a ; ACGIH, 1999). Ces décomptes sont principalement obtenus à partir d'échantillonnage d'air mis en culture et fournissent des décomptes d'unités viables de moisissures, dont les résultats sont exprimés en « unités formatrices de colonies » (UFC). Plus rarement, des laboratoires peuvent effectuer des mesures quantitatives de spores totales, en effectuant des décomptes directement sur des échantillons d'air impactés sur des membranes autocollantes ou sur des filtres de porosité inférieur à la taille des spores (capteur de spores Burkard²⁶). Étant donné que ces analyses ne sont présentement pas disponibles au Québec, le lecteur intéressé pourra vérifier l'interprétation de ces tests dans des ouvrages spécialisés (ACGIH 1999 ; AIHA, 1996).

Interprétation des données obtenues par échantillonnage de l'air

Une comparaison relative, qualitative et quantitative, entre la contamination intérieure et extérieure permettra de vérifier la présence d'une contamination fongique. Parmi les comparaisons possibles, il faut retenir que :

- lorsque le nombre total d'unités viables (UFC/m³) à l'intérieur est plus élevé qu'à l'extérieur ou que la proportion relative des espèces retrouvées diffère, il est possible de supposer une amplification fongique intérieure ;
- si plusieurs espèces retrouvées à l'intérieur sont inexistantes dans l'environnement extérieur immédiat, une source de contamination intérieure peut être soupçonnée et ce, même si les quantités totales diffèrent peu (ACGIH, 1999).

Ces deux derniers critères de comparaison entre l'intérieur et l'extérieur se fondent sur les espèces retrouvées et établissent le besoin de faire l'identification microscopique des colonies qui se sont développées en culture. En l'absence de ressources qualifiées pour effectuer l'identification, on doit à tout le moins réaliser une différenciation en laboratoire de ces colonies à partir de leurs caractéristiques macroscopiques (ex. : apparence, couleur, etc.) et ce, pour toutes les espèces dominantes. De plus, la présence d'espèces reconnues comme étant fortement toxigènes, même en petit nombre, devrait mener à une enquête plus approfondie ainsi qu'à des recommandations

²⁶ Des informations concernant ce type d'échantillonnage peuvent être retrouvées dans Muilenberg (1998).

particulières de mesures correctives (Santé Canada, 1995a). Les évaluations faites l'hiver, en absence d'échantillonnage extérieur, doivent être interprétées en fonction des nombres absolus ou des espèces présentes (dans certains cas, l'analyse au genre peut être suffisante).

Il n'est habituellement pas nécessaire d'effectuer des analyses mycologiques de l'air lors d'une évaluation de routine. Notons que l'inspection visuelle suffit souvent à constater la présence de contamination et à définir la stratégie d'élimination de la moisissure. De plus, les méthodes actuelles d'échantillonnage de l'air sont, pour certaines moisissures, susceptibles de donner des résultats faussement négatifs. Elles ne sont donc pas suffisamment fiables pour permettre d'exclure l'hypothèse d'une contamination (NYC, 2000 ; AIHA, 1996). La possibilité de faux négatifs ainsi que d'autres difficultés inhérentes à ce type d'échantillonnage (variabilité temporelle importante, résultats différents selon le type de culture ou le type d'appareil d'échantillonnage utilisé) expliquent pourquoi d'autres types d'échantillonnage peuvent parfois être nécessaires pour compléter l'évaluation environnementale.

Interprétation des données obtenues par échantillonnage des surfaces et de matériaux bruts

Les résultats positifs des analyses des prélèvements de surface ou de matériaux confirmeront la présence de moisissures. Pour évaluer, le plus justement possible, l'importance et l'ampleur de la contamination fongique, il faudra mettre en relation les observations faites lors de l'inspection avec les résultats de laboratoire. Il faudra donc considérer à la fois l'étendue des surfaces contaminées observées lors de l'inspection, la densité relative de couverture²⁷ (macroscopique ou microscopique) de la contamination présente dans l'échantillon recueilli et les genres de moisissures rencontrées (résultat qualitatif). Pour les surfaces, contrairement aux décomptes effectués sur les échantillons de l'air, l'approche strictement quantitative par le décompte des éléments fongiques à l'examen direct ou des colonies en culture n'est pas utile et pourrait mener à de l'information biaisée. Dans la majorité des cas, un tel décompte aurait pour effet de surestimer grandement la perception du risque d'exposition.

Il est à noter que les genres de moisissures retrouvées sur les surfaces peuvent différer de celles retrouvées dans l'air de la même pièce. Il est même possible dans certains cas que des moisissures soient retrouvées dans les prélèvements de surface et/ou d'air sans que la source n'ait pu être identifiée.

Interprétation des données obtenues des échantillons de poussières

Il importe d'abord de distinguer les échantillons de poussières déposées, des échantillons de poussières prélevés sur des surfaces sur lesquelles peuvent croître des moisissures (AIHA, 2001).

La *poussière déposée* est celle qui s'accumule sur une surface sèche et inattaquable par les moisissures, telle un classeur métallique, par exemple. L'analyse de ce type de prélèvement permettra d'estimer de façon approximative le contenu en moisissures de l'air ambiant qui se sont déposées depuis le dernier époussetage ; ce genre de résultat pourra faciliter la compréhension de l'historique du lieu à l'étude. De même, la comparaison des données issues d'échantillons de poussières prélevées sur ce type de surface, à l'aide d'un gabarit de taille connue, pourra fournir des informations sur le niveau relatif de la contamination des locaux évalués. Ceci permettra, par exemple, de comparer les résultats

²⁷ La densité de la contamination de surface étant caractérisée ici par la distribution de la moisissure sur la surface atteinte.

provenant d'un local présumé contaminé avec ceux d'un local (ou conduite de ventilation) jugé non contaminé au moment de l'enquête.

La poussière prélevée sur des surfaces où peuvent croître des moisissures est celle qui s'est accumulée sur une surface contenant de la matière organique, qui a été mouillée ou qui est en présence d'humidité excessive chronique. L'analyse de ce type de prélèvement mesure non seulement le contenu en moisissures de l'air ambiant qui se sont déposées depuis le dernier époussetage, mais aussi toutes les générations subséquentes à la croissance de ces moisissures. L'exemple le plus fréquent est celui du tapis détrempe par un dégât d'eau ponctuel ou encore constamment humecté en raison d'une humidité excessive chronique venant du sous plancher. Dans un tel cas, l'analyse des poussières prélevées à l'aspirateur reflétera davantage ce qui croît dans le tapis humide, au même titre qu'un prélèvement venant d'un mur moisi servirait à confirmer les espèces croissant sur ce mur. Dans ce dernier cas, il faudra traiter les résultats quantitatifs avec une grande prudence puisqu'une telle situation fournira inévitablement des valeurs très élevées. C'est d'ailleurs pour cette raison que plusieurs organisations ne recommandent pas, dans leur stratégie d'évaluation, d'effectuer le dénombrement des micro-organismes dans les poussières déposées et accumulées sur ce genre de surface (Goyer *et al.*, 2001 ; ACGIH, 1999 ; d'Halewyn et Ozanne, 1998).

Il est à noter que ce type de contamination sur une surface favorisant la croissance se comportera de la même façon que toute autre source d'amplification fongique. Ainsi, la densité de la contamination du site pourra influencer la dose de l'exposition des occupants si toutes les conditions nécessaires sont présentes (mise en suspension des composantes fongiques, possibilité de contact avec les occupants, etc.). Ces résultats s'apparentent aux résultats des analyses de surface et leur interprétation devrait suivre les mêmes principes.

Évaluation de l'ampleur de la contamination fongique intérieure ou de l'efficacité des travaux de correction et de décontamination

Il n'existe aucun seuil quantitatif définissant une contamination fongique intérieure, que ce soit pour les décomptes des éléments fongiques dans l'air ou pour la mesure des émanations (ex. : COV). C'est pourquoi, l'ampleur de la contamination fongique intérieure devra être évaluée le plus justement possible en combinant l'étendue des surfaces contaminées observées lors de l'inspection visuelle avec un certain nombre de facteurs (genres de moisissures rencontrées, concentrations mesurées dans l'air, densité de la contamination observée sur les surfaces échantillonnées). Tel que rapporté précédemment, la présence significative de moisissures visibles est suffisante pour justifier des travaux de décontamination et de correction. La taille de la zone contaminée déterminera le type de travaux à effectuer et le niveau de protection des travailleurs (voir l'annexe 4.1).

Il est à noter que par le passé, certains organismes ont tenté d'établir des seuils limites. Cependant, ces derniers ont été établis pour des circonstances particulières non applicables à la contamination fongique de l'air intérieur. Par ailleurs, de nombreuses études sont présentement entreprises pour améliorer les méthodes de détection quantitative et qualitative des dérivés biologiques (ex. : glucanes) et antigènes dans l'air, mais ces méthodes ne sont par encore au point et sont très coûteuses. De plus, il n'existe toujours pas de seuils associés à une contamination significative pour ces paramètres.

L'évaluation environnementale peut donc jouer un rôle primordial dans la reconnaissance de l'existence et l'estimation de l'ampleur d'un problème de contamination fongique dans un bâtiment. Cette démarche structurée permettra d'identifier de façon plus précise les problèmes rencontrés et de proposer les recommandations qui incluront l'application des mesures correctives nécessaires (voir le chapitre 4).

3.3 Évaluation des symptômes

Tel que nous l'avons vu au chapitre précédent, les problèmes de santé causés par une exposition aux moisissures en milieu intérieur peuvent se présenter de différentes façons. Il importe de rappeler qu'une évaluation des problèmes de santé ne s'avère pas toujours nécessaire pour initier la correction d'un problème de contamination fongique du milieu intérieur. En effet, tel que précisé précédemment, lorsqu'une prolifération fongique est visible, il est indiqué d'apporter le plus tôt possible les correctifs nécessaires et de décontaminer les lieux, que les occupants présentent ou non des symptômes (Santé Canada, 1995a).

L'ampleur de la démarche requise pour l'évaluation des problèmes de santé devra être déterminée en fonction des objectifs visés, soit entre autres :

- la vérification du lien potentiel avec les problèmes environnementaux soupçonnés ;
- la vérification de la prévalence des problèmes de santé, leur distribution spatiale dans le bâtiment et leur variation dans le temps ;
- l'identification des personnes devant être référées à des médecins spécialistes ;
- l'évaluation de l'efficacité des correctifs instaurés sur la diminution ou la disparition des symptômes (dans les cas où une enquête santé a été réalisée auparavant);
- la nature, la gravité et l'urgence des problèmes de santé signalées de même que la présence de populations particulièrement à risque.

3.3.1 Collecte des données de base des sujets symptomatiques connus lors du signalement

Lorsque les occupants d'un lieu donné se plaignent de symptômes, il faut d'abord colliger les données de base de leur état de santé afin de vérifier si les symptômes ressentis sont compatibles avec une exposition fongique (voir le chapitre 2). Par la suite, il importe de vérifier le nombre de personnes atteintes ainsi que la date d'apparition et, le cas échéant, la répartition des cas rapportés. Pour la réalisation de cette étape, il est souvent suffisant d'utiliser un questionnaire succinct qui permettra d'identifier rapidement les individus symptomatiques.

La collecte des données de base sur les symptômes rapportés par les occupants a pour principal objectif d'établir si l'hypothèse d'une exposition fongique environnementale est plausible et de déterminer sommairement l'ampleur et la distribution des problèmes rapportés par les occupants. Elle a également pour but d'identifier le plus tôt possible les personnes les plus atteintes, de conseiller et d'orienter les personnes symptomatiques vers les ressources susceptibles de leur venir en aide. Ces données pourront aussi être utiles pour évaluer, le cas échéant, l'amélioration, ou plus important encore, la détérioration ou l'aggravation de la situation.

Que la situation exige ou non la mise sur pied d'une enquête de santé plus approfondie, il demeure indiqué que les personnes ayant ressenti des symptômes consultent leur médecin traitant qui les orientera au besoin vers des spécialistes (pneumologue, allergologue, clinicien en santé environnementale, etc.).

3.3.2 Collecte des données lorsqu'une évaluation détaillée des problèmes de santé est requise

Par rapport à l'évaluation de base, cette collecte de données sera plus approfondie par le fait qu'elle portera sur l'ensemble des sujets exposés et qu'elle permettra de recueillir davantage de précisions médicales. L'évaluation détaillée des problèmes de santé sera envisagée :

- en présence d'agrégats de cas survenant dans des édifices publics ou des logements multiples ;
- lorsque les étapes précédentes de l'investigation environnementale n'ont pas permis d'identifier la source et l'ampleur du problème de contamination fongique, mais qu'un certain nombre de circonstances propices à la prolifération fongique a été observé dans le lieu suspecté ;
- lorsque l'investigation de base, qui aura éliminé les autres causes potentielles des symptômes, aura été réalisée ;
- lorsque l'hypothèse d'exposition aux moisissures aura été posée et que la compatibilité théorique des symptômes aura été constatée.

L'évaluation détaillée des problèmes de santé par questionnaire a d'abord pour objectif d'évaluer la prévalence des problèmes de santé dans un groupe de personnes exposées ainsi qu'à vérifier leur évolution temporelle selon l'exposition ou la cessation de l'exposition. De plus, elle vise à apporter des précisions sur la relation entre l'exposition et les problèmes de santé rapportés par les occupants. Dans certains cas, la distribution des problèmes de santé dépistés ou confirmés lors de l'évaluation médicale aidera à la localisation spatiale des sujets atteints permettant de cibler un secteur où il sera nécessaire d'intervenir de façon plus minutieuse.

Ainsi, il pourrait être nécessaire de procéder à une évaluation détaillée lorsque :

- la nature ou la gravité des symptômes indique un risque sérieux à la santé des occupants ;
- le nombre des occupants symptomatiques suggère l'existence d'un risque à la santé publique ;
- la variabilité des symptômes signalés indique une situation complexe qu'il faut documenter ;
- la situation requiert l'établissement d'une association entre l'exposition et les problèmes de santé éprouvés par les occupants.

L'évaluation détaillée des problèmes de santé (ou enquête santé) nécessite un ensemble d'étapes à suivre. Il s'agit plus précisément :

- d'organiser une rencontre d'information avec les occupants (ou les tuteurs, dans le cas d'enfants de moins de 14 ans) afin de leur présenter un aperçu de la situation et d'expliquer les travaux qui seront entrepris ;
- de préparer les outils d'évaluation nécessaires à l'enquête : questionnaires (environnemental et santé) et lettre explicative (à cet effet, il est possible d'adapter les modèles proposés aux annexes 3.1 et 3.2). Il est à noter que les questionnaires peuvent être utilisés en totalité ou en partie selon les objectifs de l'enquête ;
- de remettre les questionnaires et la lettre explicative aux occupants (ou aux tuteurs pour les enfants de moins de 14 ans) en les invitant à compléter le tout, et de voir à colliger les données au retour des questionnaires ;
- de compiler les informations obtenues puis de procéder à un premier niveau d'analyse des résultats ;
- d'identifier les personnes qui doivent être référées à leur médecin ou à des spécialistes, et les aviser des mesures à prendre ;
- de préparer un bilan dépersonnalisé ;
- de préparer un plan de l'édifice, indiquant la distribution spatio-temporelle des cas et la distribution de problèmes connus de l'édifice ;
- de demeurer disponible auprès des médecins traitants et des médecins spécialistes (pédiatre, pneumologue, allergologue, etc.) qui pourraient requérir une expertise conseil. Pour ce faire, il est conseillé de remettre à tous les occupants de l'établissement une lettre destinée à leur médecin traitant (ou au spécialiste), fournissant les informations nécessaires et les coordonnées requises. Lorsque cela est possible, il est préférable d'orienter les sujets symptomatiques vers une même équipe de cliniciens, afin que ces derniers puissent se faire une idée d'ensemble de la situation et poser un diagnostic plus éclairé.

La nature et l'ampleur de cette évaluation de santé détaillée pourra varier en fonction du milieu concerné (édifice à logement, établissement scolaire, édifice à bureaux, etc.). Par conséquent, les outils utilisés (ex. : questionnaires) devront être adaptés selon les circonstances.

Questionnaire

Une évaluation détaillée des problèmes de santé comporte habituellement une enquête par questionnaire pour définir les symptômes ressentis et les expositions présumées (ACGIH, 1999). Ce type de questionnaire s'avérera utile pour dresser le portrait global de la situation, c'est-à-dire non seulement des aspects entourant les symptômes rapportés mais aussi des conditions environnementales qui prévalent dans les principaux endroits fréquentés par le sujet. Pour un enfant, par exemple, il s'agit généralement du milieu résidentiel et du milieu scolaire ou de la garderie, tandis qu'un adulte sera questionné sur son lieu de travail et ses fonctions ainsi que sur son lieu de résidence et ses loisirs. Il faut noter qu'il n'existe pas encore de consensus sur les données à recueillir à l'aide d'un questionnaire traditionnel (Lachance *et al.*, 2002).

Il faut distinguer la collecte des données de base visant à fournir un aperçu de la situation et à confirmer les dires des déclarants (plaignants) du questionnaire détaillé qui, une fois ses résultats analysés, permettra l'inférence sur l'association entre l'exposition et les problèmes de santé. Normalement, un même questionnaire comprend à la fois les questions touchant aux aspects de santé et d'exposition environnementale. Pour en faciliter la description, nous présentons ci-après les deux volets de façon séparée.

Section santé

Lorsqu'un lien entre l'évolution d'un symptôme ou d'une maladie et la fréquentation d'un lieu est suspecté, on peut documenter le cas par l'administration d'un questionnaire sur les symptômes et leur évolution dans le temps (lien temporel). Les questions doivent également porter sur les antécédents personnels et familiaux et rechercher notamment l'atopie, bien décrire la symptomatologie (allergique, irritative, systémique, infectieuse) en relation avec l'exposition présumée, et rechercher les autres causes possibles des symptômes signalés. Dans un contexte de surveillance environnementale, le questionnaire pourra être répété suivant la mise en place des mesures correctives afin d'en vérifier l'efficacité quant à la réduction ou à la disparition des symptômes.

Section environnementale

La section environnementale du questionnaire vise à permettre la description de la contamination du milieu sous investigation ainsi que la vérification de l'ampleur de l'exposition des occupants et de la possibilité que ces derniers soient exposés ailleurs que dans le milieu à l'étude. À cet effet, la partie environnementale doit notamment permettre de documenter les aspects spatio-temporels des contaminations fongiques visibles, des antécédents de dégâts ou d'infiltrations d'eau, d'humidité élevée et de condensation, etc. Elle doit également évaluer les expositions occupationnelles, scolaires et résidentielles, antérieures et actuelles des individus. Un modèle de questionnaire combinant les aspects de santé et d'environnement est proposé à l'annexe 3.1a. Il est à noter que ce questionnaire a été créé pour répondre à un besoin d'évaluation en milieu clinique bien qu'il puisse être adapté à un contexte d'enquête terrain de même qu'à des fins d'études épidémiologiques de type cas-témoin. Un modèle de questionnaire qualitatif est également suggéré à l'annexe 3.1b.

Interprétation des résultats et limites des questionnaires

Comme nous l'avons vu précédemment, l'utilisation d'un questionnaire détaillé peut s'avérer nécessaire dans certains contextes lors d'une investigation liée à une contamination fongique intérieure. En plus de permettre l'évaluation de la prévalence de problèmes de santé chez les occupants, les réponses au questionnaire doivent permettre, une fois compilées, de vérifier la

disparition ou la diminution des symptômes avec la cessation de l'exposition (ex. : périodes de vacances, voyages à l'extérieur, etc.). Cette évolution temporelle est fort utile pour tirer des conclusions sur la relation causale entre la contamination fongique et la présence des symptômes rapportés. La distribution de la prévalence des symptômes selon les différentes parties du bâtiment (lien spatial) peut aussi être utile pour identifier les endroits les plus problématiques. L'utilisation d'un questionnaire pourra également s'avérer utile par l'emploi de techniques statistiques de localisation (*cluster analysis*) accompagnées d'une méthode de positionnement spatiale des cas sur carte, permettant d'identifier un secteur plus problématique et éventuellement, de mettre en évidence une prolifération fongique non apparente initialement (Linz *et al.*, 1998).

Il importe toutefois de souligner les limites d'une évaluation des symptômes à partir de questionnaires subjectifs. Premièrement, il existe une grande variabilité potentielle dans la prévalence des symptômes obtenus au moyen d'un tel questionnaire, ce qui rend difficile toute comparaison entre un bâtiment problématique et un autre considéré sain.

De plus, divers biais peuvent se présenter et rendre l'information obtenue par questionnaire difficilement interprétable, tels que :

- les occupants d'un édifice où des problèmes sont suspectés peuvent être plus enclins à déclarer des symptômes, particulièrement s'ils en ont beaucoup discutés ;
- les comparaisons de prévalence des symptômes chez les occupants de plusieurs édifices peuvent être biaisées par les différences dans les populations de ces édifices (ex. : sexe, scolarité) ;
- des facteurs psychosociaux, personnels et les caractéristiques de l'environnement peuvent avoir un impact sur la prévalence ;
- des relations conflictuelles entre occupants et propriétaire peuvent influencer les résultats ;
- en milieu scolaire, comme ce sont souvent les parents qui complètent les questionnaires, il peut être difficile d'obtenir des données précises sur la nature des symptômes ressentis par l'enfant. Il est à noter que certains auteurs mentionnent d'autres méthodes pour évaluer les problèmes de santé chez les enfants telles que la tenue (par les parents) d'un journal quotidien des symptômes, la comparaison des taux d'absentéisme ou la consultation d'autres sources de données (visites à l'urgence, traitement aux antibiotiques, admissions à l'hôpital) (Koskinen *et al.*, 1997 ; Taskinen *et al.*, 1999). Toutefois, ces méthodes comportent elles aussi des limites et sont difficiles à réaliser.

Il faut par conséquent être prudent dans l'interprétation des résultats du questionnaire. Les réponses obtenues constituent le reflet des problèmes ressentis par les occupants, mais ne peuvent toutefois être comparés, de façon valide, avec les résultats d'autres études. Ainsi, les résultats du questionnaire doivent être analysés à la lumière des résultats de l'enquête environnementale afin de confirmer ou infirmer l'hypothèse de départ et d'émettre les recommandations appropriées (voir section 3.4).

3.3.3 Aperçu de l'évaluation clinique

Tel que mentionné précédemment, que la situation nécessite ou non la mise sur pied d'une enquête de santé détaillée, il demeure indiqué que les occupants rapportant des symptômes consultent leur médecin traitant qui les orientera au besoin vers des spécialistes, tels le pneumologue, l'allergologue, le clinicien en santé environnementale, etc. Le diagnostic d'un problème de santé associé à une exposition aux moisissures demeure complexe et s'explique par le fait que dans la majorité des cas, les

signes ou symptômes ne sont pas pathognomoniques. Dans certains cas, des tests cliniques pourront apporter de l'information complémentaire pour parvenir à ce diagnostic (ex. : radiographie, culture microbiologique, tests de la fonction respiratoire, évaluation de la fonction immunitaire ou encore, mesures d'indicateurs d'inflammation).

Le clinicien devrait procéder à un examen minutieux des organes ou des systèmes symptomatiques, à la recherche de signes objectifs d'atteinte, en particulier des voies respiratoires supérieures, inférieures et de la peau qui sont les sites usuels de manifestation. L'examen oto-rhino-laryngologique peut apporter plusieurs renseignements utiles (Lacroix, 1995). Le clinicien recherchera principalement des signes inflammatoires des muqueuses oculaires, nasales et pharyngées, et de la peau. Ces signes non spécifiques seront le plus souvent des œdèmes, des rougeurs anormales et de l'exsudation. L'auscultation pulmonaire recherchera les sibilances (respiration sifflante ou "wheezing") et les râles bronchiques qui signent une restriction et une exsudation que l'on retrouve dans l'asthme mais aussi dans la plupart des maladies pulmonaires.

De plus, des problèmes gastro-intestinaux, neuropsychologiques ou autres formes possibles de réaction à des toxines, ne pouvant être expliqués par d'autres états pathologiques, pourraient faire partie d'un tableau clinique d'une exposition fongique.

Les manifestations cliniques d'une exposition aux moisissures peuvent être variées. Il n'existe donc pas de protocole unique d'investigation médicale. Les consultations auprès d'un oto-rhino-laryngologiste, d'un pneumologue, d'un immunologiste, d'un allergologue ou d'un microbiologiste pourront s'avérer utiles pour le recours à des techniques d'investigation plus poussées.

3.4 Synthèse des résultats de l'évaluation environnementale et des symptômes

La synthèse des résultats obtenus lors de l'évaluation environnementale indiquera, entre autres choses, s'il y a contamination des matériaux de construction, prolifération fongique ou accumulation de poussières dans le système de chauffage, ventilation et conditionnement de l'air. Tel que rapporté précédemment, ces constatations peuvent venir d'une simple inspection visuelle ou d'une inspection de base complétée par des analyses de laboratoire.

Lorsque l'enquête comporte des évaluations de la superficie de la contamination ou des analyses de laboratoire, ou encore les deux, il faut s'assurer que les résultats quantitatifs et qualitatifs, la distribution spatiale des contaminants et la probabilité de leur aérosolisation dans l'air intérieur correspondent, de façon logique, au type et à la sévérité des symptômes observés, à l'évolution temporelle ainsi qu'à la distribution spatiale des occupants symptomatiques.

Dans de plus rares cas, la réunion de nombreux indices permettra de croire à une amplification fongique sans que celle-ci ait pu être confirmée de visu ou par des analyses (ex. : fortes odeurs de moisissures, signes d'infiltration d'eau dans les matériaux, histoire de dégâts d'eau non asséchés dans les jours suivants, diminution des symptômes lorsque le plaignant quitte les lieux pour quelques jours).

Dans ces cas équivoques, lorsqu'il y a des problèmes de santé rapportés et confirmés, il faudra idéalement poursuivre certaines étapes de l'investigation en considérant l'hypothèse de départ et toutes les hypothèses générées par les résultats de l'enquête. Cette évaluation plus approfondie devrait à tout le moins permettre d'identifier la source d'eau ou d'humidité, afin d'entreprendre les travaux correctifs nécessaires. On pourra aussi considérer équivoques, les cas où la nature et la superficie de la

contamination observée ou sa situation vont à l'encontre de la définition des cas et de leur distribution. Le besoin de poursuivre l'enquête sera d'autant plus justifié que les problèmes de santé des occupants persisteront sans que l'on ait pu en identifier l'origine. Le responsable de l'enquête devra, à la lumière de l'envergure de l'éclosion et des objectifs visés, juger de l'ampleur de la suite de l'enquête.

3.4.1 Solution du cas ou confirmation de l'hypothèse

Les responsables de l'enquête devront s'assurer que les résultats de l'inspection, des analyses de laboratoire et du bilan de santé, le cas échéant, soient en accord en tout point avec l'hypothèse de départ ou l'hypothèse telle que modifiée en cours de route. Dans le cas contraire, il sera important de revoir l'ensemble des données recueillies jusque là, d'en faire une analyse appropriée, soit pour confirmer que l'hypothèse de base tient toujours et le besoin de refaire certaines évaluations, soit pour constater que se sont ajoutées d'autres hypothèses pouvant expliquer les symptômes rapportés. Si tel est le cas et si les symptômes persistent, on choisira d'enquêter simultanément ou successivement toutes les hypothèses générées, selon la gravité et l'urgence des circonstances.

3.4.2 Émissions de recommandations

Lorsque l'enquête a permis de confirmer la présence d'une contamination fongique, les recommandations doivent être formulées de façon à inclure :

- les mesures de protection des occupants, s'il y a lieu ;
- les mesures de protection des travailleurs effectuant les travaux correctifs ;
- la correction des conditions sous-jacentes à la prolifération fongique ;
- la décontamination : matériaux ou objets à être décontaminés et méthode générale ;
- l'élimination de tous les matériaux contaminés non récupérables (à moins de circonstances particulières, tels les sites historiques) ;
- le confinement des lieux ;
- le suivi médical des occupants ;
- l'évaluation environnementale post-décontamination, s'il y a lieu ;
- l'évaluation des occupants post-décontamination, s'il y a lieu.

3.5 Gestion d'un problème de contamination fongique et répartition des responsabilités

Au Québec, des cas de contamination fongique en milieu intérieur sont rapportés en divers endroits, tant en milieu résidentiel (maisons unifamiliales, multifamiliales, édifices à logement, condominiums, coopératives d'habitation, HLM, etc.) que dans les établissements publics (écoles, garderies, hôpitaux, édifices à bureaux, etc.). L'implication des divers intervenants du secteur public dans la gestion des cas de contamination fongique est notamment fonction du type de bâtiment concerné et des populations présentes.

Afin de faciliter la réalisation et la gestion de telles enquêtes, les responsables devraient observer certaines étapes que nous présentons ci-après en distinguant l'approche des édifices publics de celle du milieu résidentiel.

3.5.1 Les édifices publics

Lorsqu'un problème de contamination fongique survient dans un lieu public où se retrouvent simultanément des travailleurs et des usagers, tel qu'une école ou un hôpital, la gestion du cas devrait demeurer sous la responsabilité du gestionnaire de l'établissement en cause. L'évaluation de l'ampleur du problème et de l'état de santé des occupants devrait être planifiée et réalisée de façon concertée. L'établissement concerné, l'équipe de santé au travail du CLSC, l'inspecteur de la CSST et l'équipe de santé environnementale de la direction de santé publique peuvent tous être mis à contribution. Les interventions peuvent être effectuées par le personnel de l'établissement, lorsque ceux-ci possèdent l'expertise appropriée. Selon les ententes régionales, l'enquête environnementale pourra être assurée par l'équipe de santé au travail du CLSC qui émettra les recommandations concernant les mesures correctives ou l'élimination du problème. Les résultats de l'enquête permettront à la direction de santé publique d'émettre un avis de santé publique, le cas échéant, ainsi que, de concert avec ses partenaires, à élaborer les recommandations appropriées.

Il demeure essentiel que tous les intervenants travaillent en étroite collaboration tout au long de l'enquête afin d'assurer une communication efficace et cohérente des résultats et des recommandations aux parties concernées.

Pour une gestion efficace des cas de contamination d'édifices publics, il est essentiel de prévoir une stratégie efficace de communication avec les personnes concernées par le problème (occupants, tuteurs, gestionnaires, etc.) afin de les tenir au courant de toutes les étapes de l'enquête, des rôles et responsabilités des différents intervenants, etc. Il est également primordial que les responsabilités soient clairement établies pour chacune des étapes de l'intervention et ce, de façon concertée avec tous les organismes impliqués.

Directives quant à l'occupation du site contaminé

Lors d'un cas de contamination fongique d'un édifice public, certaines situations peuvent entraîner la nécessité de recommander de quitter le secteur contaminé tant que les correctifs n'auront pas été apportés, du moins pour les personnes plus vulnérables, atteintes de maladies pouvant être exacerbées ou amplifiées par une exposition à des contaminants biologiques.

Durant la réalisation des travaux correctifs, le protocole de New York (NYC, 2000) mentionne que les personnes à risque, notamment celles ayant subi des chirurgies, les personnes immunodéprimées ainsi que celles présentant des maladies pulmonaires chroniques inflammatoires ne doivent pas demeurer à proximité de la zone contaminée. À ces personnes, devraient s'ajouter celles qui semblent présenter des symptômes sévères associés à l'exposition environnementale dans le bâtiment à rénové.

La décision quant au retrait des personnes d'une zone contaminée est donc généralement prise sur une base individuelle, en fonction des résultats des évaluations cliniques. Les personnes dont les symptômes sont associés aux moisissures ne devraient pas regagner les lieux contaminés tant et aussi longtemps que les travaux correctifs ne sont pas complétés et, dans certains cas, tant que des analyses post-décontamination n'ont pas été effectuées.

L'évacuation systématique du bâtiment ayant subi des problèmes de contamination n'est pas indiquée sauf dans des cas de contamination de grande envergure liée de façon non équivoque à des problèmes de santé jugés compatibles avec une exposition à une contamination fongique environnementale.

Communication du risque

Lors de la mise en évidence d'une contamination fongique étendue nécessitant des travaux importants, le propriétaire, le gestionnaire du bâtiment ou l'employeur devra en aviser les personnes occupant les zones contaminées. Cet avis devra comprendre une description des travaux prévus ainsi que leur échéancier. Des réunions de groupe, tenues avant comme après les travaux, au cours desquelles seront discutés librement les plans et résultats, peut constituer un moyen efficace de communication. Les personnes dont les problèmes de santé semblent directement associés aux moisissures et autres bioaérosols doivent consulter leur médecin. Une copie des résultats d'inspection et de leur analyse devrait idéalement être fournie aux personnes nécessitant un suivi médical afin qu'elles puissent transmettre ces informations à leur médecin (NYC, 2000).

3.5.2 Le milieu résidentiel

Les occupants d'une habitation aux prises avec des problèmes de santé attribués à une exposition aux moisissures en milieu résidentiel intérieur devraient d'abord s'adresser aux services de première ligne de leur localité (ex. : Info-Santé CLSC, municipalité, Régie du logement, associations de consommateurs, de locataires, de propriétaires). Ceux-ci les informeront des mesures à suivre pour remédier à la situation ou encore des services ou recours disponibles. Il pourra s'agir, entre autres, de recommander au demandeur une consultation médicale auprès de son médecin traitant ou de lui indiquer la documentation pertinente sur les mesures à observer pour prévenir ou corriger les problèmes de moisissures dans son habitation. Il est à noter que la gamme des services offerts et des recours possibles en milieu résidentiel peut varier selon le statut de l'individu logeant l'appel (locataire, propriétaire occupant, gestionnaire d'édifice à logement, etc.). Pour obtenir de plus amples informations au sujet du rôle des intervenants de première ligne ainsi que des critères applicables au choix d'un professionnel, le lecteur est invité à consulter le Guide d'intervention intersectorielle sur la qualité de l'air intérieur et la salubrité dans l'habitation québécoise (MSSS, 2001).

Par ailleurs, ce guide souligne que la direction de la santé publique pourra intervenir à la demande des intervenants de première ligne dans les endroits susceptibles de toucher plusieurs personnes (ex. : coopératives d'habitation, HLM, édifices à logements multiples, condominiums), et collaborer au besoin avec d'autres organismes publics, tels que les CLSC, les municipalités ou la Société d'habitation du Québec.

Un avis de santé publique pourra être émis lors de cas graves ou urgents, généralement lorsque la situation implique plusieurs unités de logement ou des populations vulnérables, ou lorsque l'intervenant de santé publique considère essentiel de donner un support à l'avancement d'un dossier²⁸.

Sélection des services de firmes privées

Dans certains cas, le propriétaire, le gestionnaire d'immeuble ou parfois même le locataire aux prises avec un problème de contamination fongique intérieure aura à recourir aux firmes privées pour procéder à une évaluation ou pour apporter les mesures correctives nécessaires. Soulignons qu'il n'existe pas au Québec de système public d'accréditation de ce type d'entreprise (consultant en qualité de l'air intérieur, firmes de décontamination, entreprises en rénovation, etc.), pas plus qu'il n'existe de standard ou de protocole d'échantillonnage standardisé pour les laboratoires. Dans ce contexte, il faut donc baser le choix de l'entreprise recherchée sur d'autres critères, dont plusieurs sont proposés dans le Guide d'intervention intersectorielle sur la qualité de l'air intérieur et la salubrité dans l'habitation québécoise (MSSS, 2001).

Il est à noter que l'American Industrial Hygiene Association (AIHA) peut accréditer des laboratoires canadiens. Cependant, selon les registres de cet organisme, aucun laboratoire québécois privé intervenant en milieu résidentiel ne s'était encore soumis en date de l'année 2001 au programme d'épreuves d'assurance qualité dispensé par cette association.

Directives quant à l'occupation de la zone contaminée

Aux recommandations d'occupation des lieux émises par le protocole de la ville de New York (voir la section 3.5.1), s'ajoute la recommandation suivante : les occupants déjà symptomatiques ne devraient pas entreprendre eux-mêmes de travaux importants de décontamination ou de mesures correctives dans des lieux contaminés.

²⁸ Une fiche d'information reprenant les grandes lignes de la problématique et s'adressant à toute personne préoccupée par les risques à la santé en lien avec la présence de moisissures en milieu intérieur peut être consultée à l'annexe 3.3. Il est à noter que ce modèle devra être adapté et complété, au besoin, afin d'inclure les résultats d'enquête ainsi que les recommandations spécifiques appropriées.

4. APERÇU DES MESURES PRÉVENTIVES ET CORRECTIVES

Tel que précisé aux chapitres précédents, la présence d'une prolifération fongique dans un environnement intérieur représente un risque potentiel pour la santé des occupants qui ne peut être négligé. Compte tenu de la susceptibilité de certains individus et du pouvoir pathogène de plusieurs espèces fongiques, la présence de surfaces ou de matériaux contaminés par les moisissures ne devrait pas être tolérée en milieu intérieur (AIHA, 2001 ; NYC, 2000 ; ACGIH, 1999 ; MIEH, 1999 ; NIEHS, 1999 ; California Department of Health Services, 1998 ; SCHL, 1998). Par conséquent, des travaux correctifs devraient être entrepris dès que la contamination fongique est visible ou que la localisation et la nature des dommages causés par l'eau sont connus. Dans le contexte du présent document, la description des principales mesures préventives et correctives nous apparaît importante dans la mesure où les travaux de décontamination dans un milieu fortement contaminé représentent un risque pour la santé des travailleurs affectés à ces travaux de même que pour les occupants. De plus, la qualité des correctifs apportés est déterminante afin de ne pas nuire à la santé des occupants et particulièrement des personnes à risque, lors de leur réintégration dans le milieu décontaminé.

Le contrôle des principales conditions propices au développement des moisissures (eau et matière organique disponible) constitue la façon la plus simple et la plus efficace de diminuer leur prolifération et leur concentration à l'intérieur d'une habitation ou d'un édifice public.

Ce chapitre offre un aperçu des actions à entreprendre pour prévenir ou pour corriger les situations favorisant la prolifération de moisissures en milieu intérieur. Le lecteur doit prendre note que des informations beaucoup plus détaillées peuvent être obtenues en consultant des ouvrages publiés par la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) ou autres organismes spécialisés dans le domaine de l'habitation. Une liste partielle de la documentation pertinente est disponible dans le Guide d'intervention intersectorielle sur la qualité de l'air intérieur et la salubrité en milieu résidentiel (MSSS, 2001).

4.1 Mesures préventives

La prévention est un concept qui se fonde sur la mise en place d'actions avant l'apparition de problèmes de santé chez les populations concernées. Elle implique l'adoption de stratégies ou de mesures dont l'efficacité est reconnue. Dans le cas présent, la prévention consiste essentiellement à adopter des mesures visant à éviter la prolifération de moisissures, en contrôlant les sources à l'origine de leur croissance.

Ainsi, sur le plan de la prévention primaire, une attention particulière devrait d'abord être accordée à la conception même de l'habitation ou de l'édifice, et à sa construction. Au Québec, il existe maintenant des programmes d'intervention dans le secteur résidentiel (ex. : concept Novoclimat de l'Agence de l'efficacité énergétique du Québec) qui tiennent compte de plusieurs aspects de conception tels que l'étanchéité, l'isolation, la ventilation, la fenestration, etc. Il faut également porter une attention particulière à l'entretien du bâtiment, afin de déceler ou d'éviter tout problème susceptible de favoriser la prolifération de moisissures. Il est de plus important d'informer le public et les gestionnaires de bâtiment sur les conséquences sanitaires des conditions d'habitations ou d'édifices humides ainsi que sur les moyens à prendre pour éviter la survenue de tels problèmes (IOM, 2000).

De façon générale, les problèmes d'humidité relative élevée ou de présence d'eau à l'intérieur d'une habitation ou d'un édifice proviennent :

- de sources ponctuelles (bris de tuyauterie, inondation, refoulement d'égout, etc.) ;
- de problèmes d'infiltration chronique (par la toiture, la fenestration non étanche, les fondations fissurées ou poreuses) ;
- de problèmes de condensation chronique dus à une mauvaise isolation ou une déficience du pare-vapeur ou du pare-air (murs extérieurs, toiture ou grenier) ;
- d'une ventilation insuffisante par rapport à certaines habitudes des occupants (entreposage de bois de chauffage non séché à l'intérieur, séchage de la lessive à l'intérieur, cuisson, prise de douche et de bain, etc.).

4.1.1 Sources ponctuelles

Les problèmes ponctuels (bris de tuyauterie, inondation, refoulement d'égout, etc.) entraînent généralement la présence soudaine d'eau, parfois en quantité importante. Dans ce cas, afin de prévenir toute prolifération de moisissures, l'action à entreprendre consiste d'abord à contrôler la source, lorsque cela est possible, et à nettoyer rapidement les accumulations d'eau. Comme dans la plupart des cas, la moisissure met peu de temps à s'établir sur une surface humide (moins de quelques jours), il est souhaitable de nettoyer et assécher les surfaces dans les heures suivant l'événement, en donnant priorité aux surfaces poreuses (papier), semi-poreuses (bois) ou de matière organique (SCHL, 1994). Il faut s'assurer d'assécher tous les matériaux détremés si possible dans les 24 à 48 heures suivant la survenue du problème.

4.1.2 Problème d'infiltration chronique

Les infiltrations d'eau sont fréquemment causées par une détérioration de matériaux imperméabilisants tels les joints du revêtement goudronnés d'un toit, les joints de scellement des fenêtres, les dommages au revêtement des murs extérieurs, les fissures dans les fondations, etc. Afin d'éviter ce type de problème, il est nécessaire d'effectuer des inspections de routine visant à identifier toute trace d'infiltration d'eau ou de moisissures. L'humidimètre (détecteur de moiteur) de pénétration ou à sondes permet de confirmer la présence d'eau ou d'humidité élevée dans les matériaux²⁹. Son utilisation est surtout recommandée lorsque l'on soupçonne l'existence d'un problème de contamination fongique mais qu'il n'y a pas de moisissures visibles en surface des matériaux, ni signes évidents de dommages causés par l'eau. Ces mesures peuvent être utiles pour repérer à l'endos des matériaux des zones humides non apparentes qui pourraient favoriser la croissance des moisissures. Lorsqu'une infiltration d'eau est détectée, il faut la corriger rapidement et assécher complètement toutes les surfaces ayant été humectées. Afin d'éviter ce genre de situation, il faut donc effectuer un entretien préventif de toute composante susceptible d'être à l'origine d'un problème d'infiltration chronique (toiture et son système de drainage, plomberie, système de ventilation).

²⁹ Le lecteur doit prendre en considération qu'il s'agit de mesures ponctuelles et qu'il demeure possible que les matériaux se soient asséchés avec le temps.

4.1.3 Problème d'humidité relative et de condensation

La formation d'une condensation visible sur les surfaces intérieures des fenêtres, des murs, des planchers et des plafonds dépend du rapport qui existe entre l'humidité relative maintenue à l'intérieur d'un bâtiment et le degré de refroidissement produit sur les surfaces en question. Bien qu'elle soit courante en hiver, la condensation apparaissant sur des surfaces non poreuses (ex. : verre des fenêtres) n'est habituellement pas aussi dommageable que la condensation se produisant dans les matériaux poreux. La vapeur d'eau peut traverser les revêtements intérieurs des murs et les plafonds ou encore être entraînée par l'air dans des fissures jusqu'à ce qu'elle rencontre des surfaces froides sur lesquelles elle pourra se condenser (CNRC, 2000). Par conséquent, la condensation peut survenir lors de l'insuffisance de l'isolation thermique des murs ou du plafond, en l'absence de coupe vapeur ou en présence d'humidité excessive occasionnée par une ventilation déficiente ou par des infiltrations d'eau. Dans ce contexte, il peut être utile de rechercher puis de corriger les problèmes reliés à un vice de conception.

L'excès d'humidité

Il existe normalement dans une habitation des sources permanentes d'humidité. Il est difficile d'empêcher le développement de moisissures dans les endroits constamment humides tels que les surfaces autour des baignoires, des éviers et des fenêtres ; il est toutefois relativement simple de contrôler cette prolifération microbienne de surface par un entretien ménager périodique, ce qui évitera leur pénétration dans les matériaux³⁰. Un sous-sol humide, surtout s'il est chauffé, peut à lui seul dégager beaucoup d'humidité. La SCHL a d'ailleurs produit un document qui aborde l'inspection, le diagnostic et le traitement du sous-sol humide (SCHL, 1992). Parmi les principales sources de vapeur d'eau qui contribuent à augmenter le taux d'humidité intérieur, particulièrement en hiver, on retrouve principalement : les occupants (de 30 à 40 litres/semaine pour une famille de 4 personnes) ; le séchage du bois de chauffage à l'intérieur (15 à 30 litres/semaine pour 3 cordes/saison) ; les activités domestiques : douches, cuisson, baignoires, lessive (15 à 20 litres/semaine) ; le sous-sol humide, le vide sanitaire ou le puisard (15 à 20 litres/semaine) et le séchage de la lessive à l'intérieur (10 à 15 litres/semaine) (Ressources naturelles Canada, 1996).

Il est donc nécessaire d'identifier les principales sources qui entraînent l'excès d'humidité à l'intérieur afin de pouvoir prendre les moyens adéquats pour le réduire. Les occupants parviendront donc à réduire une certaine quantité de l'humidité produite à l'intérieur en adaptant leurs habitudes de vie (réduction de la durée des douches, du temps d'ébullition des aliments à l'air libre, du séchage du linge à l'intérieur, etc.) et en recourant à la ventilation ponctuelle (par l'utilisation de ventilateurs d'extraction) (SCHL, 1995a). Signalons ici que la climatisation abaisse le degré d'humidité durant l'été et qu'elle ralentit la prolifération de moisissures, sans toutefois les éliminer. Il faut s'assurer que le taux d'humidité relative de l'air demeure relativement bas et de minimiser la condensation sur les surfaces froides (fenêtres, murs, tuyaux d'eau froide, etc.). Le taux d'humidité à proximité des surfaces les plus froides importe davantage que le taux d'humidité relative mesuré au centre d'une pièce. À cet effet, la SCHL recommande de maintenir le taux d'humidité relative dans l'air à la surface des matériaux à moins de 65 %, ou même, idéalement à moins de 50 %, afin de conserver une certaine marge de sécurité. L'hiver, lors de temps très froid, il est préférable de maintenir l'humidité relative

³⁰ Il est à noter que la vaporisation de bactéricides, de fongicides et d'ozone n'est pas indiquée et peut même être dangereuse lorsque ces produits sont utilisés en fortes concentrations. L'ozone, par exemple, est souvent utilisé à tort comme désodorisant, pour masquer les odeurs occasionnées par les moisissures. Ce produit est inefficace aux concentrations produites par des ozonateurs domestiques; l'efficacité de l'utilisation d'ozone à plus forte concentration sous forme gazeuse n'est pas prouvée. Il est de plus dangereux pour la santé et très oxydant pour plusieurs matériaux (ACGIH, 1999).

près de 30 % pour réduire le potentiel de condensation. L'été, l'utilisation d'un déshumidificateur au sous-sol peut être nécessaire pour maintenir un taux d'humidité relative inférieur à 60 % (Ruest, 2002 ; SCHL, 1995b).

La ventilation

Rappelons que la réduction ou l'élimination à la source des causes d'humidité excessive dans un bâtiment demeure la mesure la plus efficace pour prévenir la contamination microbienne. La ventilation constitue une mesure pouvant contribuer à réduire cette humidité de même que la concentration de particules fongiques ou de MCOV dans l'air ; toutefois, elle ne doit pas être considérée comme une mesure corrective.

La déshumidification

Il est également possible d'extraire la vapeur d'eau de l'air par absorption ou condensation puis de rendre l'air asséché aux pièces au moyen d'un déshumidificateur. L'efficacité de ce genre d'appareil est très réduite lorsque l'humidité relative intérieure est inférieure à 40 %. Son utilisation dans le sous-sol pendant les journées chaudes et humides de l'été peut s'avérer adéquate lorsque les occupants désirent éviter la formation de condensation sur les murs de fondation et la dalle de plancher (Ressources naturelles Canada, 1996).

4.1.4 Entretien préventif

Un entretien adéquat constitue une action essentielle pour prévenir la croissance microbologique et l'introduction de micro-organismes indésirables dans l'air intérieur. L'entretien préventif requiert une planification qui sera notamment fonction du type d'établissement ou d'habitation. En ce qui concerne les édifices publics, le Guide de prévention contre la prolifération microbienne dans les systèmes de ventilation (Lavoie et Lazure, 1994), qui présente notamment l'ensemble des constituants des systèmes de ventilation, fournit des recommandations d'application simple et pratique. La stratégie de base visant à maintenir un bâtiment en bon état et à prévenir la prolifération microbienne est la suivante :

- Effectuer le nettoyage périodique des humidificateurs et déshumidificateurs, des climatiseurs et des appareils de filtration d'air. Pratiquer un entretien préventif de la toiture et de son système de drainage, de la plomberie et du système de ventilation (CVCA) ;
- Effectuer un examen visuel de la fondation et de la toiture afin d'y déceler toute présence de fissure, d'infiltration d'eau ou de moisissures. L'utilisation d'un humidimètre de pénétration peut être utile pour déceler la présence d'eau à l'intérieur des structures. Corriger rapidement tout problème d'eau et assécher complètement toutes les surfaces ayant été mouillées ;
- Identifier et corriger les problèmes reliés à un vice de conception (ex. : absence de coupe vapeur, isolation thermique insuffisante, pont thermique, etc.). La consultation des plans et devis des structures s'avérera d'une grande utilité pour ce type d'analyse.

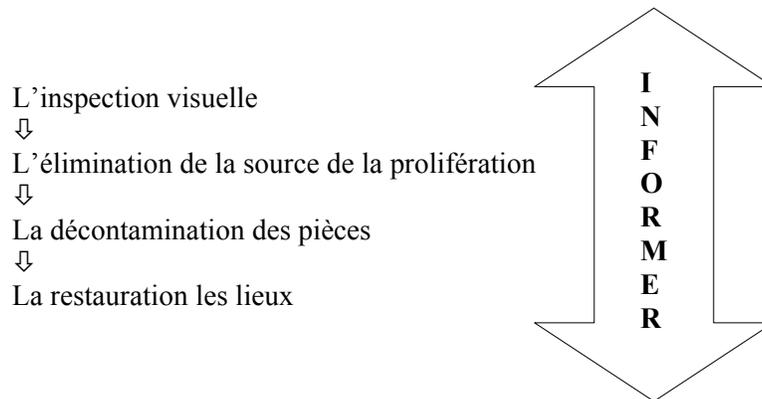
4.2 Mesures correctives

La présence de moisissures visibles à l'intérieur d'une résidence ou d'un bâtiment témoigne de l'existence d'un problème pouvant être attribuable au manque d'entretien (ex. : infiltration d'eau, nettoyage insuffisant), à la conception d'une structure mal adaptée au climat (ex. : condensation) ou encore, à un événement ponctuel dont les conséquences n'ont pas fait l'objet d'un suivi adéquat (Page et Trout, 1998). Il faut se rappeler qu'une augmentation des concentrations de spores dans l'air peut se produire ou se poursuivre si les travaux correctifs ne sont pas effectués à temps et correctement (AAP, 1998).

Le nettoyage des pièces d'une maison ou d'un immeuble ne pose généralement que peu de problèmes lorsqu'il s'agit de les débarrasser des poussières, des suies et autres contaminants non biologiques. Toutefois, lorsque des pièces sont contaminées par des moisissures, le nettoyage est plus complexe en raison de la nature même du contaminant en cause. En effet, une telle situation requiert non seulement l'enlèvement des moisissures mais elle nécessite également la décontamination des lieux et la mise en place de moyens visant à éviter leur dispersion dans les pièces avoisinantes. De plus, il est indispensable d'éliminer les causes de cette prolifération fongique car cette dernière pourra reprendre dès que les conditions environnementales le permettront. Le constat de la prolifération de moisissures nécessite l'application de corrections immédiates afin de les éliminer le plus rapidement possible et d'éviter toute nouvelle prolifération (NYC, 2000 ; Santé Canada, 1995a).

4.2.1 Démarche générale selon le protocole de New York

Peu importe le niveau de contamination des pièces ou locaux par les moisissures, la démarche générale afin de corriger le problème reste fondamentalement la même :



- L'inspection visuelle permet de détecter la présence de signes visibles d'une contamination. Des indices tels les traces d'eau, les infiltrations d'eau, les matériaux détrempés ou le placoplâtre dégradé peuvent signaler une contamination. Selon l'ampleur de cette dernière et la population exposée, il est quelquefois pertinent de procéder au prélèvement d'échantillons afin d'effectuer une identification des espèces de moisissures présentes (voir à cet effet, la section 3.2.2) ;
- La source de la prolifération des moisissures doit être éliminée rapidement. Les infiltrations et les fuites d'eau doivent être rapidement colmatées. Les sources d'humidité doivent être enrayerées ou l'humidité relative diminuée ;

- La décontamination des pièces doit être réalisée en fonction de l'importance de la contamination. À cet effet, la classification suggérée par le protocole de New York s'avère utile pour établir la procédure de décontamination à utiliser peu importe les espèces de moisissures (voir l'annexe 4.1) ;
- Finalement, les lieux devront être restaurés afin de les remettre en état, puis nettoyer en profondeur afin de ne laisser aucun résidu de contamination.

Parallèlement à ces étapes, dans le cas d'un édifice public ou à logements multiples, les occupants des pièces faisant l'objet d'une décontamination doivent être maintenus informés de la situation et de l'évolution des travaux (voir la section 3.5.1, Communication du risque).

Consensus général sur la décontamination

Depuis quelques années, de nombreux ouvrages ont été publiés sur la problématique des moisissures. Que ce soit pour la décontamination de résidences, de locaux commerciaux ou d'édifices publics, la majorité des organismes gouvernementaux s'entendent sur le processus de nettoyage et de décontamination. La Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) a produit de nombreux documents de vulgarisation sur le sujet (SCHL, 1992 ; 1993 ; 1994³¹) qui décrivent les méthodes de nettoyage, dans les résidences, de meubles, tapis, vêtements, livres, literie, etc.

Pour sa part, l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) a produit un document sur les bioaérosols dans lequel la décontamination des lieux est abordée entre autres sous l'aspect de la protection du public et des travailleurs affectés aux travaux de décontamination (ACGIH, 1999). La démarche proposée par cet organisme repose sur l'ampleur de la contamination des lieux; selon la superficie de moisissures visibles (minimale, modérée et étendue), l'ACGIH suggère différents degrés de confinement des lieux et définit la protection personnelle requise par les travailleurs qui effectueront les travaux de décontamination.

Le Département de santé de la ville de New York recommande des méthodes spécifiques de décontamination des locaux. Un de leurs documents, faisant consensus sur la scène internationale et connu sous le nom de Protocole de New York, permet de déterminer l'ampleur d'une contamination par les moisissures et les mesures correctives et sanitaires à apporter (NYC, 2000). Ainsi, la méthode de décontamination, les travaux à effectuer, le confinement des locaux et la protection des travailleurs seront différents selon la surface de moisissures visibles et ce, peu importe les espèces présentes. La surface atteinte par la moisissure détermine cinq niveaux de contamination (voir l'annexe 4.1).

D'autres organisations et auteurs ont également publié des informations sur l'inspection et la décontamination des locaux contaminés par les moisissures ; le lecteur pourra s'y référer au besoin (Goyer *et al.*, 2001 ; American Industrial Hygiene Association, 2001 ; General Clinical Research Center, 2000 ; Environmental Protection Agency, 1998 ; California Department of Health Services, 1998 ; Santé Canada, 1995b).

³¹ Certains documents produits par la SCHL ont été récemment révisés ou sont actuellement en processus de révision. Le lecteur est invité à vérifier auprès de cet organisme s'il détient la version la plus récente.

4.2.2 Protocole de décontamination des locaux

Avant d'entreprendre des travaux de décontamination ou d'enlèvement de moisissures, il importe de déterminer le niveau de contamination de l'endroit concerné. Lorsque ce niveau est connu, il est suggéré de suivre les directives du Protocole de New York. Voici quelques règles de base à observer :

Travailleurs affectés au nettoyage ou à la décontamination

Lorsque le niveau de contamination est léger ou modéré, les occupants de la résidence, du local ou le personnel d'entretien régulier peuvent effectuer les travaux nécessaires à la décontamination. Les personnes à risque telles les immunodéprimées, les allergiques ou les asthmatiques devraient s'abstenir d'effectuer ces travaux. Les personnes impliquées dans les opérations devraient être informées des méthodes de nettoyage, des équipements de protection personnelle et des risques à la santé associés à la manipulation de moisissures. Lorsque la contamination est étendue ou considérable, il est recommandé de recourir à des firmes spécialisées ou à des personnes qualifiées pour la mise en application des procédures sécuritaires de décontamination.

Les individus chargés des travaux de décontamination doivent être protégés à l'aide d'un respirateur à filtres à particules (masque à poussière). Un niveau d'efficacité homologué de N95 (efficacité de filtration à 95 %) doit être exigé pour les masques durant les travaux d'enlèvement des matériaux. Il est donc important de se procurer des masques certifiés. Lorsque le niveau de décontamination est considérable, le port de respirateur avec visière complète muni de cartouches-filtres homologués P-100 (ancienne appellation, de type HEPA³²), est recommandé. En tout temps, le personnel affecté aux travaux doit porter une protection oculaire et des gants. Lors de travaux de décontamination d'envergure, des vêtements de protection jetables couvrant les travailleurs de la tête aux pieds doivent être utilisés.

Retrait des occupants

Pour la durée des travaux, le local ou la pièce où a lieu l'enlèvement des moisissures ne doit pas être occupé par d'autres personnes que celles assignées aux travaux. Les pièces ou locaux connexes peuvent être occupés pendant les travaux mais il est préférable d'éloigner les enfants de moins d'un an, les personnes ayant subi une intervention chirurgicale récente, les personnes immunodéprimées et les personnes souffrant de problèmes d'asthme, d'hypersensibilité respiratoire ou ayant de sévères allergies respiratoires.

Confinement des locaux contaminés

Lors d'une contamination modérée ou étendue, il s'avère nécessaire d'envelopper les matériaux contaminés avant de les retirer afin d'éviter la dispersion des moisissures. De plus, les grilles d'apport d'air et de retour d'air des systèmes de ventilation doivent être colmatées de manière étanche. Lorsque la contamination est considérable, des mesures spéciales de confinement doivent être prises. Les lieux contaminés doivent être complètement isolés des autres pièces ou locaux. Les pièces contaminées doivent être maintenues en pression négative grâce à un ventilateur muni d'un filtre HEPA, évacuant l'air de préférence à l'extérieur. Une chambre de décontamination et des sas doivent être installés.

³² HEPA : High efficiency particulate air filter (filtre à haute efficacité).

Nettoyage des structures

Les structures doivent être nettoyées à fond lorsqu'elles font l'objet d'une contamination fongique. Les matériaux tels le bois ou le béton peuvent être récupérés si la contamination est superficielle et que la solidité structurale de ces derniers n'est pas compromise. S'il n'est pas possible de remettre les matériaux de structure en état, ceux-ci devront alors être remplacés (ACGIH, 1999). Le nettoyage des structures métalliques peut être effectué à l'aide d'une solution nettoyante. Lors des travaux de nettoyage ou de remplacement des matériaux, il importe de minimiser la production dans l'air ambiant de poussières renfermant des moisissures. L'utilisation d'un aspirateur muni d'un filtre HEPA s'avère un outil performant pour éliminer la poussière résiduelle susceptible d'être contaminée par des moisissures.

En ce qui concerne les produits poreux (panneaux de gypse, tuile acoustique, isolant, etc.) qui sont demeurés humides plus de 24 heures, ils doivent être jetés (voir également l'annexe 4.2). Le matériel contaminé à jeter doit être déposé dans des sacs de plastique scellés. L'ACGIH recommande d'utiliser des sacs doubles de 6 mil³³ en polyéthylène. Il n'y a aucune spécification quant au dépôt des rebuts dans les sites d'enfouissements ou vers les incinérateurs. Il importe toutefois de s'assurer que les sacs ne seront pas déchirés lors du transport.

Les produits de nettoyage domestique sont généralement adéquats pour nettoyer les matériaux non poreux contaminés par les moisissures (AIHA, 2001 ; NYC, 2000). Il demeure toujours important de suivre de façon rigoureuse les directives du fabricant. Une protection de base (port de gants, de lunettes et/ou d'un respirateur à cartouches chimiques) peut être requise lors de l'utilisation de ces produits. De plus, afin d'éviter des risques d'intoxications, il ne faut jamais utiliser plusieurs solutions nettoyantes différentes en mélange. Plusieurs de ces produits sont incompatibles, leur mélange pouvant provoquer une explosion ou l'émission de gaz toxiques. Le récent *Guide sur la moisissure à l'intention des propriétaires-occupants* produit récemment par la SCHL (2001) fournit des informations pratiques sur l'élimination de la moisissure.

4.2.3 Évaluation de l'efficacité de la décontamination

Des mesures correctives efficaces doivent mener à une absence de croissance fongique. L'évaluation de l'efficacité des travaux comprendra la vérification des mesures correctives complétées et de la propreté des lieux (AIHA, 2001). Une fois cette vérification effectuée, les occupants pourront réintégrer les lieux : un suivi devrait toutefois être mené pour s'assurer que les gens n'éprouvent plus de symptômes. La disparition des symptômes indiquera que le problème a été corrigé (ACGIH, 1999). En effet, le fait de cesser l'exposition aux bioaérosols devrait entraîner, à court ou à moyen terme, la disparition ou l'amélioration des symptômes reliés à l'exposition aux agents biologiques.

Dans les cas où un suivi environnemental est effectué, les espèces et les concentrations des agents biologiques à l'intérieur devraient être comparables à celles retrouvées à l'extérieur. Les concentrations de micro-organismes sur les échantillons de surface devraient également être similaires à celles retrouvées dans les édifices bien entretenus (ACGIH, 1999) (voir aussi la section 3.2.3). Dans la grande majorité des cas toutefois, l'évaluation de l'efficacité de la décontamination se résumera à procéder à une inspection visuelle et à la surveillance de la diminution ou de la disparition des symptômes.

³³ 6 mil équivaut à 6×10^{-3} po ou 0,15 mm.

Enfin, il est important d'ajouter que tout programme visant à corriger un problème relié à la croissance fongique à l'intérieur d'un bâtiment s'avérera inefficace s'il n'est pas suivi d'un programme régulier d'entretien qui doit demeurer très rigoureux durant les mois suivant une procédure de décontamination (voir la section 4.1.4).

5. CONSTATS DU GROUPE DE TRAVAIL

Le présent document de référence a été réalisé afin de soutenir l'établissement d'une position québécoise de santé publique quant aux risques à la santé associés à la présence de moisissures en milieu intérieur et de fournir un outil à tout intervenant aux prises avec un cas de contamination fongique en habitation ou en édifice public. Sa réalisation, effectuée notamment à partir d'une abondante littérature scientifique sur le sujet, a notamment permis de faire ressortir les constats suivants :

- En milieu intérieur, le principal élément déterminant la prolifération fongique demeure la présence d'eau, que celle-ci soit sous forme d'humidité relative excessive, de condensation sur les surfaces, d'eau libre à l'intérieur des matériaux ou encore d'eau stagnante dans les pièces ou les locaux ;
- Il existe peu de données sur l'ampleur de la contamination des habitations et des édifices publics par les moisissures et l'humidité excessive au Québec, bien que le nombre grandissant de demandes adressées aux organismes publics laisse entrevoir un problème en croissance ;
- Plusieurs composantes fongiques sont susceptibles d'entraîner des effets nocifs chez un individu exposé, que ce soit les spores, certaines substances produites par les moisissures (ex. : mycotoxines, composés organiques volatils) ou encore certains éléments constituant les parois (ex. : glucanes) ; les effets sur la santé sont par conséquent potentiellement multiples ;
- Les effets des moisissures sur la santé des occupants sont fonction de plusieurs facteurs dont la nature de l'agent en cause, l'importance et le type d'exposition ainsi que de la susceptibilité des individus exposés (état de santé, âge, etc.) ;
- Certains individus ou groupes d'individus sont, de par leur condition, plus susceptibles de développer des problèmes de santé lorsqu'ils sont exposés à des contaminants fongiques (ex. : individus atopiques, personnes souffrant de certaines atteintes respiratoires, nourrissons et très jeunes enfants, personnes âgées ainsi que celles sévèrement immunodéprimées) ;
- L'association entre l'exposition aux moisissures en milieu intérieur et certains effets sur la santé fait consensus du moins en ce qui concerne l'irritation des yeux, du nez et de la gorge, des symptômes respiratoires non spécifiques et l'exacerbation de l'asthme ;
- Bien que principalement documenté chez les travailleurs fortement exposés en milieu agricole ou industriel, le syndrome toxique aux poussières organiques (ODTS) et la pneumonite d'hypersensibilité pourraient également survenir de façon occasionnelle dans des milieux non industriels (ex. : édifices à bureaux, appartements) fortement contaminés ;
- L'environnement intérieur peut contenir des contaminants autres que fongiques susceptibles de provoquer l'apparition des symptômes ci-haut rapportés, ce qui doit être pris en considération lors de l'investigation de problèmes de santé en lien avec le milieu intérieur.

CONCLUSION

À la lumière des données recueillies par le présent groupe de travail, il y a lieu, dans une perspective de santé publique, de se préoccuper des problèmes de prolifération de moisissures en milieu intérieur tout comme des conditions favorisant leur croissance. Par conséquent, le Groupe de travail sur les moisissures de l'Institut national de santé publique du Québec est d'avis :

- qu'un milieu intérieur contaminé par les moisissures constitue un risque pour la santé des occupants qui y sont exposés, particulièrement pour les personnes à risque ;
- que la fréquence et la sévérité des atteintes associées à ce risque varient selon le type de problème de santé :
 - le risque d'irritation et de symptômes respiratoires non spécifiques, qui sont généralement de peu à modérément sévères, est celui qui touche le plus fréquemment la population exposée ;
 - le risque de réactions allergiques et asthmatiques, problèmes de santé pouvant être occasionnellement sévères, ne touchent que les sujets prédisposés à l'atopie ;
 - les réactions d'hypersensibilité, qui sont souvent sévères, sont pour l'instant peu souvent rapportées en milieu résidentiel et en milieu de travail non industriel.
- qu'en milieu hospitalier, le risque à la santé est accru étant donné la présence d'une population à haut risque d'infection opportuniste. Il s'agit d'infections rares mais souvent fatales. Dans ces circonstances, l'urgence de l'intervention doit tenir compte du type de patients, des secteurs de soins et de l'existence de procédures à risque (particulièrement les procédures invasives) ;
- que toute contamination fongique en surface ou derrière les matériaux dans un environnement intérieur de même que toute condition la favorisant (ex. : infiltrations d'eau, présence d'eau stagnante, condensation sur les structures, inondation) sont des situations inacceptables du point de vue de la santé publique qui doivent être par conséquent corrigées.

RÉFÉRENCES

- Ahman, M., A. Lundin, V. Musabasic et E. Soderman, 2000. Improved health after intervention in a school with moisture problems. *Indoor Air*, 10 : 57-62.
- Ainsworth and Bisby's Dictionary of Fungi, 2001. 9th Edition. Edited by P.M. Kirk, P.F. Cannon and J.C. David, CABI Bioscience, UK Centre, Egham, UK and J.A. Staplers. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht, The Netherlands. 624 p.
- Alberti, C., A. Bouakline, P. Ribaud, C. Lacroix, P. Rousselot, T. Leblanc et F. Drouin, 2001. Relationship between environmental fungal contamination and the incidence of invasive aspergillosis in haematology patients. *J Hosp Infect*, 48(3) : 198-206.
- Alonso, A., K. Mouchian, J.F. Albonico, S.M. Rodriguez et S.G. Iraneta, 1998. Hypersensitivity pneumonitis induced by *Penicillium notatum* antigens in guinea pigs. *J Investig Allergol Clin Immunol*, 8(1) : 52-7.
- American Academy of Allergy, Asthma and Immunology (AAAAI), 1998. *Task Force on Allergic Disorders*. Executive Summary Report. <http://www.AAAAI.org>.
- American Academy of Allergy, Asthma and Immunology (AAAAI), 2001. *The Allergy Report*. 3 volumes, Atlanta, U.S.A.
- American Academy of Pediatrics (AAP), 1998. Toxic effects of indoor molds. Committee on environmental health. *Pediatrics*, 101(4) : 712-4.
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), 1999. *Bioaerosols : assessment and control*. Publication 3180. Janet Macher Editor. 526 p.
- American Industrial Hygiene Association (AIHA), 2001. *Report of Microbial Growth Task Force* ; Fairfax, VA.
- American Industrial Hygiene Association (AIHA) Biosafety Committee, 1996. *Control Methods*. Biosafety Reference Manual, pp. 51-99. P.A. Heinsohn *et al.* American Industrial Hygiene Association. Fairfax, VA.
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), 2001. *Ventilation for Acceptable Air Quality, ASHRAE Standard 62-2001*. ASHRAE, Inc., Atlanta. 31 p.
- Andrassy, K., I. Horvath, T. Lakos et Z. Toke Z., 1979. Outbreak of mass mycotoxicosis in Hajdu-Bihar County. *Orv Hetil*, 120(29) : 1763-4. [Hungarian].
- Arnou, P.M., R.L. Andersen, P.D. Mainous et E.J. Smith, 1978. Pulmonary aspergillosis during hospital renovation. *Am Rev Respir Dis*, 118(1) : 49-53.
- Association des pneumologues pédiatriques du Québec (APPQ), 2000. *Santé pulmonaire et moisissures intérieures*. Opinion de l'APPQ transmise au comité par le Dr. Simon Martel, président de l'APPQ. 3 p. Document non publié.

- Auger, P.L., P. Pépin, J. D. Miller, M. Gareis, J. Doyon, R. Bouchard, M.-F. Pinard et C. Mainville, 1999. Chronic Toxic Encephalopathies Apparently Related to Exposure to Toxicogenic Fungi, In Eckardt J., Ed., *Bioaerosols, Fungi and Mycotoxins: Health Effects, Assessment, Prevention and Control*; Pp: 131-138. Eastern New York Occupational & Environmental Health Center, Albany, NY, Mount Sinai School of Medicine, Department of Community Medicine, NY.
- Auger, P. et D. Miller, 1995. Mycotoxines et environnement dans *Air intérieur et eau potable*. Sous la direction de P. Lajoie et P. Levallois. Les Presses de l'Université Laval. Pp. 109-116.
- Autrup, J.L., J. Schmidt et H. Autrup, 1993. Exposure to aflatoxin B1 in animal-feed production plant workers. *Environ Health Perspect*, 99 : 195-7.
- Autrup, J.L., J. Schmidt, T. Seremet et H. Autrup, 1991. Determination of exposure to aflatoxins among Danish workers in animal-feed production through the analysis of aflatoxin B1 adducts to serum albumin. *Scand J Work Environ Health*, 17(6) : 436-40.
- Bach, J.-F. et P. Lesavre, 1981. *Immunologie*. Flammarion médecine sciences. France. 315 p.
- Baker, S., J. Driver et D. McCallum, 2001. *Residential exposure assessment. A source book*. Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Bélangier, M., 2001. *Analyse par grille d'évaluation des avis de santé d'organisations publiques reconnues sur l'exposition aux moisissures en milieu intérieur*. Document non publié.
- Bellanti, J.A., D.B Wallerstedt, 2000. Allergic rhinitis update : Epidemiology and natural history. *Allergy Asthma Proc*, 21(6) : 367-70. Review.
- Black, P.N., A.A. Udy et S.M. Brodie, 2000. Sensitivity to fungal allergens is a risk factor for life-threatening asthma. *Allergy*, 55(5) : 501-4.
- Blackwell, M., R. Vilgalys et J.W. Taylor, 1998. Fungi, Eumycota. In *The Tree of Life*, D.R. Maddison et W.P. Maddison editor, University of Arizona.
<http://tolweb.org/tree?group=Fungi&contgroup=Eukaryotes>.
- Block, S.S., 1991. *Sterilization and preservation*, 4th ed. Lea & Febiger editors, 1162 p.
- Bornehag, C.G., Blomquist G., Jarvholm B., Malmberg L., Nordvall L., Nielsen A., Pershagen G. et J. Sundell, 2001 Dampness in Buildings and Health. *Indoor Air*, 11 : 72-86
- Boulet, L.P., H. Turcotte, C. Laprise, C. Lavertu, P.M. Bédard, A. Lavoie et J. Hébert, 1997. Comparative degree and type of sensitization to common indoor and outdoor allergens in subjects with allergic rhinitis and/or asthma. *Clin Exp Allergy*, 27(1) : 52-9.
- Bradford-Hill, A., 1966. "The Environment and Disease: Association or Causation?" *Proc. Royal Soc. Med.* 58 : 295.
- Bradford-Hill, A., 1965. "The Environment and Disease: Association or Causation?" President's Address. *Proc Royal Soc Med.* 9 : 295-300.
- Brunekreef, B., 1992. Damp housing and adult respiratory symptoms, *Allergy* 47(5) : 498-502.
- Burge, H., 1990. Bioaerosols : Prevalence and health effects in the indoor environment. *J Allergy Clin Immunol*, 86(5) : 687-705.

- California Department of Health Services, 1998. *Mold in my home : What do I do?* Indoor air quality info sheet. 7 p. <http://www.cal-iaq.org/mold9803.htm>.
- Carlile, M.J. et S.C. Watkinson, 1994. *The Fungi*. 3rd printing 1996. Academic Press.
- Carlile, M.J., S.C. Watkinson et G.W. Gooday, 2001. *The fungi*, 2nd ed. Academic Press, 587 p.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 2001. Healthcare infection control practices advisory committee (HICPAC). *Draft guideline for environmental infection control in healthcare facilities*.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 1997. Histoplasmosis : protecting workers at risk. DHHS (NIOSH). Publication No. 97-146. September 1997.
- Corey, J.P., S. Kaiseruddin et A. Gungor, 1997. Prevalence of mold-specific immunoglobulins in a Midwestern allergy practice. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 117(5) : 516-20.
- Corporation d'hébergement du Québec (CHQ), 2001. *Mesures et procédures de prévention et de contrôle de la contamination aéroportée en environnement hospitalier à prendre lors de travaux de construction, rénovation, démolition et entretien ménager*. Guide technique. Direction de l'expertise technique. Comité national sur la qualité de l'air en milieu hospitalier. 19 p. + annexes. *Document préliminaire*.
- Chen, K.Y., S.C. Ko, P.R. Hsueh, K.T. Luh et P.C. Yang, 2001. Pulmonary fungal infection : emphasis on microbiological spectra, patient outcome, and prognostic factors. *Chest*, 120 : 177-84.
- Chew, G.L., J. Douwes, G. Doekes, K.M. Higgins, R. van Strien, J. Spithoven et B. Brunekreef, 2001. Fungal extracellular polysaccharides, beta(1-3)-glucans and culturable fungi in repeated sampling of house dust. *Indoor Air* 11(3) : 171-178
- Clancy, C.J. et M.H. Nguyen, 1998. Invasive sinus aspergillosis in apparently immunocompetent hosts. *J Infect*, 37(3) : 229-40.
- Conseil National de Recherche du Canada (CNRC), 2000. *Humidité dans les bâtiments Canadiens*, CBD-1.F. Digeste de la construction au Canada. <http://www.nrc.ca/irc/cbd/cbd001f.html>.
- Cooley, J.D., W.C. Wong, C.A. Jumper, J.C. Hutson, H.J. Williams, C.J. Schwab et D.C. Straus, 2000. An animal model for allergic penicilliosis induced by the intranasal instillation of viable *Penicillium chrysogenum* conidia. *Thorax*, 55(6) : 489-96.
- Cooley, J.D., Wong W.C., Jumper C.A., Straus D.C., 1998. Correlation between the prevalence of certain fungi and sick building syndrome. *Occup Environ Med*, 55(9) : 579-84.
- Cormier, Y., A. Merlaux et C. Duchaine, 2000. Respiratory health impact of working in sawmills in eastern Canada. *Arch Environ Health*, 55(6) : 424-30.
- Cormier, Y., E. Israel-Assayag, G. Bedard et C. Duchaine, 1998. Hypersensitivity pneumonitis in peat moss processing plant workers. *Am J Respir Crit Care Med*, 158(2) : 412-7.
- Corrier, D.E., 1991. Mycotoxicosis : mechanisms of immunosuppression. *Vet Immunol Immunopathol*, 30(1) : 73-87. Review.

- Cramer, R., 1998. Recombinant *Aspergillus fumigatus* allergens : from the nucleotide sequences to clinical applications. *Int Arch Allergy Immunol*, 115(2) : 99-114.
- Cresia, D.A. et R.J. Lambert, 1989. Acute respiratory tract toxicity of the trichotecene mycotoxin T-2 toxin. In *Trichotecene mycotoxicosis : Pathophysiologic effects*. Pp. 161-170. BocaRaton, Fla. CRC Press 1989.
- Dales, R.E. et D. Miller, 1999. Residential fungal contamination and health : microbial cohabitants as covariates. *Environ Health Perspect*, 107 (suppl. 3) : 481-3.
- Dales, R.E., D. Miller et J. White, C. Dulberg et A.J. Lazarovitz, 1998. Influence of residential fungal contamination on peripheral blood lymphocyte populations in children. *Arch Env Health*, 53(3) : 190-5.
- Dales, R.E., H. Zwanenburg, R. Burnett et C.A. Franklin, 1991. Respiratory health effects of home dampness and molds among Canadian children. *Amer J Epidemiol*, 134(2) : 196-203.
- Daly, P. et K. Kavanagh, 2001. Pulmonary aspergillosis : clinical presentation, diagnosis and therapy. *Br J Biomed Sci*, 58(3):197-205
- Dearborn, D.G., I. Yike, W.G. Sorenson, M.J. Miller et R.A. Etzel, 1999. Overview of investigations into pulmonary hemorrhage among infants in Cleveland, Ohio. *Env Health Perspect*, 107 (suppl. 3) : 495-99. Review.
- Demers, R., N. King et P. LeGuerrier, 2002. *La prévention et le contrôle des infections nosocomiales environnementales dans les établissements de santé. Aspergillose. Légionellose. Un guide d'action*. RRSSS de Montréal-Centre. Direction des immobilisations et finances et Direction de la santé publique. 35 p. + annexes.
- Demissie, K., P. Ernst et M.R. Becklake, 1996. Socioeconomic status and childhood atopy. *Can Respir J*, 3(1) : 53-7.
- Déoux, S., 2001. Humidité et air intérieur: situation préoccupante. *CSTB Magazine*. 133 janvier-février 2001. p. 3-6.
- d'Halewyn, M.A. et G. Ozanne, 1998. *Protocoles d'investigation de la contamination fongique environnementale*. Laboratoire de santé publique du Québec (LSPQ – INSPQ). Document non publié.
- Dharmage, S., M. Bailey, J. Raven, T. Mitakakis, F. Thien, A. Forbes, D. Guest, M. Abramson, et E.H. Walters, 1999. Prevalence and residential determinants of fungi within homes in Melbourne, Australia. *Clinical Experimental Allergy*, 29 : 1481-1489.
- Dill, I., C. Trautmann et R. Szewzyk, 1997. Mass development of *Stachybotrys chartarum* on compostable plant pots made from recycled paper. *Mycoses*, 40 (Suppl 1) : 110-4.
- Direction de la santé publique (DSP) de la Mauricie-Centre-du Québec, 2001. *Prévention des infections liées aux travaux de construction et de rénovation dans les hôpitaux et centres d'hébergement de longue durée*. RRSSS de la Mauricie-Centre-du-Québec. 13 p. Document de travail.

- Downs, S.H., T.Z. Mitakakis, G.B. Marks, N.G. Car, E.G. Belousova, J.D. Leuppi, W. Xuan, S.R. Downie, A. Tobias et J.K. Peat, 2001. Clinical importance of *Alternaria* exposure in children. *Am J Respir Crit Care Med*, 164(3) : 455-9.
- Duchaine, C., A. Meriaux, P.S. Thorne et Y. Cormier, 2000. Assessment of particulates and bioaerosols in eastern Canadian sawmills. *AIHAJ*, 61(5) : 727-32.
- Edwards, J.H., 1979. The effect of soluble material from mouldy hay dust on the complement system. *Immunology*, 37(1) : 91-101.
- Elidemir, O., G.N. Colasurdo, S.N. Rossmann, L.L. Fan, 1999. Isolation of *Stachybotrys* from the lung of a child with pulmonary hemosiderosis. *Pediatrics*, 104(4 Pt 1) : 964-6.
- Engelhart, S., A. Loock, D. Skutlarek, H. Sagunski, A. Lommel, H. Farber et M. Exner, 2002. Occurrence of Toxicogenic *Aspergillus versicolor* Isolates and Sterigmatocystin in Carpet Dust from Damp Indoor Environments. *Appl Environ Microbiol*, 68(8) : 3886-90.
- Engvall, K., C. Norrby et D. Norbäck, 2001. Sick building syndrome in relation to building dampness in multi-family residential buildings in Stockholm. *Int Arch Occup Environ Health*, 74(4) : 270-8.
- Environmental Protection Agency (EPA), 2001. *Mold remediation in schools and commercial buildings*. Office of Air and Remediation. Indoor Environments Division. EPA 412-K-01-1, 36 p. + annexes.
- Environmental Protection Agency (EPA), 1998. *Flood cleanup : Avoiding indoor air quality problems*. 5p. <http://www.epa.gov/iaq/pubs/flood.html>.
- Escamilla-Garcia, B., 1997. *Étiologie comparative des maladies respiratoires d'une population d'enfants à Montréal et à Vancouver : regard sur les moisissures de l'air intérieur*. Thèse de doctorat. Université de Montréal.
- Etzel, R.A, 2002. Mycotoxins. *JAMA*, 287(4) : 425-427.
- Etzel, R.A., E. Montana, W.G. Sorenson, G.J. Kullman, T.M. Allan, D.G. Dearborn, D.R. Olson, B.B. Jarvis et J.D. Miller, 1998. Acute pulmonary hemorrhage in infants associated with exposure to *Stachybotrys atra* and other fungi. *Arch Pediatr Adolesc Med*, 152 (8) : 757-62.
- Ezeamuzie, C.I., S. Al-Ali, M. Khan, Z. Hijazi, A. Dowaisan, M.S. Thomson et J. Georgi, 2000. IgE-mediated sensitization to mould allergens among patients with allergic respiratory diseases in a desert environment. *Int Arch Allergy Immunol*, 121(4) : 300-7.
- Fink, J., 1984. Hypersensitivity pneumonitis. *Allergy Clin Immunol*, 74 : 1
- Flannigan, B. E.M. McCabe et F. McGary, 1991. Allergenic and toxicogenic micro-organisms in houses. *Soc Appl Bacteriol Symp Ser*. 20 : 61S-73S. Review.
- Flannigan, B. et J.D. Miller, 1994. *Health Implications of fungi in indoor environments - An overview*; in R.A. Samson, B. Flannigan, M.E. Flannigan, A.P. Verhoeff, O.C.G. Adan, E.S. Hoekstra. *Health Implications of Fungi in Indoor Environments*. Air quality monographs, vol.2. Elsevier publication, 602 p.

- Flappan, S.M., J. Portnoy, P. Jones et C. Barnes, 1999. Infant pulmonary hemorrhage in a suburban home with water damage and mold (*Stachybotrys atra*). *Environ Health Perspect*, 107(11) : 927-30.
- Fogelmark, B., J. Thorn et R. Rylander, 2001. Inhalation of (1,3)-beta-D-glucan causes airway eosinophilia. *Mediators Inflamm*, 10(1) : 13-9.
- Fogelmark, B., M. Sjostrand et R. Rylander, 1994. Pulmonary inflammation induced by repeated inhalations of beta(1,3)-D-glucan and endotoxin. *Int J Exp Pathol*, 75(2) : 85-90.
- Fogelmark, B. R. Rylander et J. Lacey, 1989. Experimental allergic alveolitis after inhalation of mouldy hay. *J Clin Lab Immunol*, 30(2) : 81-5.
- Forjacs, J., 1972. *Stachybotryotoxicosis*. In Kadis, S. Microbial toxins, Vol III. New York Academic Press.
- Frenette, Y., 2001. Les moisissures dans les classes mobiles : un examen s'impose. *Travail et santé*, 17(3): 6-10.
- Fujishita, M., R. Kataoka, M. Kobayashi et I. Miyoshi, 1991. Clinical features of 32 cases of fungal pneumonia. *Ihon Kyobu Shikkan Gakkai Zasshi*, 29(4) : 420-8.
- Fung, F., D. Tappen et G. Wood, 2000. *Alternaria*-Associated Asthma. *Appl Occup Environ Hyg*, 15(12) : 924-7.
- Fung, F., R. Clark et S. Williams, 1998. *Stachybotrys*, a mycotoxin-producing fungus of increasing toxicologic importance. *J Toxicol Clin Toxicol*, 36(1-2) : 79-86. Review.
- Gallagher, R.T., G.C. Latch et R.G. Keogh, 1980. The janthitrems : fluorescent tremorgenic toxins produced by *Penicillium janthinellum* isolates from ryegrass pastures. *Appl Environ Microbiol*, 39(1) : 272-3.
- Garret, M.H., P.R. Rayment, M.A. Hooper, M.J. Abramson et B.M. Hooper, 1998. Indoor airborne fungal spores, house dampness and association with environmental factors and respiratory health in children. *Clin Exp Allergy*, 28 (4) : 459-67.
- Geftter, W.B., 1992. The spectrum of pulmonary aspergillosis. *J Thorac Imaging*, 7(4) : 56-74. Review.
- General Clinical Research Center, 2000. *How to clean-up mold*. 5p Case Western Reserve University, University Hospitals of Cleveland, MetroHealth Medical Center. <http://gcrs.meds.cwru.edu/stachy/cleanup.htm>.
- Ghosh, R.C., H.V. Chauhan et S. Roy, 1990. Immunosuppression in broilers under experimental aflatoxicosis. *Br Vet J*, 146(5) : 457-62.
- Girmenia, C., M. Nucci et P. Martino, 2001. Clinical significance of *Aspergillus* fungaemia in patients with haematological malignancies and invasive aspergillosis. *Br J Haematol*, 114(1) : 93-8. Review.
- Gordon, K.E., R.E. Masotti et W.R. Waddell, 1993. Tremorgenic encephalopathy: a role of mycotoxins in the production of CNS disease in humans ? *Can J Neurol Sci*, 20(3) : 237-9.

- Goyer, N., J. Lavoie, L. Lazure et G. Marchand, 2001. *Les bioaérosols en milieu de travail : guide d'évaluation, de contrôle et de prévention*. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST). Guide technique. 72 p.
- Grant, C., C.A. Hunter, B. Flannigan et A.F. Bravery, 1988. The moisture requirements of moulds isolated from domestic dwellings. *Int. Biodeterioration*, 25 : 259-84.
- Gravensen, S., P.A. Nielsen, R. Iversen, et K.F. Nielsen, 1999. Microfungal contamination of damp buildings-examples of risk constructions and risk materials. *Environ Health Perspect*, 107 Suppl 3 : 505-8.
- Grech, V., M. Balzan, R.P. Ascjak et A. Buhagiar, 2002. Seasonal variations in hospital admissions for asthma in Malta. *J Asthma*, 39(3) : 263-8.
- Guglielminetti, M., E. Valoti, P. Cassini, G. Taino et G. Caretta, 2001. Respiratory syndrome very similar to extrinsic allergic alveolitis due to *Penicillium verrucosum* in workers in a cheese factory. *Mycopathologia*, 149(3) : 123-9.
- Hajjeh, R.A. et D.W. Warnock, 2001. Counterpoint : invasive aspergillosis and the environment-rethinking our approach to prevention. *Clin Infect Dis*, 33(9) : 1546-8.
- Hamilton, R.G. et P.A. Eggleston, 1997. Environmental allergen analyses. *Methods*, 13(1) : 53-60.
- Hanagiri, T., K. Okabayashi, T. Mitsudomi, Y. Noda, M. Hiratsuka et T. Shirakusa, 1993. Aspergilloma within cavitating pulmonary carcinoma. Case report. *Scand J Thorac Cardiovasc Surg*, 27(1) : 57-60. Review.
- Haverinen, U., T. Husman, M. Vahteristo, O. Koskinen, D. Moschandreas, A. Nevalainen et J. Pekkanen, 2001. Comparison of a two-level and three-level classifications of moisture-damaged dwellings in relation to health effects. *Indoor air*, 11(3) : 192-9.
- Hemmann, S., C. Ismail, K. Blaser, G. Menz et R. Cramer. 1998. Skin-test reactivity and isotype-specific immune responses to recombinant Asp f 3, a major allergen of *Aspergillus fumigatus*. *Clin Exp Allergy*, 28(7) : 860-7.
- Hempel-Jorgensen, A., S.K. Kjaergaard, L. Molhave et K.H. Hudnell, 1999. Sensory eye irritation in humans exposed to mixtures of volatile organic compounds. *Arch Environ Health*. 54(6) : 416-24.
- Hendry, K.H. et E.C. Cole, 1993. A review of mycotoxins in indoor air. *J Toxicol Environ Health*, 38(2) : 183-98.
- Hirvonen, M.R., M. Ruotsalainen, M. Roponen, A. Hyvarinen, T. Husman, V.M. Kosma, H. Komulainen, K. Savolainen, A. Nevalainen, 1999. Nitric oxide and proinflammatory cytokines in nasal lavage fluid associated with symptoms and exposure to moldy building microbes. *Am J Respir Crit Care Med*, 160(6) : 1943-6.
- Hodgson, M., P. Morey, W.Y. Leung, L. Morrow, D. Miller, B. Jarvis, H. Robbins, J. Halsey, et E. Storey, 1998. Building associated pulmonary diseases from exposure to *Stachybotrys chartarum* and *Aspergillus versicolor*. *JOEM*, 40(3) : 241-9.
- Hohler, T., M. Schnutgen, W.J. Mayet et K.H. Meyer zum Buschenfelde, 1995. Pulmonary aspergilloma in a patient with AIDS. *Thorax*, 50(3) : 312-3; discussion 317-8.

- Holt, P.G., 1990. Inflammation in organic dust induced lung disease: new approaches for research into underlying mechanisms. *Am J Ind Med*, 17(1) : 47-54. Review.
- Hunninghake, G.W. et H.B. Richerson, 1995. *Pneumopathie d'hypersensibilité et pneumonies à éosinophiles*. Dans, Harrison Médecine interne. Tome I ; K.J. Isselbach *et al.* éditeurs, 13^{ème} ed, 1995, McGraw-Hill, 2500 p.
- Hunter, C.A., A.V. Hull, D.F. Highman *et al.*, 1996. *Fungi and bacteria*. In, Berry R.W. *et al.* ed., Indoor air quality in homes; the Building Research Establishment indoor environment study Part I, BRE, Construction research communications. London.
- Husman, T., 2000. *Health effects of microbes* in Proceedings of Healthy Buildings 2000, Vol.3. pp. 13-24.
- Husman, T., 1996. Health effects of indoor-air microorganisms. Reviews. *Scand J Work Environ Health*, 22(1) : 5-13.
- Husman, T.M., 1999. The Health Protection Act, National guidelines for indoor air quality and development of the National Indoor Air Programs in Finland. *Env Health Perspect*, 107 (suppl. 3) : 515-17.
- Institute of Medicine (IOM), 2000. *Clearing the air : Asthma and indoor air exposure*. Committee on the assessment of asthma and indoor air. Division of health and disease prevention. National Academy Press. Washington. 456 p.
- Ito, K., H. Yamasaki, K. Onoue et M. Ando, 1993. Experimental hypersensitivity pneumonitis in mice induced by *Trichosporon cutaneum* : histologic and immunologic features and effect of *in vivo* depletion of T cell subsets. *Exp Lung Res*, 19(6) : 631-52.
- Jacob, B., B. Ritz, U. Gehring, A. Koch, W. Bischof, H.E. Wichmann et J. Heinrich, 2002. Indoor exposure to molds and allergic sensitization. *Environ Health Perspect*, 110(7) : 647-53.
- Jakab, G.J., R.R. Hmieleski, A. Zarba, D.R. Hemenway et J.D. Groopman, 1994. Respiratory aflatoxicosis : suppression of pulmonary and systemic host defenses in rats and mice. *Toxicol Appl Pharmacol*, 125(2) : 198-205.
- Jarvis, J.Q. et P.M. Morey, 2001. Allergic Respiratory Disease and Fungal remediation in a Building in a Subtropical Climate. *Appl Occup Environ Hyg*, 16(3) : 380-8.
- Johanning, E., 1998. *Stachybotrys* revisited. Lettres. *Clinical Toxicology*, 36(6) : 629-31.
- Johanning, E. et C.S. Yang, 1994. *Fungi and bacteria in indoor air environments – Health effects, detection and remediation*. Proceedings of the international conference, Saratoga Springs, New York. October 6-7, 1994. Mount Sinai and Eastern New York occupational health program. 612 p.
- Johanning, E., P. Landsbergis, M. Gareis, C.S. Yang et E. Olmsted, 1999. Clinical experience and results of a sentinel health investigation related to indoor fungal exposure. *Environ Health Perspect* 107 (suppl. 3) : 489-94.
- Johanning, E., R. Biagini, D. Hull, P. Morey, B. Barvis et P. Landsbergis, 1996. Health and immunology study following exposure to toxigenic fungi (*Stachybotrys chartarum*) in a water-damaged office environment. *Int Arch Occup Environ Health*, 68(4) : 207-18.

- Karam, G.H. et F.M. Griffin Jr., 1986. Invasive pulmonary aspergillosis in non immunocompromised, nonneutropenic hosts. *Rev Infect Dis*, 8(3) : 357-63.
- Karim, M., M. Alam, A.A. Shah, R. Ahmed et H. Sheikh, 1997. Chronic invasive aspergillosis in apparently immunocompetent hosts. *Clin Infect Dis*, 24(4) : 723-33.
- Kaufman, L. et E. Reiss, 1992. *Serodiagnosis of fungal diseases*. In Manual of clinical laboratory immunology, 4th ed. N. R. Rose, *et al.*, eds. 1992; Washington: Am Soc Microbiol, 522.
- Kawamura, S., S. Maesaki, K. Tomono, T. Tashiro et S. Kohno, 2000. Clinical evaluation of 61 patients with pulmonary aspergilloma. *Intern Med*, 39(3) : 209-12.
- Kendrick, B., 1999. *The fifth kingdom*. 2nd edition. Mycologue Publications.
<http://www.mycolog.com/fifthtoc.html>.
- Klanova, K., 2000. The concentrations of mixed populations of fungi in indoor air: rooms with and without mould problems; rooms with and without complaints. *Centr Eur J Publ health*, 8(1) : 59-61.
- Knapp, J.F., J.G. Michael, M.A. Hegenbarth, P.E. Jones et P.G. Black, 1999. Case records of the Children's Mercy Hospital, Case 02-1999: a 1-month-old infant with respiratory distress and shock. *Pediatr Emerg Care*, 15(4) : 288-93.
- Kodama, A.M. et R.I. McGee, 1986. Airborne microbial contaminants in indoor environments. Naturally ventilated and air-conditioned homes. *Arch Environ Health*, 41(5) : 306-11.
- Korpi, A., J.-P. Kasanen, Y. Alarie, V.-M. Kosma et A.-L. Pasanen, 1999. Sensory irritating potency of some microbial volatile organic compounds (MVOCs) and a mixture of five MVOCs. *Arch Environ Health*, 54(5) : 347-52.
- Koskinen, O.M., 1999. *Moisture, Mold and Health*. Academic dissertation; National Public Health Institute, University of Kuopio; Finlande. A2/1999, ISBN 951-740-114-0. 72 p.
- Koskinen, O.M., T.M. Husman, A.M. Hyvärinen, T.A. Reponen et I. Nevalain, 1995. Respiratory symptoms and infections among children in a day-care center with mold problems. *Indoor air*, 5 : 3-9.
- Koskinen, O.M., T.M. Husman, A.M., Hyvärinen, T.A. Reponen et I. Nevalain, 1997. Two moldy day-care centers : a follow-up study of respiratory symptoms and infections. *Indoor air*, 7(4) : 269-77.
- Koskinen, O.M., T.M. Husman, T.M. Meklin et A.I. Nevalainen, 1999a. The relationship between moisture or mould observations in houses and the state of health of their occupants. *Eur Respir J*, 14 (6) : 1363-67.
- Koskinen, O.M., T.M. Husman, T.M. Meklin et A.I. Nevalainen, 1999b. Adverse health effects in children associated with moisture and mold observations in houses. *Int J Environ Health Research*, 9 : 143-56.
- Kurup, V.P. et B. Banerjee, 2000. Fungal allergens and peptide epitopes. *Peptides*, 21(4) : 589-99. Review.

- Kurup, V.P., B. Banerjee, S. Hemmann, P.A. Greenberger, K. Blaser et R. Cramer, 2000. Selected recombinant *Aspergillus fumigatus* allergens bind specifically to IgE in ABPA. *Clin Exp Allergy*, 30(7) : 988-93.
- Lachance, B., R. Martin, P. Deshaies et C. Guimont, 2002. *Questionnaire de perception de l'environnement intérieur : instrument de cueillette de données et document d'accompagnement*. Instrument en validation-terrain. Comité suprarégional sur la qualité de l'environnement intérieur, Régions de Québec et de Chaudière-Appalaches. 12 p. + annexes.
- Lacroix, J., 1995. La qualité de l'air en milieu résidentiel: aspect clinique dans *Air intérieur et eau potable*. Sous la direction de P. Lajoie et P. Levallois. Les Presses de l'Université Laval. Pp. 11-21.
- Lai, K.K., 2001. A cluster of invasive aspergillosis in a bone marrow transplant unit related to construction and the utility of air sampling. *Am J Infect Control*, 29(5) : 333-7.
- Larsen, F.O., P. Clementsen, M. Hansen, N. Maltbaek, S. Grvensen, P. Skov et S. Norn, 1996. The indoor microfungus *Trichoderma viridae* potentiates histamine release from human bronchoalveolar cells. *APMIS*, 104(9) : 673-9.
- Lavoie, J., L. Lazure, 1994. *Guide de prévention contre la prolifération microbienne dans les systèmes de ventilation*. Institut de recherche en santé et en sécurité du travail au Québec (IRSST). Études et recherches, guide technique. Rg-088. 66 p.
- Lee, M.G., S. Li, B.B. Jarvis et J.J. Pestka, 1999. Effects of satratoxins and other macrocyclic trichothecenes on IL-2 production and viability of EL-4 thymoma cells. *J Toxicol Environ Health*, 57(7) : 459-74.
- Lee, S.K., S.S. Kim, D.H. Nahm, H.S. Park, Y.J. Oh, K.J. Park, S.O. Kim et S.J. Kim, 2000. Hypersensitivity pneumonitis caused by *Fusarium napiforme* in a home environment. *Allergy*, 55(12) : 1190-3.
- Legris, M., 1996a. Quand les champignons macroscopiques envahissent votre maison. *Travail et santé*, 12(2) : 26-27.
- Legris, M., 1996b. Problèmes de qualité de l'air intérieur. Sous-estimons nous l'importance des moisissures ? *Travail et santé*, 12(3) : 24-28.
- Linz, D.H., S.M. Pinney, J.D. Keller, M. White et C. R. Buncher, 1998. Cluster analysis applied to building-related illness. *JOEM*, 40 (2) : 165-1771.
- Longbottom, J.L. et L. Pepys, 1964. Pulmonary aspergillosis: diagnostic and immunological significance of antigens and C-substance in *Aspergillus fumigatus*. *J Pathol Bacteriol*, 88 : 141-151.
- Lougheed, M.D., J.O. Roos, W.R. Waddell et P. W. Munt, 1995. Desquamative interstitial pneumonitis and diffuse alveolar damage in textile workers : potential role of mycotoxins. *Chest*, 108(5) : 1196-1200.
- Mackiewicz, B., 1998. Study on exposure of pig farm workers to bioaerosols, immunologic reactivity and health effects. *Ann Agric Environ Med.*, 5(2) : 169-75.

- Maheux, L., 1998. *Session on microbial contamination*. Occupational and environmental health services agency, Health Canada. 55 p.
- Malloch, D., 1997. *Moulds: their isolation, cultivation and identification*. Department of Botany, University of Toronto.
<http://www.botany.utoronto.ca/ResearchLabs/MallochLab/lloch/oulds/oulds.html>.
- Marasas, W.F.O. et P.E. Nelson, 1984. *Mycotoxicology*. Pennsylvania State. University Press. 99 p.
- Mason, C.D., T.G. Rand T.G., M. Oulton, J.M. MacDonald et J.E. Scott, 1998. Effects of *Stachybotrys chartarum* (atra) conidia and isolated toxin on lung surfactant production and homeostasis. *Nat Toxins*, 6(1) : 27-33.
- McMaster Institute of Environment and Health (MIEH), 1999. *Expert panel on fungal contamination indoors*. Ontario ministry of health. 14 p.
- McNeel, S.V. et R.A. Kreutzer, 1996. Fungi and Indoor Air Quality. *Health and Environment Digest*, 10(2) :9-12.
- Meklin, T., T. Husman, A. Vepsalainen, M. Vahteristo, J. Koivisto, J. Halla-Aho, A. Hyvarinen, D. Moschandreas et A. Nevalainen, 2002. Indoor air microbes and respiratory symptoms of children in moisture damaged and reference schools. *Indoor Air*, 12(3) : 175-83.
- Melbostad, E. et W. Edouard, 2001. Organic dust-related respiratory and eye irritation in Norwegian farmers. *Am J Ind Med*, 39(2) : 209-17.
- Menzies, D., P. Comtois, J. Pasztor, F. Nunes et J.A. Hanley, 1998. Aeroallergens and work-related respiratory symptoms among office workers. *J Allergy Clin Immunol*, 101(1 Pt 1) : 38-44.
- Milanowski, J., 1998. Effect of inhalation of organic dust-derived microbial agents on the pulmonary phagocytic oxidative metabolism of guinea pigs. *J Toxicol Environ Health A*, 53(1) : 5-18.
- Miller, J.D., 1992. Fungi as contaminants in indoor air. *Atmos Environ*, 26A; 2163-72.
- Miller, J.D., 2001. *Mycological investigations of indoor environments*. In : Flannigan B., Samson R., Miller J.D. (eds). *Microorganisms and indoor work environments*. Taylor & Francis, London. pp. 231-246.
- Miller, J.D. et J.C. Young, 1997. The use of ergosterol to measure exposure to fungal propagules in indoor air. *Am Ind Hyg Assoc J*, 58(1) : 39-43.
- Miller, J.D., A. M. Laflamme, Y. Sobol *et al.*, 1988. Fungi and fungal products in some canadian houses. *Int. Biodeterioration*, 24 : 103-120.
- Ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS), 2001. *Guide d'intervention intersectorielle sur la qualité de l'air intérieur et la salubrité dans l'habitation québécoise*. Groupe intersectoriel sur l'environnement intérieur. MSSS. Pagination multiple.
- Miyagawa, T., S. Hamagami et N. Tanigawa N., 2000. Cryptococcus albidus-induced summer-type hypersensitivity pneumonitis. *Am J Respir Crit Care Med*, 161(3 Pt 1) : 961-6.
- Monod, O., G. Pesle et G. Segretain, 1951. L'aspergillome brochectisant. *Presse Med*, 59 : 1557.

- Monso, E., R. Magarolas, K. Radon, B. Danuser, M. Iversen, C. Weber, U. Opravil, K.J. Donham et D. Nowak, 2000. Respiratory symptoms of obstructive lung disease in European crop farmers. *Am J Respir Crit Care Med*, 162(4 Pt 1) : 1246-50.
- Morbidity and Mortality Weekly Report (MMWR), 2000. *Update : Pulmonary Hemorrhage/Hemosiderosis Among Infants*-Cleveland, Ohio, 1993-1996. 49(9) : 180-84.
- Muilenberg, M.L., 1998. *Indoor bioaerosol investigation*. In: Mandrioli, Comtois and Levizzani (eds). *Methods in aerobiology*. Pitagora ed.
- Mundt, C., W.M. Becker et M. Schlaak, 1996. Farmer's lung: patients' IgG2 antibodies specifically recognize *Saccharopolyspora rectivirgula* proteins and carbohydrate structures. *J Allergy Clin Immunol*, 98(2) : 441-50.
- Nathanson, T., 1996. *Enquêtes sur la qualité de l'air intérieur dans les bâtiments, 1987-1994, rapport sommaire*. Dans *Natur'air*, Laboratoire Vital/air (1996). Conférence sur l'assainissement des bâtiments : prévention, diagnostic et traitement de la contamination microbienne. Montréal. 5, 6 et 7 juin. pp. 43-54.
- National Committee For Clinical Laboratory Standard (NCCLS), 1997. *Evaluation methods and analytical performance characteristics of immunological assays for human immunoglobulin E (IgE) antibodies of defined allergic specificities; approved guideline*. NCCLS #I/LA20-A, vol 17, no 24.
- National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS), 1999. Workshop on children's health and indoor mold exposure. *Environmental Health Perspectives Supplement*, 107(3) : 463-515.
- Negrini, A.C., D. Berra, P. Campi, B. Cinti, R. Corsico, V. Feliziani, M.T. Galesio, G. Liccardi, A. Loreti, G. Lugo, F. Marcucci, G. Marcer, M. Minelli, G. Nardi, G. Piu, A. Passaleva, M. Pozzan, P. Puccinelli, F. Purello D'Ambrosio, A. Venuti et P. Zanon, 2000. Clinical study on *Alternaria* spores sensitization. *Allergol Immunopathol*, 28(2) : 71-3.
- Nelson H.S., 1998. Allergen and irritant control: importance and implementation. *Clin Cornerstone*, 1(2) : 57-68.
- Nelson H.S., S.J. Szeffler, J. Jacobs, K. Huss, G. Shapiro et A.L. Sternberg, 1999. The relationships among environmental allergen sensitization, allergen exposure, pulmonary function, and bronchial hyperresponsiveness in the Childhood Asthma Management Program. *J Allergy Clin Immunol*, 104(4 Pt 1) : 775-85.
- Neukirch, C, C. Henry, B. Leynaert, R. Liard, J. Bousquet et F. Neukirch, 1999. Is sensitization to *Alternaria alternata* a risk factor for severe asthma? A population-based study. *J Allergy Clin Immunol*, 103(4) : 709-11.
- Neueglise, C., J. Sarfati, J.P. Debeauvais, H. Vu Thien, J. Just, G. Tournier et J.P. Latge, 1997. Longitudinal study of *Aspergillus fumigatus* strains isolated from cystic fibrosis patients. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*, 16(10) : 747-50.
- New York City Department of Health (NYC), 2000. *Lignes directrices applicables à l'évaluation et l'élimination de la contamination fongique en milieu intérieur*. Service d'hygiène de la ville de New York. <http://www.nyc.gov/html/doh/pdf/eode/fungi-french.pdf> - 225.7KB

- Nielsen, K.F., S. Gravesen, P.A. Nielsen, B. Andersen, U. Thrane et J.C. Frisvad, 1999. Production of mycotoxins on artificially and naturally infested building materials. *Mycopathologia*, 145(1) : 43-56.
- Nieminen, S.M., R. Karki, S. Auriola, M. Toivola, H. Laatsch, R. Laatikainen, A. Hyvarinen et A. Von Wright, 2002. Isolation and Identification of *Aspergillus fumigatus* Mycotoxins on Growth Medium and Some Building Materials. *Appl Environ Microbiol*, 68(10) : 4871-75.
- Nikulin, M., K. Reijula, B.B. Jarvis et E.L. Hintikka, 1996. Experimental lung mycotoxicosis in mice induced by *Stachybotrys atra*. *Int J Exp Pathol*, 77(5) : 213-18.
- Nikulin, M., K. Reijula, B.B. Jarvis, P. Veijalainen, E.L. Hintikka, 1997. Effects of intranasal exposure to spores of *Stachybotrys atra* in mice. *Fundam Appl Toxicol*, 35(2) : 182-88.
- Noble, J.A., S.A. Crow, D.G. Ahearn F.A Kuhn, 1997. Allergic fungal sinusitis in the southeastern USA: involvement of a new agent *Epicoccum nigrum* Ehrenb. ex Schlecht. 1824. *J Med Vet Mycol*, 35(6) : 405-9.
- Norbäck, D., E. Björnsson, C. Janson, U. Palmgren et G. Boman, 1999. Current asthma and biochemical signs of inflammation in relation to building dampness in dwellings. *Int J Tuberculosis Lung Dis*, 3(5) : 368-76.
- Norn, S., 1994. Microorganism-induced or enhanced mediator release : a possible mechanism in organic dust related diseases. *Am J Ind Med*, 25(1) : 91-5.
- Novotny, W.E. et A. Dixit, 2000. Pulmonary hemorrhage in an infant following 2 weeks of fungal exposure. *Arch Pediatr Adolesc Med*, 154(3) : 271-75.
- Page, E. H. et D.B. Trout, 1998. Mycotoxins and Building-Related Illness. *JOEM*, 40(9) : 761-763.
- Page, E.H. et D.B. Trout, 2001. The Role of *Stachybotrys* Mycotoxines in Building-Related Illness. *AIHAJ*, 62 : 644-648.
- Parameswaran, K., M. Joshi et P. Ravindran, 1999. Unusual radiological presentation and rapid fatal progression of invasive pulmonary aspergillosis in an immunocompetent young patient. *Respirology*, 4(3) : 287-90.
- Patel, A.M., J.H. Ryu et C.E. Reed, 2001. Hypersensitivity pneumonitis : current concepts and future questions. *J Allergy Clin Immunol*, 108(5) : 661-670.
- Peat, J.K., J. Dickerson et J. Li, 1998. Effects of damp and mould in the home on respiratory health : a review of the literature. *Allergy*, 53 : 120-28.
- Pepys, J., R. Riddell et K.M. Citron, 1998. Precipitins against extracts of hay and molds in the serum of patients with farmer's lung, aspergillosis, asthma, and sarcoidosis. *Thorax*, 17 : 366.
- Peterson, D.W., R.H. Penny, J.B. Day P.G. Mantle, 1982. A comparative study of sheep and pigs given the tremorgenic mycotoxins verruculogen and penitrem A. *Res Vet Sci*, 33(2) : 183-7.
- Pineau, S. et P. Comtois, 1989. Aerobiology-Health Environment : a Symposium. Édité par Paul Comtois, Université de Montréal.

- Pirhonen, I., A. Nevalainen, T. Husman, J. Pekkanen, 1996. Home dampness, moulds and their influence on respiratory infections and symptoms in adults in Finland. *Eur Respir J*, 9(12) : 2618-22.
- Pitt, J.I., J.C. Basílico, M.L. Abarca et C. Lopez, 2000. Mycotoxins and toxigenic fungi, *Med Mycol*, 38 (Suppl 1) : 41-6. Review.
- Raw, G.J., C.E. Aizlewood et R. M. Hamilton, 2001. *Building regulation, health and safety*. BRE, Centre for Safety, Health & Environment. 138 p. + annexe.
- Regnault, J.P., 1990. *Microbiologie générale*. Décarie Éditeur inc. 859 p .
- Reijula, K., 1996. Buildings with moisture problems a new challenge to occupational health care. *Scand J Work Environ Health*, 22 (1) : 1-3. Editorial.
- Ressources naturelles Canada, 1996. *Les problèmes d'humidité*. Fiche technique. 8 p.
- Rieman, H. et F.L. Bryan, 1979. *Food-borne infections and intoxications*, 2nd Edition. Academic Press.
- Robbins, C.A., L.J. Swenson, M.L. Neally, R.E. Gots et B.J. Kelman, 2000. Health effects of mycotoxins in indoor air: a critical review. *Appl Occup Environ Hyg*, 15(10) : 773-84.
- Roitt, I., J. Brostoff et D. Male, 1998. *Immunology*, 5th Edition. Mosby. 423 p.
- Rose, N.R. et H. Friedman editors, 1997. *Manual of clinical laboratory immunology*. 5th edition. Washington, DC: American Society for Microbiology. ASM Press. 1104 p.
- Ross, M.A., L. Curtis, P.A. Scheff, D.O. Hrhoczuk, V. Ramakrishnan, R.A. Wadden et V.W. Persky, 2000. Association of asthma symptoms and severity with indoor bioaerosols. *Allergy*, 55(8): 705-11.
- Rowan, N.J., C.M. Johnstone, R.C. McLean, J.G. Anderson et J.A. Clarke. 1999. Prediction of toxigenic fungal growth in buildings by using a novel modelling system. *Appl Environ Microbiol* 65(11) : 4814-21.
- Ruest, K., 2002. *Mold growth in houses : the obvious and not so obvious aspects of the problem*. Reference material. Canada Mortgage and Housing Corporation. 12 p.
- Ruotsalainen, R., N. Jaakkola et J.J. Jaakkola, 1995. Dampness and molds in day-care centers as an occupational health problem. *Int Arch Occup Environ Health*, 66(6) : 369-74.
- Rylander, R., 1994. Respiratory disease caused by bioaerosols – Exposure and diagnosis. Pp. 45-56. In Johanning E. et C.S. Yang, 1994. *Fungi and bacteria in indoor air environments – Health effects, detection and remediation*. Proceedings of the international conference, New York. Mount Sinai and Eastern New York occupational health program.
- Rylander, R., 1997a. *Microbial cell wall constituents and pulmonary disease*. ATS post-graduate course: Indoor air, symptoms, evaluation, diseases and management. San Francisco.
- Rylander, R., 1997b. Airborne (1,3)-beta-D-glucan and airway disease in a day-care center before and after renovation. *Arch Environ Health*, 52(4) : 281-285.
- Rylander, R., 1999. Indoor air-related effects and airborne (1→3)-β-D-glucan. *Environ Health Perspect*, Vol. 107(supp.3) : 501-3.

- Rylander, R., M. Norrhall, U. Engdahl, A. Tunsater et P.G. Holt, 1998. Airways inflammation, atopy, and 1-3-beta-D-glucan exposures in two schools. *Am J respir Crit Care Med*, 158 (5 pt 1) : 1685-87.
- Rylander, R. et R.H. Lin, 2000. (1,3)-beta-D-glucan - relationship to indoor air-related symptoms, allergy and asthma. *Toxicology*, 152(1-3) : 47-52. Review.
- Samson, R.A., 1985. Occurrence of moulds in modern living and working environments. *Eur J Epidemiol*, 1(1) : 54-61. Review.
- Samson, R.A., B. Flannigan, M.E. Flannigan, A.P. Verhoeff, O.C.D. Adan et E.S. Hoekstra, 1994. *Health implications of fungi in indoor environments*. Air quality monographs, vol.2. Amsterdam Elsevier publication. Pp. 189-248.
- Santé Canada, 1995a. *Contamination fongique dans les immeubles publics. Guide facilitant la détermination et la gestion des problèmes*. Comité fédéral-provincial de l'hygiène du milieu et du travail. 53 p. et annexes.
- Santé Canada, 1995b. *Guide technique pour l'évaluation de la qualité de l'air dans les immeubles à bureaux*. Rapport du Comité consultatif fédéral-provincial de l'Hygiène du milieu du travail. 63 p.
- Santé Canada, 1999. *Fiche technique santé-sécurité – matières infectieuses. Aspergillus spp.* Direction générale de la santé de la population et de la santé publique. 3 p.
- Santé Canada, 2001. *Infections nosocomiales chez les patients d'établissements de santé liées aux travaux de construction. Atténuer le risque d'aspergillose, de légionellose et d'autres infections*; Division des infections nosocomiales et professionnelles, Bureau des maladies infectieuses, Centre de prévention et de contrôle des maladies infectieuses, Direction générale de la santé de la population et de la santé publique (DGSPSP), 46 p.
- Santé et Bien-être social Canada, 1987. *Signification de la présence de champignons dans l'air à l'intérieur des édifices : Rapport d'un groupe de travail*. Groupe de travail sur les champignons dans l'air des maisons. L'association canadienne de santé publique. Vol. 48. S15-S32.
- Savilahti, R., J. Uitti, P. Laippala, T. Husman et P. Roto, 2000. Respiratory Morbidity among Children Following renovation of a Water-damaged School. *Arch Environ Health*, 55(6) : 405-410.
- Schryler, M., K. Gott et A. Cherne, 1998. Effect of glucan on murine lungs. *J Toxicol Environ Health*, 53(6) : 493-505.
- Schuyler, M.R., 2001. Are polymorphisms the answer in hypersensitivity pneumonitis ? *Am J Respir Crit Care Med*, 163(7) : 1513-4.
- Schuyler, M.R., K. Gott, G. Shopp et L. Crooks, 1991. Experimental hypersensitivity pneumonitis : suppressor cell influences. *Exp Lung Res*, 17(5) : 903.
- Seitz, T.A, 1989. NIOSH indoor air quality investigations: 1971-1988. *Proceedings of the Indoor Air Quality International Symposium*, May 23, 1989. Cincinnati, OH. National Institute for Occupational Safety and Health.

- Selgrade, M.K., D.A., Lawrence, S.E. Ullrich, M.I. Gilmour, M.R.Schuyler et I. Kimber, 1997. Modulation of T-helper cell populations: potential mechanisms of respiratory hypersensitivity and immune suppression. *Toxicol Appl Pharmacol*, 145(1) : 218-29.
- Seltzer, J.M., 1994. Building-related illnesses. *J Allergy Clin Immunol*, 94(2 Pt 2) : 351-61. Review.
- Seuri, M., K. Husman, H. Kinnunen, M. Reiman, R. Kreuz, P. Kuronen, K. Lehtomäki et M. Paananen, 2000. An Outbreak of Respiratory Diseases among Workers at a Water-Damaged Building- A Case Report. *Indoor Air*, 10(3) : 138-145.
- Shahan, T.A., W.G. Sorenson et D.M. Lewis, 1994. Superoxide anion production in response to bacterial lipopolysaccharide and fungal spores implicated in organic dust toxic syndrome. *Environ Res*, 67(1) : 98-107.
- Shahan, T.A., W.G. Sorenson, J.D. Paulauskis, R. Morey et D.M. Lewis, 1998. Concentration-and time-dependent upregulation and release of the cytokines MIP-2, KC, TNF, and MIP-1alpha in rat alveolar macrophages by fungal spores implicated in airway inflammation. *Am J Respir Cell Mol Biol*, 18(3) : 435-40.
- Smedje, G. et D. Norbäck, 2000. New ventilation systems at select schools in Sweden. Effects on Asthma and Exposure. *Arch Environ Health*, 55(1) : 18-25.
- Smedje, G. et D. Norbäck, 2001. Incidence of asthma diagnosis and self-reported allergy in relation to the school environment-a four-year follow-up study in school children. *Int J Tuberc Lung Dis*, 5(11) : 1059-66.
- Smith, T.A. et K.P. Lumley, 1996. Work-related asthma in a population exposed to grain, flour and other ingredient dusts. *Occup Med (Lond)*, 46(1) : 37-40.
- Sobotka, T.J., R.E. Brodie et S.L. Spaid, 1978. Neurobehavioral studies of tremorgenic mycotoxins verruculogen and penitrem A. *Pharmacology*, 16(5) : 287-94.
- Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL), 1992. *Inspection, diagnostic et traitement d'un sous-sol humide*. LNH 6542. pagination multiple.
- Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL), 1993. *Élimination de la moisissure dans les maisons*. LNH 6754. 36 p.
- Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL), 1994. *Nettoyer sa maison après une inondation*. LNH 6790. 46 p.
- Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL), 1995a. *L'air et l'humidité. Problèmes et solutions*. Petit guide pratique. LNH 5969. 29 p. (révision, 2002)
- Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL), 1995b. Mesurer l'humidité de votre maison. Avez-vous un problème d'humidité ? *Série Votre maison*. 6 p.
- Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL), 1998. *Votre maison vous rend-elle malade ? Le point sur les moisissures dans les habitations*. Communiqué, 3 décembre 1998.
- Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL), 2001. *Guide sur la moisissure à l'intention des propriétaires-occupants*. SCHL-CMHC. 17 p.

- Sorenson, W.G., 1999. Fungal spores : hazardous to health? *Environ Health Perspect*, 107 (Suppl 3) : 469-72. Review.
- Sorenson, W.G. et D.M. Lewis, 1996. *Organic dust toxic syndrome*, In Samson M. et al. editors. Pp. 325-343. Health implications of fungi in indoor environments. Elsevier.
- Stetzenbach, L.D. et Buttner M.P., 2000. *Airborne Microorganisms and Indoor Air Quality*, Pp.116-125, In Encyclopedia of Microbiology, Vol.1, Second Edition, Academic Press. Rockefeller University.
- Strachan, D.P., B. Flannigan, E.M. McCabe et F. McGarry. 1990. Quantification of airborne moulds in the homes of children with and without wheeze. *Thorax*, 45(5) : 382-87.
- Su, H.J., P.C. Wu, C.Y. Lin, 2001. Fungal exposure of children at homes and schools : a health perspective. *Arch Environ Health*, 56(2) : 144-9.
- Sudakin, D.L., 1998. Toxigenic fungi in a water-damaged building : an intervention study. *Am J Ind Med*, 34(2) : 183-90. Summerbell, R.C., F. Staib, D.G. Ahearn, M. Ando, L. Ajello, S.A. Crow, D. Fung, T. Gregor, J. Noble, D.L. Price et al., 1994. Household hyphomycetes and other indoor fungi. *J Med Vet Mycol*, 32 (Suppl. 1) : 277-86.
- Targonski, P.V., V.W. Persky et V. Ramekrishnan, 1995. Effect of environmental molds on risk of death from asthma during the pollen season. *J Allergy Clin Immunol*, 95(5 Pt 1) : 955-61.
- Taskinen, T. A. Hyvarinen, T. Meklin, T. Husman, A. Nevalainen et M. Korppi, 1999. Asthma and respiratory infections in school children with special reference to moisture and mold problems in the school. *Acta Paediatr*, 88(12) : 1373-9.
- Taskinen, T.A., T. Meklin, M. Nousiainen, T. Husman, A. Nevalainen et M. Korppi, 1997. Moisture and mould problems in schools and respiratory manifestations in school children : clinical and skin test findings. *Acta Paediatr*, 86 : 1181-87.
- Thorn, A., M. Lewne et L. Belin, 1996. Allergic alveolitis in a school environment. *Scand J Work Environ Health*, 22(4) : 311-4.
- Thorn, J. et R. Rylander, 1998. Airways inflammation and glucan in a rowhouse area. *Am J Critical Care Med*, 157 : 1798-1803.
- Thorn, J., J. Brisman et K. Toren, 2001. Adult-onset asthma is associated with self-reported mold or environmental tobacco smoke exposures in the home. *Allergy*, 56(4) : 287-92.
- Tobin, R.S. E. Baranowski, A. P. Gilman, T. Kuiper-Goodman, J.D. Miller et M. Giddings, 1987. Signification de la présence de champignons dans l'air intérieur des édifices : Rapport d'un groupe de travail. *Revue canadienne de santé publique*; Vol. 78 : S15-S32.
- Tomlinson, J.R. et S.A. Sahn, 1987. Aspergilloma in sarcoid and tuberculosis. *Chest*, 92(3) : 505-8.
- Tripi, P.A., S. Modlin, W.G. Sorenson et D.G. Dearborn, 2000. Acute pulmonary haemorrhage in an infant during induction of general anaesthesia. *Paediatr Anaesth*, 10(1) : 92-4.
- Trout, D., J. Bernstein, K. Martinez, R. Biagini et K. Wallingford, 2001. Bioaerosol lung damage in a worker with repeated exposure to fungi in a water-damaged building. *Environ Health Perspectives*, 109(6) : 641-44.

- Tsongas, P.F., 1994. The health care industry's challenge. *Health Systems Review*, 27(3) : 7-10.
- Verhoeff, A.P. et H.A. Burge, 1997. Health risk assessment of fungi in home environments. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology*, 78(6) : 544-56. Review article.
- Vesper, S., D.G. Dearborn, I. Yike, T. Allan, J. Sobolewski, S.F. Hinkley, B.B. Jarvis et R.A. Haugland, 2000. Evaluation of *Stachybotrys chartarum* in the house of an infant with pulmonary hemorrhage: quantitative assessment before, during, and after remediation. *J Urban Health*, 77(1) : 68-85.
- Walinder, R., G.Wieslander, D. Norbäck, B. Wessen et P. Venge, 2001. Nasal lavage biomarkers : Effects of water damage and microbial growth in an office building. *Arch Environ Health* 56(1) : 30-6.
- Wark, P.A. et P.G. Gibson, 2001. Allergic bronchopulmonary aspergillosis : new concepts of pathogenesis and treatment. *Respirology*, 6(1) : 1-7.
- Warnock, D.W., R.A.Hajjeh et B.A. Lasker, 2001. Epidemiology and Prevention of Invasive Aspergillosis. *Curr Infect Dis Rep*, 3(6) : 507-516.
- Weber, S., G. Kullman, E. Petsonk, W.G. Jones, S. Olenchock, W. Sorenson, J. Parker, R. Marcelo-Baciu, D. Frazer et V. Castranova, 1993. Organic dust exposures from compost handling: case presentation and respiratory exposure assessment. *Am J Ind Med*, 24(4) : 365-74.
- Weisel, C.P., 2002. Assessing exposure to air toxics relative to asthma. *Environ Health Perspect*, 110 Suppl 4 : 527-37.
- Westney, G.E., S. Kesten, A. De Hoyos, C. Chapparro, T. Winton et J.R. Maurer, 1996. *Aspergillus* infection in single and double lung transplant recipients. *Transplantation*, 61(6) : 915-9.
- Wilkins, C.K. S.T. Larsen, M. Hammer, O.M. Poulsen, P. Wolkoff et G.D. Nielsen, 1998. Respiratory effects in mice exposed to airborne emissions from *Stachybotrys chartarum* and implications for risk assessment. *Pharmacol Toxicol*, 83(3) : 112-19.
- Williamson, I.J., C.J. Martin, G. McGill, R.D. Monie et A.G. Fennerty, 1997. Damp housing and asthma : a case-control study. *Thorax*, 52(3) : 229-234.
- World Health Organization (WHO), 1999. *Guidelines for Air Quality*. Geneva. 143 p. + annexes.
- World Health Organization (WHO), 2000. *Human exposure assessment. Environmental health criteria, No.214*. 375 p.
- Yamasaki, H., M. Ando, T. Sakata, S. Araki et K. Onoue, 1990. Importance of serotype-related antigen in the induction of experimental hypersensitivity pneumonitis by *Trichosporon cutaneum* in rabbits. Correlation between granulomatous alveolitis and cellular and humoral immune responses to polysaccharide-rich antigen. *Am Rev Respir Dis*, 141(3) : 734-42.
- Yang, C. S. et E. Johannig, 1997. *Airborne Fungi and Mycotoxins*; pp : 651-660 in C.J. Hurst, G.R. Knudson, M.J. McInerney, L.D. Stetzenbach et M.V. Walter; *Manual of Environmental Microbiology*; ASM Press, Washington, D.C.

- Yoshizawa, Y., T. Furuie, Y. Otani, Y. Sumi, M. Sawada, T. Umino, N. Inase et S. Miyake S., 2001. Symposium on molecular pathogenesis of respiratory diseases and its clinical implication. 3. Immunological lung disease-recent advances in the pathogenesis of hypersensitivity pneumonitis. *Intern Med*, 40(2) : 164-7.
- Zwick, H., W. Popp, O. Braun, T. Wanke et C. Wagner, 1991. Personal spore sampling and indirect immunofluorescent test for exploration of hypersensitivity pneumonitis due to mould spores. *Allergy*, 46(4) : 277-83.

ANNEXE 1

CRITÈRES DE CAUSALITÉ SELON BRADFORD HILL

Annexe 1 : Critères de causalité selon Bradford Hill

Le fait d'observer une association statistique, spatiale ou temporelle entre une exposition (E) et une maladie (M) n'implique pas que E en soit la cause. Sir Austin Bradford Hill a présenté en 1965 une méthodologie permettant de distinguer les relations causales des associations non causales. Selon la méthode qu'il propose, il faut vérifier si l'ensemble des connaissances recueillies répondent ou non à neuf critères d'un lien causal. Cependant, aucun de ces critères n'est strictement nécessaire pour qu'une relation soit causale, sauf celui de la cohérence chronologique. Par surcroît, le fait de rencontrer un de ces critères n'implique pas nécessairement qu'il y ait causalité.

- 1) **Force de l'association** : dans une étude épidémiologique, plus la mesure d'association (ex. : risque relatif) est forte (c'est-à-dire éloignée de la valeur nulle), plus l'association a des chances d'être causale. Lorsqu'une association est forte, il y a moins de probabilités qu'elle soit expliquée uniquement par le hasard ou par des biais.
- 2) **Constance de l'association** : l'association est observée de façon constante dans différentes populations et dans des circonstances variables (ex. : types d'études différents, pays et époques variés, espèces animales différentes, etc.) ; les résultats doivent aussi être consistants à l'intérieur d'une même étude.
- 3) **Spécificité** : le facteur de l'exposition est spécifique de la maladie. En d'autres mots, E ne cause que M et n'est pas la cause de multiples maladies. En pratique, ce critère de causalité est peu souvent rencontré.
- 4) **Cohérence chronologique** : la cause doit nécessairement précéder l'effet dans le temps. Ce critère est difficilement vérifiable dans les études transversales. De même, il est plus difficile à vérifier dans les études rétrospectives, où l'exposition est déterminée une fois la maladie survenue, que dans les études prospectives. Lorsque les données d'une étude prospective ne sont pas disponibles, le critère de gradient biologique peut fournir une information temporelle complémentaire lorsque le retrait de l'exposition entraîne la diminution ou la disparition des symptômes.
- 5) **Gradient biologique (relation dose-réponse)** : lorsqu'il existe une véritable relation causale dans une association, on s'attend à ce que l'association augmente avec l'intensité et la durée de l'exposition. Par contre, une association peut être causale même en l'absence de cette relation dose effet. Ceci est vrai entre autres lorsque qu'il y a un seuil dichotomique à l'exposition : sous le seuil, il y a absence d'effet tandis qu'au-dessus de celui-ci, il y a présence d'effet. Par ailleurs, la présence d'une relation dose-effet n'implique pas nécessairement qu'il y ait causalité. Une telle relation peut être expliquée par d'autres facteurs (ex. : par un facteur dit « confondant » qui serait associé selon une relation dose-effet avec la maladie).

La relation dose-réponse peut donc se définir comme la relation entre la sévérité de la réaction ou de la pathologie avec la concentration de l'exposition, sa durée ou sa fréquence. Il arrive que la définition de la relation dose-réponse dépasse l'augmentation de l'effet mesurable chez un seul sujet donné. Le terme dose-réponse peut alors qualifier l'effet de seuil au-delà duquel plusieurs sujets réagiront ; il s'agit de la relation entre la prévalence des problèmes de santé et l'augmentation de la dose d'exposition.

- 6-7) Plausibilité biologique et cohérence avec les connaissances biomédicales :** l'association est compatible avec ce qui est connu de la nature de l'exposition et de celle de la maladie. Ceci se vérifie lorsque les données provenant des études animales, l'explication du mécanisme biologique du problème, les connaissances de l'histoire naturelle de la maladie ainsi que les propriétés de l'agent en cause sont cohérentes.
- 8) Évidence expérimentale :** l'association est vérifiée par des études expérimentales (animales ou humaines), qui démontrent soit qu'en exposant des sujets à E, on cause l'apparition de M, soit qu'en retirant E, on diminue l'incidence de M. L'évidence expérimentale chez l'homme est rare et difficile à observer. Les extrapolations de l'animal à l'homme, quant à elles, sont parfois difficiles à réaliser.
- 9) Analogie :** l'élément de preuve par analogie existe lorsque des associations de nature semblable ont été démontrées comme étant causales, c'est-à-dire, par exemple, lorsqu'une substance différant peu de celle qui nous intéresse, a été identifiée comme l'agent causal d'anomalies semblables à celle sous étude ou que la substance qui nous intéresse a été identifiée comme agent causal de l'anomalie sous étude dans des circonstances d'expositions différentes (ex. : ingestion au lieu d'inhalation).

Source : Hôpitaux Universitaires de Genève, La Maternité de Genève, 2000.
<http://matweb.hcuge.ch/obst/Lecture/causalite.htm>

ANNEXE 2

ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE

- 2.1 Données à recueillir lors d'une évaluation environnementale de base**
- 2.2 Modèle de grille pour l'inspection visuelle de dégâts d'eau et de contamination fongique**
- 2.3 Étapes de collecte, de transport et d'analyse en laboratoire**
- 2.4 Inspection détaillée d'un bâtiment lors d'une contamination microbienne**

Annexe 2.1 : Données à recueillir lors d'une évaluation environnementale de base

- historique, structure et environnement du bâtiment
 - année de construction ;
 - type de bâtiment ;
 - direction des vents dominants ;
 - particularités du terrain et du voisinage du bâtiment ;
 - sens de l'écoulement des eaux pluviales et de drainage ;
 - dates (années) de rénovations majeures et de réfection de la toiture ;
 - ajouts d'annexes (permanentes ou temporaires) ;
 - nature du chauffage, de la ventilation, de la climatisation.
- identification des événements, des problèmes récurrents ou chroniques
 - dates, nature et ampleur des dégâts d'eau et des inondations ;
 - date, lieu et durée des problèmes chroniques d'infiltration ;
 - date, lieu et durée des problèmes chroniques d'humidité relative excessive ;
 - sinistres, modification de la ventilation, chauffage, etc.
- visite sommaire des lieux^{34, 35}
 - vérification sommaire de l'état du bâtiment (intérieur et extérieur) ;
 - vérification sommaire de l'état des équipements de chauffage, ventilation et climatisation (CVCA)³⁶ ;
 - estimation de l'étendue de la contamination visible et non visible, en extrapolant à partir des signes de dégâts d'eau et d'accumulation de poussières aux entrées et sorties des CVCA.

³⁴ Il est important de noter qu'à toutes les étapes de l'évaluation environnementale, les personnes effectuant l'inspection ou les échantillonnages doivent être conscientes des dangers d'exposition et autres risques d'accidents et que par conséquent, elles doivent se doter de l'équipement de protection personnelle approprié.

³⁵ Les diverses observations effectuées lors de la visite sommaire des lieux seront idéalement notées sur une grille d'inspection (voir le modèle présenté à l'annexe 2.2)

³⁶ En anglais, HVAC.

Annexe 2.2 : Modèle de grille pour l'inspection visuelle de dégâts d'eau et de contamination fongique

Heure d'arrivée : _____ **Inspecteur :** _____ **Assistant :** _____
Temps : _____ **Vents dominants :** _____ **Vents ce jour :** force _____ direction _____
T°C ext. : _____ **% HR ext. :** _____ **Dernière pluie :** date _____
T°C int. : _____ **% HR int. :** _____ **Lieux occupés :** oui non

À compléter sur 1^{ère} page seulement

À compléter pour chaque pièce inspectée

Pièce # : _____ **Étage :** _____ **Usage de la pièce :** _____

État général de la pièce

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Aucun dommage ni contamination fongique apparent | <input type="checkbox"/> Rénovation incomplète |
| <input type="checkbox"/> Rénovation récente, pièce en bon état | <input type="checkbox"/> Accumulation de produits celluloseux |
| <input type="checkbox"/> Odeur de moisi | <input type="checkbox"/> Apparence de contamination fongique |
| <input type="checkbox"/> Dommages apparents | |

Type de plafond

- | | | | | |
|--|---|---|---------------------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Plâtre | <input type="checkbox"/> Placoplâtre/gypse | <input type="checkbox"/> Panneaux de pré-fini | <input type="checkbox"/> Papier peint | <input type="checkbox"/> Tissu |
| <input type="checkbox"/> Stucco | <input type="checkbox"/> Tuiles acoustiques | <input type="checkbox"/> Planche de bois | <input type="checkbox"/> Ciment | |
| <input type="checkbox"/> Autre : _____ | | | | |
| <input type="checkbox"/> Réparations récentes visibles : _____ | | | | |

Type de murs

- | | | | | |
|--|--|---|--|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Plâtre | <input type="checkbox"/> Placoplâtre/gypse | <input type="checkbox"/> Panneaux de pré-fini | <input type="checkbox"/> Papier peint | <input type="checkbox"/> Tissu |
| <input type="checkbox"/> Stucco | <input type="checkbox"/> Aggloméré de bois | <input type="checkbox"/> Planche de bois | <input type="checkbox"/> Blocs de ciment | |
| <input type="checkbox"/> Briques | <input type="checkbox"/> Pierres | | | |
| <input type="checkbox"/> Autre : _____ | | | | |
| <input type="checkbox"/> Réparations récentes visibles : _____ | | | | |

Si l'intérieur des murs est accessible, type d'isolant

- | | | |
|--|--|---|
| <input type="checkbox"/> Fibre de verre en lisière | <input type="checkbox"/> Flocon de fibre minéral | <input type="checkbox"/> Flocon de papier |
| <input type="checkbox"/> Mousse en panneau (Styrofoam) | <input type="checkbox"/> Mousse injectée | <input type="checkbox"/> Autre: _____ |

État de l'isolant, si visible

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Usagé, en bon état | <input type="checkbox"/> Usagé, poussiéreux |
| <input type="checkbox"/> Complètement remplacé récemment | <input type="checkbox"/> Remplacé à certains endroits récemment |
| <input type="checkbox"/> Absent à certains endroits | <input type="checkbox"/> Compacté |
| <input type="checkbox"/> Taché ou décoloré à certains endroits | <input type="checkbox"/> Humide |

Type de plancher

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Bois | <input type="checkbox"/> Présence d'un tapis |
| <input type="checkbox"/> Ciment, terrazzo, autre matériau monolithique | |
| <input type="checkbox"/> Tuiles de céramique ou argile, pierres, autre matériau en sections | |
| <input type="checkbox"/> Tuiles de vinyle ou autre produit synthétique en sections | |
| <input type="checkbox"/> Présence d'un autre revêtement : _____ | |
| <input type="checkbox"/> Réparations récentes visibles : _____ | |

Ventilation

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Aucune (pièce close, sans échange d'air) | <input type="checkbox"/> Naturelle (fenêtre, vasistas, bouche d'aération) |
| <input type="checkbox"/> Ventilation forcée (entrée et/ou sortie) | <input type="checkbox"/> Ventilateur de plafond |

Équipement(s) d'appoint en fonction dans la pièce

- | | | |
|--------------------------------------|--|---|
| <input type="checkbox"/> Climatiseur | <input type="checkbox"/> Déshumidificateur | <input type="checkbox"/> Humidificateur |
|--------------------------------------|--|---|

N° de la pièce : _____

Grille d'inspection visuelle

Observations	Plafond	Murs	Fenestration	Note	Photo #
Présence de cloques ou craquelures					
Présence de gonflement					
Présence de fissures					
Présence de taches d'humidité					
Présence de taches compatibles avec des moisissures :					
• de couleur noire					
• de couleur brune					
• de couleur verte					
• couleur mauve/fuchsia					
• de couleur mixte					

Plancher

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Taches d'humidité | <input type="checkbox"/> Rapiécage dans le revêtement |
| <input type="checkbox"/> Revêtement partiellement décollé | <input type="checkbox"/> Endroits décolorés |
| <input type="checkbox"/> Vernis, peinture écaillé | <input type="checkbox"/> Gonflement |
| <input type="checkbox"/> Moisissures, Photo #: _____ | <input type="checkbox"/> Fissures |

	Surface totale contaminée	Pourcentage de la surface recouverte par des moisissures (présümées)			
		Quelques moisissures éparses	Moins de 10 %	Moins de 50 %	Plus de 50 %
Plafond					
Mur le plus contaminé					
Plancher					

Remarques :

Inspecteur: _____ **Date (AA/MM/JJ):** ___ / ___ / ___

Source : Ozanne et d'Halewyn (1998). Modèle de grille pour l'inspection visuelle de dégâts d'eau et de contamination fongique. Grille utilisée dans la cadre d'une formation.

Annexe 2.3 : Étapes de collecte, de transport et d'analyse en laboratoire

A. Méthodes de collecte

Pour bien orienter la stratégie de prélèvements, il est important de considérer les faits suivants :

- les éléments fongiques non viables sont tout aussi irritants, immunogènes, allergènes ou toxiques que les éléments des mêmes espèces viables décelables par culture ;
- même si les cultures d'éléments viables facilitent parfois l'identification des espèces de moisissures présentes, les examens directs permettent de mettre en évidence la présence de toutes formes de moisissures (viables et non viables), permettent parfois même, l'identification jusqu'au genre ;
- les examens directs permettent de plus une évaluation semi-quantitative de la densité de la contamination dans la zone prélevée.

Il existe deux principaux types de prélèvements environnementaux :

1. les prélèvements d'air (mesure quantitative et qualitative) se font généralement à l'aide d'appareil à débit contrôlé prélevant un volume d'air déterminé sur une courte période de temps. Lorsque ces analyses se font par culture, les résultats s'expriment en nombre d'unités viables par mètre cube d'air et permettent de mesurer les éléments viables.
2. les prélèvements de surface, permettant d'identifier les moisissures viables et/ou les moisissures non viables (mesure semi-quantitative et qualitative). Les échantillonnages de surface peuvent s'accomplir de différentes façons selon le but de l'échantillonnage et selon la nature de la surface à échantillonner. Les buts de l'échantillonnage peuvent être :
 - l'identification des éléments viables et non viables par un examen direct ;
 - l'identification au moyen d'une culture;
 - vérification de la viabilité des moisissures.

Les méthodes les plus souvent utilisées sont :

- le transfert sur pellicule autocollante ;
- le prélèvement par badigeonnage, grattage au moyen d'un écouvillon ou ;
- le découpage et le prélèvement d'un morceau de matériau contaminé aussi appelé « échantillon brut ».

Pellicule autocollante

On peut effectuer des transferts de la zone contaminée sur pellicule autocollante pour des examens directs. Dans ce cas, une pellicule est appliquée directement sur une surface où l'on soupçonne la présence d'une contamination. La pellicule est ensuite retirée, puis scellée et expédiée au laboratoire. Un examen microscopique effectué directement sur cette pellicule permet de vérifier la présence d'éléments fongiques et dans la majorité des cas, d'identifier le genre et parfois l'espèce auxquels ces moisissures appartiennent (d'Halewyn et Ozanne, à paraître).

Grattage ou écouvillonnage de la surface

On peut aussi recueillir le matériel compatible avec de la contamination fongique par grattage ou écouvillonnage de la surface : une partie du matériel ainsi recueilli pourra être mis en culture au laboratoire tandis qu'une autre partie sera examinée directement au microscope afin d'évaluer, au moins semi-quantitativement, la proportion d'éléments fongiques présents dans le prélèvement.

Prélèvements d'échantillons bruts

Dans certains cas, un fragment des matériaux contaminés pourra être ramené au laboratoire afin d'effectuer une gamme d'analyses complète sur ces matériaux et la contamination présumée. À partir de fragments prélevés, il est possible de faire les analyses suivantes :

- examen direct au microscope afin de confirmer la nature et l'ampleur de la contamination des matériaux ;
- mise en culture des fragments ;
- exceptionnellement, étude de la présence de toxines dans les matériaux et dans les moisissures. En effet, il peut être nécessaire de connaître la capacité toxigène des moisissures présentes, en plus de la quantité et des espèces présentes. Cependant, il ne faut pas oublier que dans des conditions expérimentales de laboratoire, cette capacité peut être différente de celles retrouvée *in situ*. De plus, dans ces conditions, de très rares laboratoires universitaires possèdent l'expertise nécessaire pour mesurer la présence de toxines dans les matériaux contaminés d'origine. La plupart du temps, il est suffisant d'identifier la moisissure au genre et à l'espèce pour en connaître le pouvoir toxigène présumé.

Autres prélèvements

Certains laboratoires suggèrent des mesures quantitatives de moisissures présentes dans les « poussières déposées ». Ces analyses peuvent fournir un bon aperçu de la contamination de l'air ambiant tel que mesurée sur une période de temps équivalente à celle nécessaire pour accumuler cette poussière. Par contre, il est important de noter que si cette poussière déposée se retrouvait dans des circonstances favorisant la multiplication des moisissures après dépôt (humidité relative élevée, présence de matière organique), ces analyses dites quantitatives mèneront forcément à une surévaluation importante du risque d'exposition puisqu'on mesurera non seulement les spores de l'air qui se sont déposées mais surtout leur très nombreuse progéniture. Ces décomptes pourraient représenter une concentration de 1 à 10 000 fois supérieure à la concentration d'origine. L'interprétation de ces résultats et l'inférence qui peut en être tirée doivent être effectuées avec la plus grande prudence.

B. Transport et conservation

Pour que les analyses de laboratoires puissent donner des résultats qualitatifs et quantitatifs qui soient représentatifs de la contamination du site prélevé, il est important une fois les échantillons prélevés de :

- utiliser des contenants stériles (ou du moins très propres) pour les échantillons de surface, bruts ou sur écouvillons ;
- sceller tous les échantillons dès leur prélèvement pour prévenir la contamination ultérieure ;
- conserver au sec et au réfrigérateur les prélèvements non ensemencés, pour empêcher l'amplification du spécimen ;
- transporter rapidement au laboratoire les échantillons de surface pour empêcher une perte de viabilité de l'échantillon ou une dénaturation des structures, ce qui empêcherait une bonne identification ;
- transporter rapidement au laboratoire les échantillons d'air sur gélose, pour empêcher que des colonies en début de croissance ne se disséminent et augmentent faussement le nombre d'unité viable lors du décompte.

Il est préférable d'expédier rapidement au laboratoire tous les prélèvements faits lors d'une visite. Mais les prélèvements de surface, s'ils sont déjà secs in situ, peuvent être conservés au sec au réfrigérateur pour quelques heures (voire même quelques jours) avant d'être expédiés au laboratoire.

C. Analyses de laboratoire

Les analyses de laboratoire peuvent être quantitatives (ex. : nombre d'unités viables par mètre cube d'air, UFC/ m³), semi-quantitatives (ex. : présence très abondante d'éléments fongiques à l'examen directe) ou encore qualitatives (ex. : présence d'un genre et d'une espèce donnée, *Aspergillus versicolor*), ou une combinaison de ces possibilités (voir le tableau 1).

Tableau 1 : Principales analyses de laboratoire disponibles pour l'évaluation de la contamination fongique de l'environnement intérieur

Type d'analyse	Échantillon	Méthode	Expression du résultat
Quantitatif	Air	Impacteur jaugé + culture	UFC / m ³
	Air	Impacteur sur lame (Burkard)	Spores / m ³
	Filtres	Suspension + dilutions	UFC / cm ²
	Surfaces	Plaque contact ou impacteur jaugé + examen microsc.	UFC / cm ²
	Poussières	Suspension + dilutions	UFC / m ³
Semi-quantit.	Brut	Suspension + dilutions	UFC / g
		Suspension + dilutions	UFC / cm ² ou /cm ³
Semi-quantit.	Surface	Pellic. auto-collante + examen micr.	Échelle 0,1+ à 3+ ³⁷
Qualitatif	Tout échantillon	Pellic. auto-collante + examen mic.; Culture; Examen micr. de tout échantil.	Genre, espèce
Moléculaire	Matériaux bruts	Chromatographie	Pouvoir cytotoxique 1+ à 3+ ³⁸ Toxine spécifique : <i>nom</i>

³⁷ Échelle semi-quantitative basée sur une moyenne de lecture de 10 champs à 40 x ou 65 x : aucun fragment fongique = 0; 1 à 10FF/champ = 1+ ; 10 à 20 = 2+ ; 20 et plus = 3+.

Les décomptes effectués à partir d'échantillon d'air

- Un échantillon est prélevé par impacteur (Andersen ou autre³⁹), avec vide appliqué à 28 L/min., pendant 2 à 10 minutes selon la concentration présumée ;
- Sur gélose permettant la croissance de l'ensemble des espèces (ex. : extrait de malt) ou réduisant la taille des colonies (ex. : DG-18) et bactéricide (ex. : rose de Bengale) ;
- Incubé à la température de la pièce, pendant 7 jours ;
- Les lectures sont faites à 4 jours, puis à 7 jours ;
- Le décompte global et le décompte pour chaque type de colonie (basé sur la macro-morphologie) est consignée au 4^e jour puis au 7^e; celui du 7^e est conservé à moins qu'il n'y ait eu croissance envahissante ;
- L'identité de chaque moisissure macroscopiquement différente est vérifiée par microscopie.

Les cultures

- Selon le type d'échantillonnage, le spécimen peut être soit appliqué directement sur la gélose, soit broyé puis dispersé, ou encore mis en suspension dans un bouillon et étalé sur pétri suivant ou non des dilutions sériées. Les écouvillons sont roulés directement sur les géloses ;
- Sur gélose permettant la croissance de l'ensemble des espèces généralement trouvées dans ces circonstances (ex. : extrait de malt) ou réduisant la taille des colonies (ex. : DG-18) et bactéricide (ex. : rose de Bengale) selon la contamination présumée ;
- Incubé à température de la pièce, pendant 7 jours, les lectures étant faites à 4 jours puis à 7 jours ;
- Les examens microscopiques sont effectués pour chaque typw de colonie (basé sur la macro-morphologie) ; consignée au 4^e jour puis au 7^e jour, ou jusqu'à maturité de la colonie (fructification).

Les examens directs

L'identification au genre ou à l'espèce et même dans plusieurs cas, la simple confirmation de la présence d'une moisissure, nécessitent un examen microscopique en laboratoire. On peut examiner soit des parcelles de matériaux contaminés, des grattages de surface, des empreintes sur pellicule autocollante de matériaux contaminés, ou des moisissures cultivées sur milieux synthétiques à partir d'échantillons d'air ou de prélèvements de surface. Une préparation appropriée du matériel déposé entre lames et lamelles dans une goutte d'eau ou de colorant, est examinée au microscope.

L'apparence et la disposition de l'ensemble des mycéliums, la morphologie et la disposition des spores, la morphologie des cellules spécialisées produisant les spores, la couleur la texture et la dimension de toutes les structures observées sont consignées sur des fiches de travail. Tous ces éléments font partie des critères taxonomiques nécessaires à l'identification des moisissures.

Source : Protocole interne du Laboratoire de santé publique du Québec

³⁸ Selon le laboratoire du professeur Gareis, Allemagne

³⁹ S'il s'agit d'un échantillonneur autre que de type Andersen, se référer au protocole du manufacturier.

Annexe 2.4 : Inspection détaillée d'un bâtiment lors d'une contamination microbienne

Texte tiré du document « Les bioaérosols en milieu de travail : guide d'évaluation de contrôle et de prévention » par N. Goyer, J. Lavoie, L. Lazure et G. Marchand, Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST), 2001. Section 2.2.2 pages 29 à 35

Trois éléments favorisent la prolifération microbienne dans un environnement de travail a) la source microbienne, b) les nutriments et c) l'eau. En présence de ces éléments il est recommandé d'élaborer une démarche de prévention pour minimiser les risques de croissance indue. Le contrôle de l'apport hydrique s'avère généralement comme étant le moyen le plus efficace pour limiter la croissance. L'omniprésence des microbes dans notre environnement et la présence de nombreux matériaux et autres substrats nutritifs limitent les possibilités d'intervention rapide et efficace à ces niveaux.

De façon générale, l'humidité accumulée dans un bâtiment provient 1) des activités normales des occupants ou des procédés, 2) de l'infiltration d'eau sous forme liquide ou vapeur par les interstices de l'enveloppe extérieure, 3) de l'humidité accumulée dans les matériaux de construction, 4) de la libération graduelle, en hiver, de l'humidité absorbée dans les meubles et les matériaux, pendant la période estivale et 5) de la migration de l'humidité du sol par les murs et la dalle de plancher du sous-sol.

L'étape initiale de la démarche d'intervention consiste à procéder à une inspection préliminaire du milieu de travail. Elle permet en outre de colliger des informations variées sur les activités qui ont cours dans le bâtiment, la nature des procédés, le fonctionnement général des systèmes de ventilation, le réseau de plomberie et l'aménagement extérieur. Ces données seront au besoin complétées par l'ajout d'informations spécifiques relatives aux composants du système de chauffage, de ventilation et de conditionnement de l'air (CVCA), incluant sa logique d'opération, à l'enveloppe du bâtiment et aux paramètres hydrauliques du sous-sol. Les occupants du bâtiment ainsi que le personnel technique affecté au fonctionnement et à l'entretien des équipements doivent être mis à contribution lors de cette évaluation.

Dans bien des cas, ces premières interventions auront permis d'identifier l'origine de l'eau soit par l'observation d'infiltration, de fuites, de suintement ou de signes tels que bois noirci et cernes.

Il est indispensable de documenter l'historique du bâtiment notamment en ce qui a trait aux infiltrations d'eau antérieures, refoulements d'égouts, inondations, incendies, poussières ainsi que les techniques de nettoyage utilisées lors de tels événements.

L'eau et la vapeur d'eau peuvent également entraîner une diminution de la résistance thermique des matériaux isolants et une dégradation de leur résistance structurale. De façon générale, la dégradation qui en résulte s'observe par 1) la présence de moisissures sur les surfaces, 2) la dégradation des matériaux en bois, 3) l'éclatement de la maçonnerie et du béton causé par les cycles de gel et de dégel, 4) l'hydrolyse de matériaux en plastique, 5) la corrosion de pièces métalliques, 6) les dommages causés par l'expansion de matériaux (ex. : le gauchissement des planchers en bois), 7) une modification

des finis de surface (écaillage de la peinture sur les parement de bois et efflorescence sur la maçonnerie), 8) le gonflement et la fissuration du stuc dus à la condensation de l'air humide s'échappant de l'enveloppe ou provenant d'une évacuation inadéquate de la pluie et de la neige.

Inspection extérieure d'un bâtiment

Cette inspection doit permettre de localiser les endroits où il peut y avoir infiltration d'eau de l'extérieur. L'inspection porte sur le parement extérieur, les fondations et la toiture.

Parement extérieur

Sur le parement extérieur, il peut être difficile de localiser l'endroit où l'infiltration de l'eau se produit. Comme l'eau peut circuler sur de longues distances avant d'apparaître sur une surface intérieure, il est recommandé de ne pas limiter l'inspection de l'enveloppe extérieure à la zone située à proximité de l'endroit où l'eau apparaît. En conséquence, il faut procéder à l'inspection de tous les éléments du parement extérieur et ce préférablement lorsqu'il pleut puisque plusieurs infiltrations surviennent à ce moment. Il faut également garder à l'esprit que les cavités situées dans l'enveloppe peuvent servir de réservoir ce qui peut entraîner un délai entre le contact de l'eau sur le parement et son apparition à l'intérieur.

De l'extérieur, l'eau peut migrer à travers l'enveloppe sous l'effet des forces exercées en vertu 1) de la gravité, 2) de la capillarité, 3) de l'écart de pression d'air 4) de l'énergie cinétique des gouttes de pluie et 5) de la tension superficielle. La force de gravité a pour effet d'entraîner l'eau vers le bas du revêtement et lui permettre de s'introduire dans les orifices. Ce type d'infiltration se produit notamment lorsque les matériaux ne se superposent pas au niveau des joints horizontaux ou si le chevauchement est inversé. La succion capillaire a pour effet de permettre à l'eau de se déplacer dans les matériaux poreux et perméables ainsi que par les petites orifices comme les fissures, les joints et les jonctions. Lorsque la pression d'air de part et d'autre du revêtement n'est pas équilibrée, il se produit un déplacement d'air en direction de la pression d'air la plus basse. La dépression causée à l'intérieur du bâtiment par l'effet de tirage ou par la ventilation mécanique ainsi que la surpression causée par le vent sur le parement extérieur favorisent l'infiltration de l'air et de l'eau. La tension superficielle permet à l'eau d'adhérer sur la face inférieure des surfaces horizontales.

Pour limiter les risques d'infiltration d'eau, il est important que les principes d'étanchéité suivants soient appliqués lors de la conception et la construction du bâtiment :

- le bâtiment est doté d'un système de récupération de l'eau (gouttières, solins) ;
- le toit peut se drainer facilement (pente suffisante, présence d'un renvoi de toit) ;
- les deux niveaux de protection assurant le contrôle de l'infiltration de l'eau de pluie par les murs extérieurs sont appliqués :
 - le premier niveau de protection consiste à s'assurer que la quantité d'eau pouvant entrer en contact avec le revêtement extérieur est minimisée notamment par 1) la présence d'éléments de protection comme les avancés de toiture, les corniches et le larmier sous les seuils de fenêtre, 2) le choix du revêtement en fonction de sa perméabilité, l'attention portée au détail des joints et des jonctions, le nombre et la taille limités des ouvertures dans le revêtement et 3) la maîtrise de l'effet des forces s'exerçant sur le revêtement.

- le deuxième niveau de protection consiste à intercepter l'eau qui a franchi la première protection et à l'évacuer à l'extérieur. Dans un mur construit selon le principe de l'écran pare-pluie, la protection est réalisée par la présence d'une lame d'air avec ou sans membrane d'étanchéité sur la paroi interne de la cavité. L'eau qui réussit à s'introduire dans la cavité est par la suite entraînée vers le bas du mur pour être évacuée par le solin ou les chantepleurs. L'installation d'un solin de protection au périmètre des fenêtres pour permettre la récupération et l'évacuation de l'eau qui pourrait survenir en raison d'un calfeutrage inadéquat entre le parement et la fenêtre ainsi que le recouvrement d'un solin sur la lisse servant d'appui à une fenêtre sont également des exemples de protection secondaire.

Il est à noter que les moyens de protection appliqués pour assurer l'étanchéité du bâtiment peuvent, sous certaines conditions climatiques, être insuffisants pour empêcher la pénétration de l'eau. La pluie abondante, l'accumulation de la neige, la glace et le vent sont des éléments susceptibles de nuire à l'écoulement et au drainage de l'eau.

D'autres facteurs peuvent favoriser les infiltrations au niveau du parement extérieur :

- la pose inadéquate des garnitures d'étanchéité lors de la fabrication des fenêtres ;
- la dégradation (fissure, écaillage, bulles en surface) des garnitures d'étanchéité et des calfeutnants situés au périmètre des fenêtres ;
- l'utilisation de produits calfeutnants ne résistant pas aux intempéries ou incompatibles avec le support sur lequel ils sont appliqués ;
- l'absence d'un support adéquat lors de la pose de calfeutrant entre les sections métalliques et le bardage ;
- la présence de fissures dans le parement extérieur (placage de maçonnerie, stuc, bardage) ;
- l'effritement du mortier dans les ouvrages de maçonnerie ;
- l'accumulation d'eau à la sortie des chantepleurs des fenêtres en raison d'une pente inversée du seuil ;
- l'absence de larmier aux appuis des fenêtres et aux seuils des portes ;
- l'absence ou la pose inadéquate de calfeutnants au périmètre des portes, du seuil et des menuiseries de finition ;
- l'absence ou la pose inadéquate de calfeutrant le long des joints verticaux entre les matériaux de revêtement extérieur différents et non protégés par un solin.

Par ailleurs, les portes, les fenêtres et les lanterneaux qui ne sont pas installés conformément aux recommandations des manufacturiers présentent également des risques d'infiltration. Certains bâtiments requièrent l'utilisation de joints de dilatation pour permettre l'expansion des matériaux. La force appliquée lors du mouvement des matériaux peut entraîner le décollement ou la séparation du calfeutrant et permettre à l'eau de s'introduire.

Fondations

L'inspection des fondations peut permettre de déceler la présence de fissures. Ces fissures peuvent être dues à des causes variées, notamment une conception déficiente, un béton mal dosé, l'absence d'armature, un remblayage inadéquat, une pression hydrostatique trop forte, le gel, le vieillissement et un tassement différentiel provoqué par l'assèchement du sol. L'amélioration des conditions de drainage des eaux de surface peut dans certaines situations permettre d'enrayer les infiltrations. Ceci peut être réalisé par l'augmentation de la pente du sol à proximité des fondations et par l'éloignement des descentes pluviales. La présence d'eau au niveau du plancher peut être également occasionnée par un blocage ou une surcharge du drain de fondation placé au périmètre du bâtiment. Le raccordement des descentes pluviales au drain de bâtiment n'est pas indiqué en raison de la charge hydraulique importante qu'elle impose au réseau de drainage. Dans certains cas, l'infiltration peut résulter de la dégradation de l'enduit imperméabilisant recouvrant la face extérieure des fondations.

Toiture

Les infiltrations provenant de la toiture peuvent, dans certains cas, être décelées à partir de l'entretoit. La présence de surfaces mouillées, des traces d'eau et de corrosion sur les éléments structuraux et l'accumulation de givre ou de moisissures constituent des signes d'infiltration ou de condensation. Au nombre des causes possibles, on note l'absence ou l'endommagement du pare-vapeur du plafond, la ventilation insuffisante de l'entretoit, l'isolation insuffisante, les perforations au niveau du revêtement de la toiture, les fuites d'air humide provenant de ventilateurs d'évacuation et l'absence d'isolation sur la tuyauterie des renvois de toit et des événements.

L'inspection visuelle effectuée à partir du toit pourra révéler la présence de dommages aux solins qui doivent assurer l'étanchéité au point de rencontre de deux plans de couvertures, entre un mur et une couverture ou autour des ouvertures pratiquées pour le passage de cheminées, d'évents, de sorties de ventilation, de la tuyauterie des systèmes mécaniques et des lanterneaux. L'accumulation de l'eau sur la toiture en raison d'un drainage inadéquat (pente insuffisante, affaissement de la charpente, dommages, blocage ou absence de renvoi) doit être évitée puisqu'elle favorise le vieillissement prématuré de certains types de recouvrement. L'état des solins utilisés pour le recouvrement des parapets et autres murs dépassant la toiture doit être vérifié.

Les signes de détérioration des toitures varient en fonction du type de recouvrement. Dans le cas d'une couverture multicouches, composée de papier feutre et de bitume en couches alternées, le tout recouvert d'une couche de bitume et de gravier, les problèmes les plus fréquents sont :

- les perforations résultant de l'usure ou d'un impact ;
- les cloques entre les plis causées par la vapeur d'eau ou l'air emprisonnés ;
- les bulles dans le bitume causées par l'expansion du bitume sous l'effet des radiations solaires ;
- les membranes dégarnies en raison d'une couche trop mince de pierre concassée ou d'une mauvaise adhérence avec le bitume ;
- les plis en surface en raison du glissement des feutres ou des problèmes d'adhérence causés par le ramollissement de l'asphalte sous l'effet du soleil ;
- les fissures causées par le durcissement du bitume (l'oxydation du bitume par le soleil entraîne un durcissement qui crée des forces de contraction), l'écrasement des cloques, les mouvements de charpente ou la contraction des matériaux sous l'effet du gel.

Pour les toitures faites de bardeaux d'asphalte, les risques d'infiltration sont généralement associées aux problèmes suivants :

- mauvaise installation des bardeaux ;
- détérioration prématurée causée par l'infiltration de vapeur d'eau, les radiations solaires, le vent ;
- déformation et déplacement des bardeaux par le fléchissement ou le déplacement (attaches déficientes) du support de couverture ou la fixation inadéquate des bardeaux ;
- formation d'une digue de glace en raison d'une ventilation inadéquate de l'entretoit, d'une déperdition thermique importante ou de la présence d'un pont thermique.

Inspection intérieure d'un bâtiment

Cette inspection doit permettre de localiser les endroits propices à la prolifération des bioaérosols, de vérifier la présence et d'évaluer l'ampleur de la croissance fongique visible. L'inspection porte sur le système de ventilation/climatisation et toutes les surfaces (tapis, plafonds, murs, poutres, contours de fenêtre, surfaces de travail, etc.). De façon générale, les sources d'eau stagnante constituent des foyers de prolifération pour les bactéries alors que les surfaces mal entretenues et empoussiérées le sont pour les moisissures. Le document de l'IRSST « Guide de prévention contre la prolifération microbienne dans les systèmes de ventilation » ainsi que le document publié conjointement par EPA et NIOSH « Building Air Quality , a Guide for Building Owners and Facility Managers » décrivent tous les éléments à inspecter dans un système de ventilation et dans l'environnement intérieur.

Les surfaces peuvent être endommagées non seulement par des phénomènes évidents tels que inondations, dégâts ou infiltrations d'eau mais aussi de façon plus subtile par la condensation et la migration de la vapeur d'eau.

La vapeur d'eau peut se déplacer à travers l'enveloppe du bâtiment par deux processus, soit par 1) les courants d'air et 2) par la diffusion sous l'action d'une différence de pression de vapeur. Il est admis que les courants d'air constituent le principal mode de transfert de la vapeur. Lorsque la vapeur traverse l'enveloppe d'un endroit chaud à un endroit froid, il est possible qu'elle se condense. Cette situation se produit lorsque la température de la surface est égale ou inférieure au point de rosée du mélange air-eau. Si elle n'est pas évacuée, l'eau peut entraîner la dégradation des matériaux et favoriser le développement de moisissures et de bactéries.

Les déplacements d'air à travers l'enveloppe se produisent en raison des forces exercées par le vent, l'effet de tirage et par la ventilation. Dans la majorité des bâtiments, on observe une infiltration d'air sur la partie basse du bâtiment et une exfiltration sur la partie haute. Lorsque le pare-vapeur est inexistant ou mal posé, l'air humide de l'intérieur qui se déplace vers l'extérieur est susceptible de se condenser. Sur un parement de bois, l'écaillage de la peinture est souvent associé à la diffusion de la vapeur de l'intérieur vers l'extérieur. L'efflorescence observée sur les parements de maçonnerie peut être liée au même phénomène. L'accumulation d'eau dans les matériaux poreux peut, sous l'action du gel, entraîner une dégradation importante de ceux-ci. De façon générale, le pare-vapeur est placé sur la surface chaude de l'isolant de façon à 1) limiter l'exfiltration de l'humidité vers l'extérieur et 2) prévenir la condensation de l'air au contact des surfaces froides. Les fuites d'air peuvent être détectées à l'aide d'un tube fumigène. Le dépôt de poussières au voisinage des joints ou des fissures est également indicatrice d'un mouvement d'air. Les fuites se produisent entre autres aux endroits suivants:

- autour des fenêtres, des portes, des trappes d'accès ;
- autour de la tuyauterie et des conduits d'air ;
- par les prises de courant (murs extérieurs), les luminaires, autour des fils traversant une cloison ;
- par les fissures dans le revêtement des murs ou les plafonds ;
- le long des moulures, au point de rencontre de la charpente et des murs en maçonnerie ou de la cheminée.

Lorsqu'il existe une différence dans les concentrations de vapeur d'eau entre deux points, il se produit un écoulement de vapeur d'eau du point de forte concentration vers le point de faible concentration et ce en l'absence d'un mouvement d'air. La diffusion à travers un matériau dépend de la différence entre les pressions de vapeur, de la perméabilité et de la longueur du matériau. En hiver, la pression de vapeur étant généralement plus élevée à l'intérieur du bâtiment qu'à l'extérieur, il en résulte un écoulement de la vapeur vers l'extérieur. La condensation se produit lorsque la pression de vapeur de vient supérieure à la pression de vapeur maximale admissible (pression de vapeur à saturation) à cette température.

Les tapis, les tuiles de plafond, les panneaux de gypse, le papier, le carton ainsi que toute autre surface cellulosique doivent attirer particulièrement l'attention lors d'une inspection visuelle.

Techniques spécialisées et instrumentation

Lorsque l'inspection visuelle ne permet pas de localiser les sources de fuite, il est possible de procéder à un test d'arrosage sur le parement extérieur. Deux méthodes in situ sont proposées par l'American Society for Testing and Materials (ASTM E-1105) et l'American Aluminum Manufacturers Association (AAMA 501.2). Bien que leur méthodologie respective soit différente, ces méthodes consistent essentiellement à arroser la surface extérieure avec de l'eau et à observer la présence de fuites.

La thermographie infrarouge est également utilisée dans certaines situations. Il s'agit d'une technique non destructive pouvant être utilisée à l'intérieur et à l'extérieur d'un bâtiment. À l'aide d'une caméra qui capte les rayonnements infrarouges émis par un corps, on obtient des images thermiques démontrant les variations de températures sur une surface. Les irrégularités thermiques qui sont mises en évidence proviennent des variations de la conduction thermique, d'écoulement d'air et de renversement de température dans le parement extérieur, la toiture ainsi que les murs intérieurs. Les anomalies de l'enveloppe du bâtiment comme le manque ou le déplacement d'isolant, l'isolant humide, la présence de pont thermique, les fuites d'air peuvent être ainsi localisées. Compte tenu de l'expertise nécessaire pour l'application de ces méthodes et des coûts impliqués, il est recommandé de recourir à des spécialistes de l'enveloppe du bâtiment pour la réalisation et l'interprétation de ce type d'évaluation.

L'utilisation d'un humidimètre peut s'avérer très pratique lors d'une inspection pour détecter les accumulations d'eau non visibles. Il s'agit d'un instrument qui permet de déterminer la teneur en eau du bois, laquelle est exprimée en pourcentage et correspond au poids de l'eau contenue dans le bois en rapport avec le poids du bois anhydre. La teneur en eau est déterminée par la mesure de la résistivité entre deux électrodes enfoncées dans le matériau. À l'aide de tables fournies avec l'appareil, ce dernier peut être utilisé pour différentes essences de bois. L'utilisation à des fins qualitatives est également possible pour d'autres types de matériaux poreux tels que le béton, le gypse et les isolants. Toutefois, l'utilisateur doit, au préalable, établir à l'aide d'un échantillon sec du matériau à vérifier, la teneur en

eau. Le pourcentage affiché par l'humidimètre constitue ainsi la valeur de référence pour ce matériau et non le pourcentage réel du contenu hydrique du matériau. Lors de l'utilisation de l'appareil, le contact des électrodes avec une surface métallique (colombages de métal, pare-vapeur aluminé) peut induire une erreur importante.

Un endoscope rigide peut être utilisé pour confirmer la présence d'eau notamment dans les cavités et les conduits de ventilation ainsi que pour déceler les signes de croissance microbienne ou l'accumulation de substrats nutritifs dans ces endroits. L'instrument consiste en une sonde optique d'une longueur de 24,5 cm alimentée par une source lumineuse halogène.

ANNEXE 3

ÉVALUATION DES SYMPTÔMES

- 3.1a** **Modèle de questionnaire des atteintes à la santé en lien possible avec la qualité de l'air intérieur**
- 3.1b** **Modèle de questionnaire de perception de l'environnement intérieur de travail**
- 3.2a** **Modèle de lettre explicative à joindre au questionnaire 3.1a**
- 3.2b** **Modèle de lettre explicative à joindre au questionnaire 3.1b**
- 3.3** **Fiche d'information sur les risques à la santé associés à la présence de moisissures en milieu intérieur**
- 3.4** **Résumé des stratégies d'investigation selon les données disponibles lors de signalement de cas**
- 3.5** **Cheminement des demandes relatives à la contamination fongique intérieure**

Note : Les outils suivants constituent des modèles qui peuvent être adaptés ou modifiés selon les circonstances.

Annexe 3.1a : Modèle de questionnaire des atteintes à la santé en lien possible avec la qualité de l'air intérieur

**Modèle élaboré pour un contexte clinique
et destiné à des cas pédiatriques⁴⁰**

École : _____ Autres : (spécifiez) _____

Ce questionnaire est strictement confidentiel. Répondez du mieux que vous pouvez à toutes les questions. Il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse. Le questionnaire sera révisé avec vous par le médecin de la clinique.

A. Antécédents médicaux

1. Est-ce que votre enfant souffre ou a déjà souffert d'une ou plusieurs des maladies suivantes ?
Si oui, précisez depuis quelle année.

	Oui	Non	Depuis quelle année ?
Fièvre des foins :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Sinusite :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Asthme :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Eczéma :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Bronchite :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Autre maladie respiratoire, précisez : _____			
Depuis quelle année ? _____			

⁴⁰ Il est à noter que ce questionnaire peut être rapidement adapté pour d'autres populations (ex. travailleurs).

2. Est-ce que votre enfant souffre ou a déjà souffert d'allergies ? Si oui, précisez depuis quelle année.

	Oui	Non	Depuis quelle année ?
Chat :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Chien :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Pollen :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Poussière :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Moisissures :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Médicament :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Aliment :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Autre, précisez : _____			_____
Précisez : _____			_____

3. Y-a-t'il des problèmes d'allergies dans la famille proche de l'enfant ? (frère, sœur, mère, père, enfants)

	Oui	Non	Lien de parenté
Asthme :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Eczéma :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Pollen :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Fièvre des foins :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Autre, précisez : _____			_____
_____			_____

4. Est-ce que votre enfant prend des médicaments pour des allergies ?

Oui Non

Si oui, indiquer le nom du (ou des) médicaments et depuis quelle année ?

Nom : _____ Depuis quelle année ? _____

Nom : _____ Depuis quelle année ? _____

5. Est-ce que votre enfant s'est absenté de l'école pour des raisons de santé depuis le début de l'année scolaire ?

Oui Non

Si oui, indiquer le nombre de jours : _____

B. Symptômes

Depuis la dernière année, est-ce que votre enfant a présenté ou s'est plaint de façon régulière de l'un ou l'autre des symptômes suivants pendant qu'il est à l'intérieur de l'école ou du lieu problématique ? Si oui, précisez à quelle fréquence en cochant la case appropriée.

Symptômes	Jamais	2 à 3 jours par semaine	Tous les jours ou presque
1. Irritation ou sensation de brûlure aux yeux	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Rougeur aux yeux	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Démangeaison des yeux	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Irritation ou sensation de brûlure à la gorge	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Sécrétions (chat dans la gorge)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Sensation d'écoulement dans l'arrière gorge	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Irritation ou sensation de brûlure au nez	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Saignement du nez	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Écoulement nasal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Congestion du nez	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Éternuement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Essoufflement plus que les enfants de son âge lors d'activité physique	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Toux sèche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Toux avec crachats	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Respiration bruyante (sillement, sifflement, "wheezing") à la suite d'une grippe ou autre infection	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Respiration bruyante (sillement, sifflement, "wheezing") en dehors de toute grippe ou autre infection	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. Sensation d'être fiévreux	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. Éruption cutanée (rougeurs, boutons, plaques)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. Sensation de brûlure à la peau	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. Irritation ou démangeaison de la peau	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21. Mal de tête inhabituel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22. Épisodes de nervosité ou d'irritabilité inexplicables	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23. Pertes de mémoire fréquentes et importantes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24. Troubles de concentration	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25. Étourdissements	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26. Fatigue qui a un impact sur le rendement scolaire	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27. Insomnie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28. Somnolence	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29. Douleurs musculaires ou articulaires inexplicables	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30. Diminution de capacité physique	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
31. Nausées ou vomissements	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32. Diarrhées régulières	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
33. Indisposition causée par odeurs chimiques (ex. : parfum, vapeurs d'essence, etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
34. Autre symptôme :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
35. Autre symptôme _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Si vous avez répondu <jamais> à tous les symptômes énoncés à la question B, vous avez terminé. Merci de votre collaboration.

C. Encercler les numéros des symptômes dont vous avez noté la présence à la question B et décrivez comment ils évoluent après avoir quitté le milieu problématique.

Énumération des symptômes	Dans les 12 premières heures après avoir quitté le milieu problématique		Après 2 à 3 jours ou la fin de semaine		Longues périodes 1 semaine et plus	
	demeurent inchangés	s'améliorent ou disparaissent	demeurent inchangés	s'améliorent ou disparaissent	demeurent inchangés	s'améliorent ou disparaissent
1. Irritation ou sensation de brûlure aux yeux	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Rougeur aux yeux	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Démangeaison des yeux	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Irritation ou sensation de brûlure à la gorge	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Sécrétions (chat dans la gorge)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Sensation d'écoulement dans l'arrière gorge	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Irritation ou sensation de brûlure au nez	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Saignement du nez	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Écoulement nasal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Congestion du nez	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Éternuement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Essoufflement lors de marche en terrain plat avec quelqu'un de votre âge	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Oppression thoracique	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Toux sèche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Toux avec crachats	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Respiration bruyante (sillement, sifflement, "wheezing") à la suite d'une grippe ou autre infection	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. Respiration bruyante (sillement, sifflement, "wheezing") en dehors de toute grippe ou autre infection	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. Sensation d'être fiévreux	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. Éruption cutanée (rougeurs, boutons, plaques)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. Sensation de brûlure à la peau	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21. Irritation ou démangeaison de la peau	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22. Mal de tête inhabituel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23. Épisodes de nervosité ou d'irritabilité inexplicables	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Énumération des symptômes	Dans les 12 premières heures après avoir quitté le milieu problématique		Après 2 à 3 jours ou la fin de semaine		Longues périodes 1 semaine et plus	
	demeurent inchangés	s'améliorent ou disparaissent	demeurent inchangés	s'améliorent ou disparaissent	demeurent inchangés	s'améliorent ou disparaissent
24. Pertes de mémoire fréquentes et importantes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25. Troubles de concentration	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26. Étourdissements	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27. Fatigue qui a un impact sur votre prestation au travail	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28. Insomnie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29. Somnolence	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30. Douleurs musculaires ou articulaires inexplicables	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
31. Diminution de capacité physique	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32. Nausées ou vomissements	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
33. Diarrhées régulières	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
34. Indisposition causée par odeurs chimiques (ex. : parfum, vapeurs d'essence, etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
35. Autre symptôme :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
36. Autre symptôme :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

D. Environnement résidentiel et loisirs

1. Quel est le type de chauffage de votre résidence ? (vous pouvez cocher plus d'une réponse)

	Oui	Non
Système à eau chaude :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Système à air forcé :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Plinthes électriques :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chauffage au bois :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Autre, précisez : _____		

2. Utilisez-vous un poêle à bois ou un foyer au bois à la maison comme chauffage d'appoint ?

Oui Non

Si oui, précisez à quelle fréquence

- À l'occasion
- Une fois par semaine
- Plus d'une fois par semaine

3. Y a-t-il un système d'humidification central intégré dans votre système de chauffage ?

Oui Non

Si oui, précisez quelle est sa fréquence d'entretien ?

Une fois par année ou plus Moins d'une fois par année

4. Utilisez-vous des humidificateurs portatifs ?

Oui Non

Si oui, précisez quelle est leur fréquence d'entretien ?

- Une fois par semaine
- Une fois par mois
- Une fois par année
- Moins d'une fois par année

5. Quel type de cuisinière utilisez-vous ?

- Électrique
- Au gaz naturel
- Au bois
- Autre, précisez : _____

6. Avez-vous remarqué une ou plus des conditions suivantes à votre domicile depuis les 12 derniers mois ? (vous pouvez cocher plus d'une réponse.)

	Oui	Non
Condensation d'eau sur les fenêtres :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Condensation d'eau au mur ou au plafond ou au plancher :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Signes d'infiltration d'eau (ex. : cernes jaunis au plafond ou au mur) :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Odeur caractéristique de moisi :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Taches de moisissures :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Petite surface couverte de moisissures (moins de 1 m ²) :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Grande surface couverte de moisissures (1m ² ou plus) :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7. Est-ce qu'il y a déjà eu un dégât d'eau dans votre maison actuelle (ex. : toit qui a coulé, refoulement d'égouts, inondation, etc.) ?

- Oui Non

Si oui, précisez quel fut le délai avant que la réparation soit effectuée après le dégât.

- En moins de 48 heures
- En moins d'une semaine
- En moins d'un mois
- Après plus d'un mois
- Aucune réparation n'a été effectuée à ce jour
- Si aucune réparation, précisez depuis combien de temps le dégât est présent : _____

8. Indiquez dans quelles pièces de la maison il y a des tapis mur à mur.

- Aucune pièce avec du tapis dans la maison
- Chambres à coucher _____ Si oui, dans combien de chambres ? _____
- Salon _____
- Salle à dîner _____
- Autres, précisez _____

9. Y a-t-il un ou des animaux domestiques dans votre résidence ?

Oui Non

Si oui, précisez quel type(s) d'animal ?

	Oui	Non
Chat :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chien :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Oiseau :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rongeur :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Autre, précisez :	_____	

10. Utilisez-vous des pesticides ou des insecticides à l'intérieur de la maison ?

Jamais À l'occasion Souvent

11. Y a-t-il des personnes qui fument régulièrement à l'intérieur de la maison ?

Oui Non

Si oui, précisez combien de personnes ? _____

12. Faites-vous une activité qui expose votre enfant à des émanations de produits chimiques

Oui Non Ne sait pas

Si oui, précisez de quel(s) type(s) de produit(s) chimique(s) il s'agit :

	Oui	Non
Solvant ou diluant :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Colle contact :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nettoyeur :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Autre, précisez :	_____	

13. Dans la chambre à coucher de votre enfant, y a-t-il :

	Oui	Non
Un humidificateur en fonction :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Des taches de moisissures :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Un tapis mur à mur :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Des rideaux :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Des animaux en peluche dans le lit :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Une housse en plastique recouvrant le matelas :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

E. Événement stressant

1. Est-ce que votre enfant a vécu des événements émotionnellement difficiles au cours de la dernière année ?

Oui Non

Si oui, lesquels et quand ?

Lesquels ?

Quand ?

F. Avez-vous des commentaires à partager avec nous ?

MERCI DE VOTRE COLLABORATION

Élaboré par N. King, P. Auger, L. Patry, T. Kosatsky et N. Gravel à l'aide des questionnaires conçus par les groupes suivants :

- Fungal Research Group dirigé par le Dr Eckart Johannig du Eastern Occupational and Environmental Health Center à Albany dans l'état de New York
- National Institute for Occupational Safety and Health aux États-Unis.
- Direction de santé publique des Laurentides.
- Direction de santé publique de la Montérégie.
- Questionnaire Evaluating Organic Dust Exposure, American Journal of Industrial Medicine 17 :121-126 (1990).

Annexe 3.1b : Modèle de questionnaire de perception de l'environnement intérieur de travail

Modèle élaboré pour un contexte d'intervention et destiné aux travailleurs

VOTRE PERCEPTION DE L'ENVIRONNEMENT À VOTRE POSTE DE TRAVAIL DEPUIS
//___

1. Avez-vous eu à vous plaindre de votre environnement de travail (trop froid, trop chaud, odeurs perceptibles, mal ventilé, poussiéreux, bruyant, climat de travail inadéquat, ...) ?
Non ___ Oui ___TM Si oui, décrire :

(suite au verso, si nécessaire)

2. Avez-vous ressenti des symptômes, malaises ou problèmes de santé que vous pensez reliés à ces situations ? Non ___ Oui ___TM Si oui, décrire :

(suite au verso, si nécessaire)

3. Avez-vous des suggestions ou des commentaires à ajouter ?

(suite au verso, si nécessaire)

MERCI DE VOTRE COLLABORATION !

Source : Lachance *et al.* (2002)

Annexe 3.2a : Modèle de lettre explicative à joindre au questionnaire 3.1a

Lettre-type destinée aux parents des élèves du primaire

Nom

Adresse

Madame, Monsieur

Depuis un certain temps, des membres du personnel et des élèves de l'école fréquentée par votre enfant se plaignent de symptômes et de problèmes de santé qui pourraient être reliés à la contamination de l'air intérieur par des moisissures. Une enquête environnementale a révélé que des conditions propices à la croissance fongique sont effectivement présentes dans votre école (taux d'humidité relative élevé, infiltrations d'eau passées ou actuelles, matériaux de construction abîmés par l'eau qui n'ont pas été remplacés ou nettoyés, etc.).

Afin de nous aider à vérifier l'ampleur des problèmes de santé chez les élèves de l'école, nous souhaiterions obtenir votre collaboration pour répondre au questionnaire ci-inclus. Nous tenons à vous préciser que les réponses au questionnaire seront compilées de façon dépersonnalisée. Cette démarche nous permettra d'intervenir auprès des gestionnaires de l'école afin qu'ils puissent mieux planifier les correctifs à apporter. Une copie de notre bilan sera envoyée au président du Conseil d'établissement ainsi qu'au directeur de l'école.

Veillez noter que nous procédons à une démarche semblable auprès du personnel de l'école, et que les réponses au questionnaire seront traitées de façon confidentielle. Il est important de répondre du mieux que vous pouvez à toutes les questions concernant votre enfant.

Pour toute information supplémentaire concernant cette enquête, je vous invite à communiquer avec _____, au (numéro de téléphone) _____.

Annexe 3.2b : Modèle de lettre explicative à joindre au questionnaire 3.1b

Lettre-type destinée aux travailleurs

Madame, Monsieur,

(La Direction, Le syndicat de l'établissement) a demandé les services de l'équipe de santé au travail du (CLSC) pour évaluer la qualité de votre environnement de travail.

Dans le cadre de cette démarche, nous vous demandons quelques minutes pour répondre à ce questionnaire. Il est très important de le remplir de façon individuelle en rapportant le plus exactement possible ce que vous avez éprouvé.

Vos réponses demeureront strictement confidentielles. Ce questionnaire s'adresse aux personnes qui passent habituellement au moins 3 heures par jour dans l'édifice.

Veillez remettre votre questionnaire complété d'ici (date) à (préciser la façon de recueillir les questionnaires complétés). Les résultats de la démarche vous seront communiqués (date prévue de retour d'information, mécanisme de retour d'information).

Si nécessaire, vous pouvez contacter un des signataires.

(Nom de l'intervenant)
(Titre de l'intervenant)
(No de téléphone)

(Nom de l'intervenant)
(Titre de l'intervenant)
(No de téléphone)

(XX)/(xx)

Source : Lachance *et al.* (2002).

Annexe 3.3 : Fiche d'information sur les risques à la santé associés à la présence de moisissures en milieu intérieur

Note : la fiche d'information qui suit s'inspire du rapport scientifique produit à ce sujet par l'Institut national de santé publique du Québec. Il s'agit d'un modèle qui peut être adapté et adressé à tout individu ou organisme aux prises avec un problème de prolifération fongique en milieu intérieur. Il pourra être complété avec les résultats de l'enquête, le cas échéant. Un dépliant grand public est également disponible.

Que sont les moisissures ?

Les moisissures sont des champignons microscopiques que l'on retrouve partout, à l'extérieur comme à l'intérieur, et qui regroupent de très nombreux genres et espèces. Les moisissures produisent des spores qui sont invisibles à l'œil nu et qui peuvent se retrouver dans l'air que nous respirons. Les moisissures peuvent aussi produire des substances chimiques, tels des composés organiques volatils qui donnent aux moisissures leur odeur caractéristique, ou des toxines, aussi appelées mycotoxines.

Pour germer et favoriser la croissance de la moisissure, les spores ont besoin d'eau en quantité suffisante (généralement plus de 70 % d'humidité), d'éléments nutritifs (principalement de la matière cellulosique) et d'une température appropriée (entre 10° et 40°C). Ces deux dernières conditions sont normalement rencontrées dans tout environnement intérieur. Le principal élément conditionnant la prolifération fongique demeure donc la présence d'eau sous forme libre, d'humidité excessive dans l'air ou de condensation sur les surfaces.

En milieu intérieur, on peut retrouver fréquemment les moisissures sous forme de taches sombres dans les endroits habituellement humides des habitations, tels au pourtour des baignoires, des douches et des éviers. La croissance de moisissures en ces endroits ne constitue pas un risque pour la santé si elles sont nettoyées de façon régulière. Par contre, la présence de moisissures dans des endroits habituellement exempts d'humidité ou derrière les structures laisse soupçonner un problème non apparent, tel une infiltration d'eau ou une condensation locale importante. Les défauts à l'origine de ces problèmes d'eau et d'humidité doivent être identifiés et corrigés rapidement pour éviter la prolifération fongique et les problèmes de santé qui peuvent s'ensuivre.

De quelles façons les moisissures peuvent-elles nuire à la santé ?

Plusieurs études scientifiques menées depuis les 15 dernières années ont démontré qu'une exposition aux moisissures et aux substances chimiques qu'elles produisent est associée à différents problèmes de santé. L'impact sur la santé dépend notamment du type de moisissures, de la dose d'exposition (concentration dans l'air et durée d'exposition) et de la susceptibilité de la personne exposée, cette dernière étant déterminée par plusieurs facteurs dont l'âge, l'état de santé et le statut immunitaire.

Selon les études, les symptômes causés par l'exposition aux moisissures sont très variés et souvent peu spécifiques, c'est à dire qu'ils ne sont pas toujours reliés à une seule et même cause, ce qui rend l'association entre la présence de moisissures et les symptômes rapportés souvent difficile à établir avec certitude. Quoi qu'il en soit, il existe un consensus scientifique sur les impacts sanitaires d'une exposition aux moisissures concernant les effets irritatifs (yeux, nez, gorge), les symptômes respiratoires non spécifiques (ex. : la toux) et l'exacerbation de l'asthme chez les personnes souffrant de cette maladie.

De même, bien que des maladies comme la pneumonite d'hypersensibilité (appelée aussi alvéolite allergique extrinsèque) et le syndrome toxique relié aux poussières organiques (provoquant de la fièvre, des symptômes grippaux, etc.) touchent surtout des travailleurs fortement exposés, des études récentes suggèrent que ces problèmes de santé pourraient se présenter également chez les occupants d'édifices non-industriels, où il y a une prolifération fongique importante.

De quelle façon l'investigation des cas de contamination fongique se fait-elle ?

Dans les cas où la contamination fongique est visible et qu'aucun problème de santé n'est rapporté par les occupants, il s'avère généralement suffisant de procéder à une évaluation visuelle de l'étendue de la contamination puis de procéder à la décontamination et à la correction des problèmes de conception ou de structure sous-jacents, sans poursuivre d'avantage l'investigation. De même, compte tenu de sa forte association avec la prolifération des moisissures, la présence d'infiltration d'eau, d'eau stagnante ou d'humidité excessive chronique dans un milieu intérieur justifie également une correction à la source et ce, même en l'absence d'une prolifération fongique.

Lorsque des problèmes de santé sont rapportés par les occupants d'un milieu mixte regroupant des travailleurs et des usagers (ex. : école, garderie, hôpital), les intervenants concernés (CLSC, CSST, DSP) procèdent de façon concertée à une évaluation environnementale et des problèmes de santé, qui peut comprendre diverses étapes selon la complexité de la situation. Une situation semblable en milieu résidentiel sera d'abord traitée par des intervenants de première ligne (Info-Santé, CLSC, municipalités, Régie du logement), qui pourront faire appel pour les dossiers graves ou complexes à la direction de santé publique.

L'inspection visuelle des lieux, la collecte de données sur l'historique du bâtiment et sur ses problèmes chroniques ou récurrents, ainsi qu'une vérification des principaux symptômes ressentis par les occupants et leur apparition ou disparition selon l'exposition aux moisissures, constituent des démarches qui aideront à vérifier l'existence d'un problème associé aux moisissures. Dans ces cas, les individus symptomatiques devraient consulter leur médecin en mentionnant une exposition possible à des moisissures au domicile ou au travail, selon le cas.

Dans les cas graves ou litigieux, des échantillonnages d'air et de matériaux peuvent être réalisés, mais il demeure essentiel que les résultats soient analysés et interprétés par des experts reconnus.

Quelles sont les mesures préventives et correctives qui devraient être appliquées ?

Un entretien préventif adéquat demeure la principale mesure à mettre de l'avant pour empêcher la croissance fongique. Cet entretien consiste à effectuer un examen visuel périodique des structures du bâtiment et à nettoyer les appareils de filtration d'air, les climatiseurs et les humidificateurs, en suivant les directives du fabricant.

Une habitation ou un bâtiment atteint par la moisissure laisse présumer un problème associé à un excès d'eau, que celle-ci provienne d'une infiltration, d'un dégât d'eau non corrigé ou de la condensation. La contamination peut affecter l'intégrité des structures atteintes tout comme la salubrité des lieux. Il faut donc procéder le plus rapidement possible à l'élimination des moisissures et des conditions qui favorisent leur prolifération.

La démarche générale visant à corriger le problème exige une inspection visuelle, l'élimination de la source d'eau, la décontamination des pièces et/ou l'enlèvement des matériaux poreux contaminés et la restauration des lieux. La démarche spécifique à suivre repose sur l'ampleur de la contamination des lieux. Il est recommandé de procéder à des mesures de confinement des lieux et de protection personnelle pour les travailleurs qui effectueront les travaux de décontamination ; ces mesures varieront en fonction de l'ampleur de la contamination. De plus, il est important de s'assurer que les personnes souffrant de certains problèmes de santé (maladies pulmonaires, allergies, personnes immunodéprimées) ne soient pas présentes à l'intérieur tout comme à proximité des locaux contaminés lors de ces travaux.

Où peut-on obtenir des informations supplémentaires ?

Les personnes qui croient avoir des problèmes de santé en lien avec une exposition aux moisissures devraient consulter Info-Santé/CLSC ou leur médecin traitant. Plusieurs informations techniques pour remédier aux problèmes d'humidité excessive et de moisissures sont disponibles dans les documents produits par la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL). Ceux-ci peuvent être obtenus en téléphonant au 1-800-668-2622 ou en visitant le site Internet de la SCHL (www.cmhc-schl.gc.ca).

Annexe 3.4 : Résumé des stratégies d’investigation selon les données disponibles lors du signalement du cas

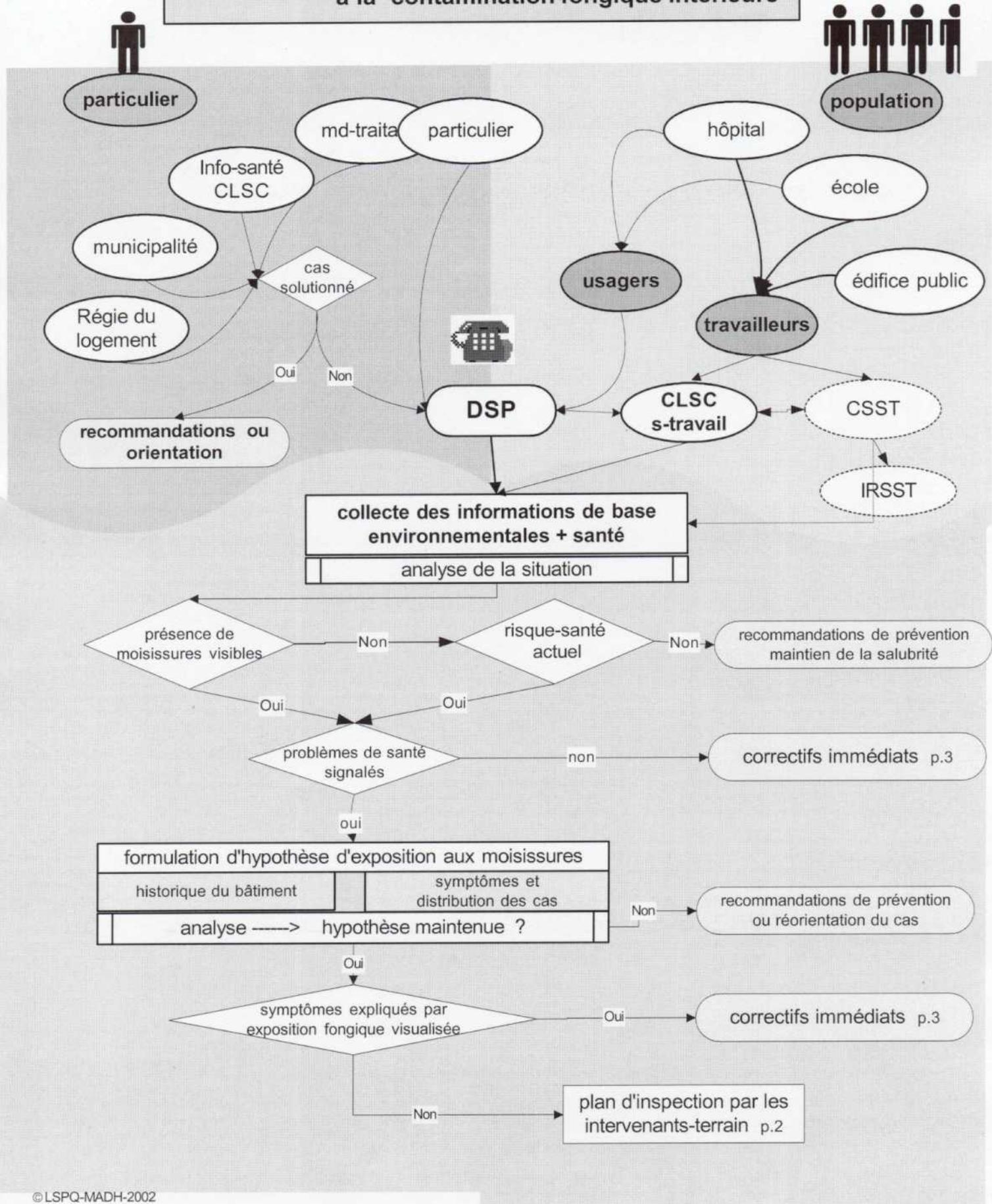
Voir le contenu du chapitre 3 pour plus de détails

	Contamination fongique	Problèmes de santé	Actions à entreprendre
1	Appréhendée ⁴¹ seulement	Aucun rapporté	<ol style="list-style-type: none"> 1) procéder à l’inspection visuelle des lieux afin de rechercher les sources potentielles d’eau 2) assurer un entretien préventif 3) si de la moisissure est retrouvée, suivre les étapes du cas #2
2	Présumée ⁴²	Aucun rapporté	<ol style="list-style-type: none"> 1) procéder à l’inspection visuelle des lieux afin de rechercher tous les sites de croissance fongique 2) procéder à l’évaluation visuelle de l’étendue de la contamination 3) identifier les sources potentielles d’eau 4) décontaminer et corriger les problèmes sous-jacents rapidement 5) remettre les pièces en état
3	Appréhendée seulement	Cas rapportés	<ol style="list-style-type: none"> 1) procéder à la collecte des données de base de l’état de santé des occupants tout en procédant à l’évaluation environnementale de base 2) orienter les personnes symptomatiques vers les ressources médicales appropriées 3) procéder à l’inspection visuelle des lieux afin de rechercher tous les sites de croissance fongique 4) <u>si nécessaire</u>, procéder à une évaluation environnementale détaillée 5) <u>si nécessaire</u>, procéder à une évaluation complémentaire des symptômes ressentis par les occupants 6) le cas échéant, décontaminer et corriger les problèmes sous-jacents 7) remettre les pièces en état 8) <u>si nécessaire</u>, assurer le suivi des personnes symptomatiques
4	Présumée	Cas rapportés	<ol style="list-style-type: none"> 1) procéder à la collecte des données de base de l’état de santé des occupants tout en procédant à l’évaluation environnementale de base 2) orienter les personnes symptomatiques vers les ressources médicales appropriées 3) procéder à l’inspection visuelle des lieux afin de rechercher tous les sites de croissance fongique 4) <u>si nécessaire</u>, procéder à une évaluation environnementale détaillée 5) <u>si nécessaire</u>, procéder à une évaluation complémentaire des symptômes ressentis par les occupants 6) décontaminer et corriger les problèmes sous-jacents rapidement 7) remettre les pièces en état 8) <u>si nécessaire</u>, assurer le suivi des personnes symptomatiques

⁴¹ Présence de certaines circonstances pouvant favoriser la contamination fongique, mais absence de trace visible ou d’odeur perceptible de moisissures.

⁴² Contaminatin fongique visible à l’œil nu ou présence d’odeurs de moisi.

Annexe 3.5 : Cheminement des demandes relatives à la contamination fongique intérieure





inspection approfondie

la visite devrait comprendre une session d'information

inspection visuelle

recherche minutieuse de moisissures en surface et CVCA

recherche de signes d'humidité

traces compatibles avec moisissures derrière matériaux

hygrométrie positive des matériaux

recherche minutieuse de moisissures derrière les matériaux

aucune moisissure visible

moisissures visibles

moisissures visibles

aucune moisissure visible

correctifs immédiats + session d'information

reformulation d'hypothèse : exposition ---> symptômes

historique du bâtiment compatible avec amplification fongique

symptômes et distribution des cas compatibles avec exposition fongique

hypothèse maintenue ?

nouvelle hypothèse ou réorientation du cas

évaluation environnementale détaillée

évaluation santé détaillée

plan d'échantillonnage

percées exploratoires au besoin

prélèvements

analyses en laboratoire

interprétation des résultats d'analyses

peut comprendre

plan d'évaluation de santé

et / ou

questionnaires

et / ou

examens cliniques

interprétation des résultats santé

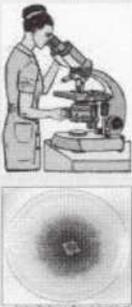
interprétation des résultats globaux

exposition fongique trouvée

expliquant les symptômes

recommandations + session d'information

Non



ANNEXE 4

MESURES CORRECTIVES

4.1 Extraits du protocole de New York

4.2 Mesures correctives à adopter avec la matériel contaminé

Annexe 4.1 : Extraits du protocole de New York

Source : <http://www.nyc.gov/html/doh/pdf/eode/fungi-french.pdf>

Le Protocole de New York⁴³ permet de déterminer l'ampleur d'une contamination par les moisissures et les mesures correctives et sanitaires à apporter. Ainsi, la méthode de décontamination, les travaux à effectuer, le confinement des locaux et la protection des travailleurs seront différents selon les quantités de moisissures visibles. Ces quantités de moisissures visibles déterminent des niveaux de contamination et des procédures propres à chacun de ces niveaux.

*extraits du protocole
de New York*

Travaux d'élimination des moisissures

Quelle que soit la situation, la raison de l'accumulation d'eau doit être trouvée et le problème rectifié, sans quoi les moisissures vont réapparaître. Toute infiltration d'eau doit être arrêtée au plus vite et la zone endommagée nettoyée immédiatement. Une réponse immédiate (dans les 24 ou 48 heures), un nettoyage minutieux, le séchage et/ou drainage de l'eau des matériaux endommagés va prévenir ou limiter la prolifération des moisissures. Si la source d'eau est un taux d'humidité élevé, il faut essayer de maintenir son niveau en dessous de 60 % afin d'empêcher la réapparition de moisissures.³¹ L'infrastructure du bâtiment doit être la préoccupation première: si elle est réparée avec soin, les problèmes d'humidité et les infiltrations d'eau ne réapparaîtront pas.

Cinq niveaux différents de travaux et de confinement sont décrits ci-après. La taille de la zone contaminée par les moisissures détermine avant tout le type d'intervention. Les cinq niveaux de contamination ont été définis en se basant sur une opinion professionnelle et un aspect pratique. À ce jour, il n'existe pas de données précises permettant d'associer l'étendue de la contamination à la fréquence ou à la gravité des problèmes de santé. Les protocoles contenus dans ce document ont deux objectifs essentiels: nettoyer les matériaux contaminés ou s'en débarrasser tout en empêchant le passage des moisissures des zones contaminées aux zones propres; protéger la santé des ouvriers effectuant les travaux de contamination. Toutes les méthodes décrites à la section suivante, ont été conçues pour répondre à cet objectif; toutefois, compte tenu de la généralité de ces méthodes, il en va de la responsabilité de chacun de les appliquer de façon adéquate. Le fait que d'autres méthodes tout aussi efficaces ne soient pas citées dans ce document ne signifie pas qu'elles doivent être écartées. En revanche, toute modification aux méthodes décrites dans ce guide devra être sérieusement évaluée avant d'entreprendre les travaux.

Les matériaux non poreux (métaux, verre et plastiques durs) et semi-poreux (bois, béton) dont la structure est saine mais portant des traces visibles de moisissures, peuvent être nettoyés et réutilisés. Le nettoyage doit se faire à l'aide d'une solution à base de détergent.

Les matériaux poreux tels que les panneaux de plafond, l'isolant, ainsi que les panneaux de gypse (placoplâtre) comportant plus qu'une petite surface contaminée doivent être retirés et éliminés. Les matériaux poreux (revêtement et tissus) qui peuvent être nettoyés, peuvent être réutilisés, mais il est toutefois préférable de s'en débarrasser. Un professionnel spécialisé en nettoyage et réparation doit être consulté lorsqu'on envisage de restaurer des matériaux poreux dont la contamination touche

⁴³ La version anglaise complète est disponible sur internet <http://www.ci.nyc.ny.us/html/doh/html/epi/moldrpt1.html>. D'autres références importantes peuvent aussi être consultées sur Internet.

plus qu'une petite surface. Tous les matériaux à réutiliser doivent être secs et ne doivent porter aucune trace de moisissures. Une inspection régulière est recommandée pour confirmer l'efficacité des travaux de décontamination.

L'utilisation de biocides sous forme gazeuse, de vapeur ou d'aérosols pour éliminer les moisissures, est déconseillée. Sous ces formes-là, ils représentent un risque pour la santé des personnes habitant le bâtiment et pour ceux réintégrant un espace venant d'être traité de cette manière. De plus, l'efficacité de ces produits n'a pas été prouvée et n'élimine pas les risques potentiels pour la santé que peut représenter la présence des moisissures mortes. Pour toute information supplémentaire sur l'utilisation de biocides lors de décontamination, veuillez vous référer au document de la ACGIH, "Bioaerosols: Assessment and Control."

Niveau I: Petites zones circonscrites (1 m² (10 pi²) ou moins) - par ex. : panneaux de plafond, petites zones sur les murs

- a) Les travaux d'élimination de la contamination peuvent être effectués par le personnel d'entretien habituel du bâtiment. Ces personnes devraient recevoir une formation aux méthodes de nettoyage appropriées, aux mesures de protection personnelle et aux risques potentiels pour la santé. Cette formation peut faire partie d'un programme en conformité avec les recommandations du OSHA Hazard Communication Standard (Communication Standard au sujet des Risques (29 CFR 1910.1200).
- b) L'utilisation de protection respiratoire (par exemple respirateur jetable N95) selon les normes de l'OSHA concernant la protection respiratoire (Respiratory Protection Standard, 29 CFR 1910.134) est recommandée. Des gants et des lunettes de sécurité doivent être portés.
- c) La zone de travail doit être évacuée. L'évacuation des occupants des zones adjacentes n'est pas nécessaire mais est recommandée en présence d'enfants de moins de 12 mois, de personnes en convalescence après une opération chirurgicale, de personnes immunodéprimées ou de gens souffrant de maladies inflammatoires chroniques des poumons (par ex. : asthme, pneumonite d'hypersensibilité et allergies graves).
- d) Le confinement complet de la zone de travail n'est pas nécessaire. Il est conseillé d'utiliser des méthodes de suppression des poussières telles qu'humidifier (ne pas détremper) les surfaces de travail.
- e) Les matériaux contaminés qui ne peuvent pas être nettoyés doivent être retirés et sortis du bâtiment, une fois placés dans des sacs plastique hermétiques. Il n'existe pas de réglementation particulière régissant l'élimination des matériaux moisis.
- f) La zone de travail et les zones utilisées comme sorties par les travailleurs doivent être nettoyées à l'aide d'un chiffon mouillé et/ou d'une serpillière et d'une solution à base de détergent.
- g) Toutes les zones traitées doivent être laissées sèches, sans contamination ni débris apparents.

Niveau II: Zones circonscrites de tailles moyennes (1 à 3 m²; 10 à 30 pi²) - par ex. : des panneaux individuels de revêtement.

- a) Les travaux d'élimination de la contamination peuvent être effectués par le personnel d'entretien habituel du bâtiment. Ces personnes devraient recevoir une formation aux méthodes de

*extraits du protocole
de New York*

nettoyage appropriées, aux mesures de protection personnelle et aux risques potentiels pour la santé. Cette formation peut faire partie d'un programme en conformité avec les recommandations du OSHA Hazard Communication Standard (Communication Standard au sujet des Risques) (29 CFR 1910.1200).

- b) L'utilisation de protection respiratoire (par exemple respirateur jetable N95) selon les normes de l'OSHA concernant la protection respiratoire (Respiratory Protection Standard, 29 CFR 1910.134) est recommandée. Des gants et des lunettes de sécurité doivent être portés.
- c) La zone de travail doit être évacuée. L'évacuation des occupants des zones adjacentes n'est pas nécessaire mais est recommandée en présence d'enfants de moins de 12 mois, de personnes en convalescence après une opération chirurgicale, de personnes immunodéprimées ou de gens souffrant de maladies inflammatoires chroniques des poumons (par ex. : asthme, pneumonie d'hypersensibilité et allergies graves).
- d) La zone de travail doit être recouverte d'une bâche en plastique et scellée à l'aide de ruban adhésif avant de commencer les travaux, pour contenir les débris et poussières.
- e) Il est conseillé d'utiliser des méthodes de suppression des poussières telles qu'humidifier (ne pas détremper) les surfaces de travail.
- f) Les matériaux contaminés qui ne peuvent pas être nettoyés doivent être retirés et sortis du bâtiment, une fois placés dans des sacs plastique hermétiques. Il n'existe pas de réglementation particulière régissant l'élimination des matériaux moisissés.
- g) La zone de travail et les zones utilisées comme sorties par les travailleurs doivent être nettoyées à l'aide d'un chiffon mouillé et/ou d'une serpillière et d'une solution à base de détergent.
- h) Toutes les zones traitées doivent être laissées sèches, sans contamination ni débris apparents.

Niveau III: Zones circonscrites importantes (3 à 10 m²; 30 à 100 pi²) - par ex. : plusieurs panneaux de revêtement.

Un professionnel en santé et sécurité au travail, expérimenté dans les enquêtes de cas de contamination microbiennes, doit être consulté avant d'entreprendre les travaux. Cette personne agira à titre conseil et pourra veiller à la supervision des travaux. Les procédures suivantes sont au minimum conseillées:

- a) Un personnel formé dans la manipulation de matériaux dangereux et l'utilisation d'équipement de protection respiratoire (par exemple respirateur jetable N95) en accord avec la réglementation de l'OSHA (OSHA Respiratory Protection Standard 29 CFR 1910.134) sont recommandés. Des gants et des lunettes de sécurité doivent être portés.
- b) La zone de travail et les zones adjacentes doivent être recouvertes d'une bâche en plastique et scellées à l'aide de ruban adhésif avant de commencer les travaux. afin de contenir les débris et poussières.
- c) A l'aide de bâche(s) en plastique, fermer hermétiquement les grilles et conduits de ventilation dans la zone de travail et dans les zones voisines.
- d) La zone de travail doit être évacuée. L'évacuation des occupants des zones adjacentes n'est pas nécessaire mais est recommandée en présence d'enfants de moins de 12 mois, de personnes en convalescence après une opération chirurgicale, de personnes immunodéprimées ou de gens

souffrant de maladies inflammatoires chroniques des poumons (par ex. : asthme, PH et allergies graves).

- e) Il est conseillé d'utiliser des méthodes de suppression des poussières telles qu'humidifier (ne pas détrempier) les surfaces de travail.
- f) Les matériaux contaminés qui ne peuvent pas être nettoyés doivent être retirés et sortis du bâtiment, une fois placés dans des sacs plastique hermétiques. Il n'existe pas de réglementation particulière régissant l'élimination des matériaux moisiss.
- g) La zone de travail et les zones avoisinantes doivent être passées à l'aspirateur HEPA, nettoyées à l'aide d'un chiffon mouillé et/ou d'une serpillière et d'une solution à base de détergent.
- h) Toutes les zones traitées doivent être laissées sèches, sans contamination ni débris apparents.

S'il est prévisible que les travaux génèrent un volume important de poussière (par ex. : nettoyage par ponçage des zones contaminées, démolition de murs en plâtre) ou si l'ampleur de la contamination visible de moisissures est importante (très grande superficie au lieu de taches discrètes), il est conseillé de suivre les procédures du Niveau IV.

Niveau IV: Contamination étendue (supérieure à 10 m² (100 pi²) consécutifs dans une zone)

Un professionnel en santé et sécurité au travail expérimenté dans les enquêtes de cas de contamination microbienne doit être consulté avant d'entreprendre les travaux. Cette personne agira à titre de conseil et pourra veiller à la supervision des travaux. Les procédures suivantes sont conseillées :

- a) Utiliser un personnel formé à la manipulation de matériaux dangereux et équipé de :
 - i. Respirateurs intégraux avec cartouches d'air à particules de haute capacité HEPA
 - ii. Vêtements de protection jetables, couvrant la tête et les pieds
 - iii. Gants
- b) Confinement de la zone de travail
 - i. La zone de travail et les zones adjacentes doivent être recouvertes d'une bâche en plastique et scellées à l'aide de ruban adhésif avant de commencer les travaux afin de contenir les débris et poussières.
 - ii. Utilisation d'un ventilateur d'aspiration muni d'un filtre HEPA pour générer une pression négative
 - iii. Sas et caisson de décontamination
- c) L'évacuation des occupants des zones adjacentes n'est pas nécessaire mais est recommandée en présence d'enfants de moins de 12 mois, de personnes en convalescence après une opération chirurgicale, de personnes immunodéprimées ou de gens souffrant de maladies inflammatoires chroniques des poumons (par ex. : asthme, pneumonite d'hypersensibilité et allergies graves).
- d) Les matériaux contaminés qui ne peuvent pas être nettoyés doivent être retirés et sortis du bâtiment, une fois placés dans des sacs plastique hermétiques. L'extérieur des sacs doit bien être nettoyé à l'aide d'un chiffon humide et d'une solution à base de détergent, ou bien passé à l'aspirateur HEPA dans le caisson de décontamination avant leur transport vers des zones propres du bâtiment. Il n'existe pas de réglementation particulière pour se débarrasser des

matériaux moisis.

- e) La zone de travail et les zones avoisinantes doivent être passées à l'aspirateur HEPA et nettoyées à l'aide d'un chiffon mouillé et/ou d'une serpillière et d'une solution à base de détergent.
- f) Une analyse de la qualité de l'air doit être effectuée pour déterminer si la zone traitée est propre à l'habitation et si les personnes évacuées peuvent réintégrer leur domicile.

Niveau V: Traitement des systèmes CVCA (chauffage, ventilation, conditionnement de l'air)

Petite zone circonscrite de contamination (< 1 m²; < 10pi²) dans le système CVCA

- a) Les travaux d'élimination de la contamination peuvent être effectués par le personnel d'entretien habituel du bâtiment. Ces personnes devraient recevoir une formation quant aux méthodes de nettoyage appropriées, aux mesures de protection personnelle et aux risques potentiels pour la santé. Cette formation peut faire partie d'un programme en conformité avec les recommandations du OSHA Hazard Communication Standard (Communication Standard au sujet des Risques (29 CFR 1910.1200).
- b) L'utilisation de protection respiratoire (par exemple respirateur jetable N95) selon les normes de l'OSHA concernant la protection respiratoire (Respiratory Protection Standard, 29 CFR 1910.134) est recommandée. Des gants et des lunettes de sécurité doivent être portés.
- c) Le système de CVCA doit être éteint avant d'entamer tout travail
- d) La zone de travail et les zones adjacentes doivent être recouvertes d'une bâche en plastique et scellées à l'aide de ruban adhésif avant de commencer les travaux afin de contenir les débris et poussières.
- e) Il est conseillé d'utiliser des méthodes de suppression des poussières telles qu'humidifier (ne pas détremper) les surfaces de travail.
- f) Les matériaux pouvant agir comme support à la croissance fongique et qui sont contaminés tels l'enveloppe de papier de l'isolation intérieure des conduits et les filtres du système, doivent être retirés. Les matériaux contaminés qui ne peuvent pas être nettoyés doivent être retirés du bâtiment et placés dans des sacs plastique étanches. Il n'existe pas d'obligations particulières pour se débarrasser des matériaux moisis.
- g) La zone de travail et les zones avoisinantes doivent être passées à l'aspirateur HEPA et nettoyées à l'aide d'un chiffon humide et/ou d'une serpillière et d'une solution à base de détergent.
- h) Toutes les zones traitées doivent être laissées sèches, sans contamination ni débris apparents.
- i) Les fabricants de CVCA recommandent l'utilisation d'une variété de biocides sur les composants de CVCA tels que les bobines de refroidissement ou les bacs de condensation. Consulter le fabricant du CVCA pour voir quels produits il recommande pour son système.

Zones de contamination (> 1m²; >10 pi²) dans le système CVCA

Un professionnel en santé et sécurité au travail expérimenté dans les enquêtes de cas de

contamination microbienne doit être consulté avant d'entreprendre les travaux. Cette personne agira à titre conseil et pourra veiller à la supervision des travaux. Les procédures suivantes sont conseillées :

- a) Utiliser un personnel formé à la manipulation de matériaux dangereux et équipé de :
 - i. Un masque respiratoire protecteur (par exemple respirateur jetable N95) en accord avec le OSHA Respiratory Protection Standard (29 CFR 1910.134) est recommandé.
 - ii. Gants et protection des yeux.
 - iii. Respirateurs intégraux avec cartouches d'air à particules de haute capacité HEPA et des vêtements de protection jetables couvrant la tête et les pieds doivent être portés si la contamination s'étend sur plus de 3 m².
- b) Eteindre le système de CVCA avant de commencer tout traitement.
 - i. Confinement de la zone de travail
 - ii. La zone de travail et les zones adjacentes doivent être recouvertes d'une bâche en plastique et scellées à l'aide de ruban adhésif avant de commencer les travaux afin de contenir les débris et poussières.
 - iii. Utilisation d'un ventilateur d'aspiration muni d'un filtre HEPA pour générer une pression négative
- c) Sas et caisson de décontamination si la contamination est supérieure à 3 m² (30 pi²).
- d) Les matériaux pouvant agir comme support à la croissance fongique et qui sont contaminés tels l'enveloppe de papier de l'isolation intérieure des conduits et les filtres du système, doivent être retirés. Les matériaux contaminés qui ne peuvent pas être nettoyés doivent être retirés du bâtiment et placés dans des sacs plastique étanches. L'extérieur des sacs doit bien être nettoyé à l'aide d'un chiffon humide et d'une solution à base de détergent, ou bien passé à l'aspirateur HEPA dans le caisson de décontamination avant leur transport vers des zones propres du bâtiment. Il n'existe pas de réglementation particulière pour se débarrasser des matériaux moisis.
- e) La zone de travail et le caisson de décontamination doivent être passés à l'aspirateur HEPA et nettoyés à l'aide d'un chiffon mouillé et/ou d'une serpillière et d'une solution à base de détergent avant de déposer les isolateurs.
- f) Toutes les zones traitées doivent être laissées sèches, sans contamination ni débris apparents.
- g) Une analyse de la qualité de l'air doit être effectuée avant de permettre le retour des personnes relogées pour déterminer si la zone traitée est propre à l'habitation.
- h) Les fabricants de CVCA recommandent l'utilisation d'une variété de biocides sur les composants de CVCA tels que les bobines de refroidissement ou les bacs de condensation. Consulter le fabricant du CVCA pour voir quels produits il recommande pour son système.

Communication du risque

Lors de la découverte d'une contamination fongique étendue nécessitant des travaux importants, le propriétaire, le gestionnaire du bâtiment et/ou l'employeur devra en informer par avis les personnes résidant dans les zones contaminées. Ces avis devra comprendre une description des travaux prévus ainsi que leur échéancier. La tenue de réunions de groupe, précédant et suivant les travaux où les plans et résultats seront discutés librement peut constituer un moyen efficace de communication. Les personnes dont les problèmes de santé semblent directement associés aux moisissures et autres

*extraits du protocole
de New York*

bioaérosols doivent consulter leur médecin. Celui-ci pourra ensuite les référer à un spécialiste en santé du travail ou en santé environnementale ou autres spécialités connexes qui connaît bien les effets de l'exposition aux moisissures. Une copie des résultats d'inspection et de leur analyse devrait être fournie aux personnes nécessitant un suivi médical pour qu'ils puissent transmettre ces informations à leur médecin.

Conclusion

En résumé, le traitement rapide des matériaux contaminés et la réparation prompte des infrastructures doivent être les premières mesures à prendre en cas de contamination fongique dans des bâtiments. Il est vivement conseillé de choisir le traitement le plus simple et le plus expéditif qui va décontaminer le bâtiment de manière sûre et efficace. Quelle que soit la situation, il faut trouver la cause de l'accumulation d'eau et prendre les mesures appropriées afin que les moisissures ne réapparaissent pas. Afin de prévenir toute contamination, l'accent doit être mis sur l'entretien adéquat des bâtiments et la réparation rapide des zones endommagées par l'eau.

Une contamination étendue pose des problèmes plus importants. Ceux-ci doivent être abordés au cas par cas avec un spécialiste des services sanitaires. Une communication efficace avec les personnes résidant dans les bâtiments est un élément essentiel de tout effort de décontamination. Les personnes dont les problèmes de santé semblent directement associés aux moisissures et autres bioaérosols doivent consulter leur médecin. Celui-ci pourra ensuite les référer à un spécialiste en santé du travail ou en santé environnementale ou autres spécialités connexes qui connaît bien les effets de l'exposition aux moisissures.

Annexe 4.2 : Mesures correctives à adopter avec le matériel contaminé

Matériel non poreux et semi-poreux

Le métal, le verre, les plastiques, le bois peuvent être décontaminés par divers moyens tels le nettoyage à l'aide d'un aspirateur (filtre HEPA ou avec évacuation d'air à l'extérieur) et le lavage avec une solution nettoyante (puis asséché et possiblement peinturé), pouvant par la suite être utilisés à nouveau. Lorsque la contamination des matériaux semi-poreux tels le bois est profonde, il faut remplacer ces derniers.

Matériel poreux

Les panneaux de gypse, les tuiles acoustiques, l'isolant (principalement la laine minérale) doivent être enlevés et jetés. Cependant, ces derniers sont récupérables si le niveau de détérioration est mineur c'est-à-dire si la surface contaminée est restreinte et superficielle.

Livres et papiers

Les livres et les papiers mouillés et souillés doivent être jetés. Les livres rares ou les papiers importants peuvent toutefois être décontaminés et conservés par des experts en restauration (musées, bibliothèques, archives, etc).

Vêtements et literie

Ces articles doivent être lavés à l'aide d'un javellisant. Un nettoyage à sec est conseillé lorsque les tissus peuvent être endommagés à l'eau de Javel. Si des moisissures persistent ou que l'on note la présence d'odeur, il est préférable de jeter ces articles.

Matelas et oreillers

Il est préférable de jeter ces articles car il est presque impossible de les décontaminer convenablement.

Tapis

Les tapis moisis doivent être mis au rebut. Les tapis dispendieux peuvent être nettoyés à sec.

Meubles

Les meubles rembourrés peuvent faire l'objet d'un nettoyage minutieux. Toutefois, s'ils sont très atteints, ils doivent être éliminés. Les meubles de grande valeur ou rare peuvent être décontaminés mais ils devront être regarnis.

Systèmes de ventilation

(ventilateur, unité de chauffage et refroidissement)

Les systèmes de ventilation contaminés et leurs conduits doivent être nettoyés et désinfectés.

Matériaux de structure

(béton et bois)

La contamination des matériaux de structure demande une attention particulière. Lorsque la contamination de matériaux de structure est située sur des surfaces non accessibles pour être traitée, il faut s'assurer que les micro-organismes sont confinés et qu'ils ne peuvent atteindre l'air intérieur. Dans de tels cas, des tests d'étanchéité sont réalisables par certaines firmes spécialisées en génie du bâtiment. Lorsque le confinement n'est pas assuré, il faut remplacer les pièces contaminées ou les démonter, les nettoyer et les installer à nouveau si leur condition le permet.

Plinthes électriques et unités à l'eau chaude encastrée

Les plinthes électriques et unités chauffantes à l'eau chaude encastrées contiennent une grande quantité d'ailettes servant à dissiper la chaleur qui retenant une quantité importante de poussières. L'intérieur de ces unités doit être nettoyé à l'aide d'un aspirateur HEPA lorsque les locaux en étant munis ont été contaminés.

Source : SCHL (1993)