

# Contamination fongique dans les immeubles publics. Guide facilitant la détermination et la gestion des problèmes



**Contamination fongique dans les  
immeubles publics. Guide  
facilitant la détermination et la  
gestion des problèmes**

# **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**

Des exemplaires de ce rapport peuvent  
être obtenus auprès de la

Direction de l'hygiène du milieu  
Santé Canada  
Pré Tunney  
Ottawa (Ontario)  
K1A 0L2

Juin 1995

**CONTAMINATION FONGIQUE DANS LES IMMEUBLES PUBLICS.  
GUIDE FACILITANT LA DÉTERMINATION ET LA GESTION  
DES PROBLÈMES**

**TABLE DES MATIÈRES**

	<b>Page</b>
<b>Avant-propos</b> .....	i
<b>Groupe de travail fédéral-provincial sur la qualité mycologique de l'air dans les immeubles publics</b> .....	ii
<b>Résumé l'intention de la direction</b> .....	iii
<b>I. Introduction</b> .....	1
<b>II. Effets sur la santé humaine des champignons présents dans l'air intérieur</b> .....	3
<b>III. Lignes directrices</b> .....	5
3.1 Résumé des lignes directrices actuellement disponibles pour la qualité mycologique de l'air intérieur .....	5
3.2 Interprétation par le groupe de travail des résultats obtenus avec le <i>Guide technique</i> <sup>2</sup> 1993 de Santé Canada .....	6
<b>IV. Marches suivre recommandées pour l'inspection et l'interprétation de la contamination fongique l'intérieur</b> .....	9
4.1 Contexte .....	9
4.2 Principes généraux .....	9
4.3 Méthodes d'échantillonnage destinées à déceler les zones de prolifération fongique .....	11
4.4 Protocoles d'inspection des immeubles visant déterminer la présence de zones de prolifération fongique .....	12
4.4.1 Buts des protocoles .....	12
4.4.2 Modes d'utilisation des protocoles .....	13
4.4.3 Symboles et expressions .....	14
4.4.4 Protocoles .....	14
Algorithme abrégé pour <i>Stachybotrys</i> .....	35
<b>V. Assainissement et entretien préventif des immeubles</b> .....	36
5.1 Assainissement .....	36
5.2 Entretien préventif .....	37
5.2.1 Contexte .....	38
5.2.2 Considérations relatives à la conception des immeubles .....	38

5.2.3	Mise en œuvre d'un programme d'entretien préventif .....	39
5.2.4	Communications .....	39
<b>VI.</b>	<b>Recommandations relatives aux mesures et aux recherches futures .....</b>	<b>40</b>
<b>VII.</b>	<b>Bibliographie .....</b>	<b>42</b>
	<b>Glossaire .....</b>	<b>46</b>

## TABLE DES MATIÈRES DÉTAILLÉE

4.4.4 Protocoles	Page
n° 1 : Pourquoi faut-il procéder à une inspection ?	14
n° 2 : Antécédents de l'immeuble	15
n° 3 : Inspection visuelle	16
n° 4 : Échantillonnage de l'air	17
n° 5 : Recherche de traces de champignons dans les matières déposées : poussières, biofilms et eau stagnante	21
n° 6 : Prélèvement de poussières par aspiration	22
n° 7 : Examen au microscope des moisissures ou des poussières	24
n° 8 : Culture d'échantillons prélevés à l'aide d'un coton-tige ou par raclage et d'échantillons de poussière de surface, et utilisation de géloses de contact	25
n° 9 : Recherche physique extraordinaire : examen de sites difficiles d'accès à l'intérieur de l'immeuble	27
n° 10 : Localisation et élimination des sources de moisissures (autres que <i>Stachybotrys</i> )	28
n° 11 : Faibles quantités de <i>Stachybotrys</i> , source non localisée, probablement située à l'intérieur	28
n° 12 : Quantités de <i>Stachybotrys</i> allant de faibles à élevées, source non localisée, probablement située à l'intérieur	30
n° 13 : Faibles quantités de <i>Stachybotrys</i> , source non localisée, située à l'extérieur ou à l'intérieur	30
n° 14 : Quantités de <i>Stachybotrys</i> allant de faibles à élevées, source non localisée, située à l'extérieur ou à l'intérieur	31
n° 15 : Échantillonnage de l'ergostérol ou du glucane	32
n° 16 : Échantillonnage des mycotoxines dans l'air ou la poussière	32

n° 17 : Examen microscopique direct d'eau d'humidificateur .....	33
n° 18 : Mise en culture de l'eau d'humidificateur .....	33
n° 19 : Tests de cytotoxicité .....	33

## Liste des annexes

### **Annexe A**

Effets sur la santé humaine de la contamination  
fongique de l'air l'intérieur des immeubles ..... 54

### **Annexe B**

*Guide technique pour l'évaluation de la qualité de l'air  
dans les immeubles Bbureaux, Santé Canada, 1993 (pages 55-57) ..... 69*

### **Annexe C**

Marche suivre normalisée : exemple d'une inspection visant  
détecter des cas de contamination de l'air intérieur par des agents  
mycologiques, et des mesures prises la suite de cette inspection ..... 72

### **Annexe D**

Méthodologie d'échantillonnage applicable aux bioaérosols  
fongiques et aux zones de prolifération dans les cas de présence  
présumée de moisissures l'intérieur des immeubles ..... 75

## Avant-propos

Dans le domaine de l'hygiène du milieu, la perception accrue d'un problème particulier provoque parfois de l'inquiétude dans le grand public. L'expérience récente dont on a été témoin relativement à la qualité de l'air l'intérieur des écoles de l'Île-du-Prince-Édouard en constitue un exemple. La question principale portait sur la contamination fongique, en particulier sur la façon d'interpréter les données obtenues en laboratoire concernant les effets sur la santé humaine de la contamination par les champignons.

Le Comité fédéral-provincial de l'hygiène du milieu et du travail a demandé qu'on l'aide résoudre ce problème. Dans le cadre de son mandat, le Comité examine les risques que représentent pour la santé les produits chimiques, les radiations, les microbes présents dans l'environnement, le tabac et les produits dangereux. Selon le type de risque, il faudra peut-être, pour que le Comité puisse réaliser son mandat, mettre sur pied des sous-comités comme le sous-comité de l'eau potable, dont l'objectif est d'élaborer et de mettre continuellement jour des Recommandations pour l'eau potable au Canada. On crée des groupes de travail lorsqu'un problème exige la publication d'un rapport dans un délai précis.

La demande de l'Île-du-Prince-Édouard et avec l'appui du Comité fédéral-provincial de l'hygiène du milieu et du travail, un groupe de travail a été autorisé à examiner la qualité mycologique de l'air

l'intérieur des immeubles publics. Afin d'aborder le problème sous tous ses aspects, on a choisi comme membres des personnes spécialisées en médecine respiratoire, en médecine du travail, en microbiologie médicale, en santé et en sécurité du travail, en mycologie médicale, en microbiologie environnementale et en hygiène du milieu.

Le Groupe de travail sur la qualité mycologique de l'air dans les immeubles publics s'est réuni dans le cadre de six séries de rencontres tenues au cours d'une période de dix mois. Chaque membre était responsable d'un sujet et a rédigé une section du rapport. Le groupe examinait ensuite chaque section en vue d'en arriver à un consensus. Il nous reste encore beaucoup à apprendre sur l'importance de la présence de champignons dans l'air intérieur et sur leur impact sur la santé humaine; le présent rapport renferme plusieurs recommandations concernant les recherches qu'il y aurait lieu d'effectuer.

Le Groupe de travail a tenté de fonder son rapport final sur des données scientifiques existantes, mais il reconnaît que ces données sont limitées et incomplètes. Les recommandations sont générales et il faut faire preuve de beaucoup de discernement pour déterminer de quelle façon elles doivent être appliquées dans des situations spécifiques. Les recommandations insistent sur l'élimination des points de prolifération des champignons et sur la protection des occupants.

**Groupe de travail fédéral-provincial sur la  
qualité mycologique de l'air dans les immeubles publics**

M. Richard Davies (président)  
Division of Environmental Health  
PEI Department of Health & Social Services  
P.O. Box 2000  
Charlottetown (Î.-P.-É.)  
C1A 7N8

D<sup>r</sup> Richard Summerbell  
Département de mycologie  
Direction des services de laboratoire  
Ministère de la Santé de l'Ontario  
81 Resources Road  
Etobicoke (Ontario)  
M9P 3T1

D<sup>r</sup> David Haldane  
Department of Microbiology  
Victoria General Hospital  
1278 Tower Road  
Halifax (Nouvelle-Écosse)  
B3H 2Y9

D<sup>r</sup> Alfred Dufour  
Environmental Monitoring System Laboratory  
U.S. Environmental Protection Agency  
Cincinnati, Ohio 45268  
États-Unis

D<sup>r</sup> Kenneth Yu  
Medical Microbiology & Infectious Diseases  
Department  
Occupational Health and Safety  
University of Alberta  
106 Education Park  
Edmonton (Alberta)  
T6G 2R5

D<sup>r</sup> Irvin Broder  
Gage Research Institute  
Department of Medicine  
Université de Toronto  
223 College Street  
Toronto (Ontario)  
M5T 1R4

D<sup>r</sup> Robert Dales  
Faculté de médecine  
Université d'Ottawa  
Ottawa (Ontario)  
K1H 8L6

D<sup>r</sup> John Kirkbride  
Sciences de la santé au travail  
Santé Canada  
Ottawa (Ontario)  
K1A 0L3

D<sup>r</sup> Tiiu Kauri  
Direction de l'hygiène du milieu  
Santé Canada  
Ottawa (Ontario)  
K1A 0L2

M. William Robertson  
Direction de l'hygiène du milieu  
Santé Canada  
Ottawa (Ontario)  
K1A 0L2

M<sup>me</sup> Louise Damant (secrétariat)  
Direction de l'hygiène du milieu  
Santé Canada  
Ottawa (Ontario)  
K1A 0L2

## Résumé l'intention de la direction

Les conséquences pour la santé de la contamination de l'air intérieur par les champignons soulèvent de plus en plus de préoccupations depuis quelques années. La demande du gouvernement de l'Île-du-Prince-Édouard et avec l'appui du Comité fédéral-provincial de l'hygiène du milieu et du travail, un groupe de travail a été chargé de rédiger l'intention des responsables de la santé publique, de la santé au travail et de l'entretien des immeubles un guide préliminaire les aidant à interpréter, du point de vue de la santé, les données relatives à la contamination des immeubles publics par les champignons.

Le guide a été conçu de manière à faciliter la détermination et la gestion des problèmes de contamination fongique dans les immeubles publics et à mieux faire comprendre le risque pour la santé que constituent les champignons détectés au cours de l'inspection d'un immeuble. Il s'applique à l'air intérieur de tous les immeubles publics, sauf les hôpitaux et les bâtiments utilisés à des fins industrielles.

Le groupe de travail a examiné les effets de la contamination fongique sur la santé, passé en revue les recommandations actuelles sur la qualité de l'air des immeubles et fourni des conseils sur la manière d'évaluer et d'interpréter la contamination fongique, de corriger les situations problématiques et d'assurer un entretien préventif des immeubles.

Le groupe de travail a aussi effectué un examen critique des publications traitant des conséquences pour la santé de l'exposition aux champignons présents dans l'air intérieur des immeubles. Des études épidémiologiques ont régulièrement permis

d'associer certains symptômes respiratoires à l'humidité des maisons et à la croissance de moisissures, mais elles n'ont établi aucun lien de cause à effet. Par ailleurs, on ne connaît pas encore le taux de morbidité imputable aux champignons présents dans les maisons privées et les immeubles publics, ni l'importance du risque que posent ces organismes pour la population. Cependant, à la lumière des connaissances actuelles, il semble prudent de corriger les situations qui favorisent la croissance des champignons dans les immeubles.

Le *Guide technique pour l'évaluation de la qualité de l'air dans les immeubles et bureaux*, publié par Santé Canada en 1993, renferme des conseils sur l'interprétation des données d'échantillonnage des champignons; le présent groupe de travail appuie fermement la démarche proposée. Cependant, le document, qui a été régulièrement utilisé pour l'étude et la résolution de problèmes de qualité de l'air causés par la présence de champignons, a soulevé plusieurs interrogations quant à l'interprétation des données. Pour répondre à ces questions, le groupe de travail a examiné la démarche et propose dans le présent rapport des recommandations légèrement modifiées, qui demeurent cependant essentiellement les mêmes que celles de 1993.

Le principe directeur de toute mesure visant à étudier un problème de contamination fongique ou à le corriger est que cette mesure ne doit pas contribuer à aggraver le problème. On réduit ainsi au minimum le risque que pose cette mesure pour la santé et la sécurité des occupants. En gros, on peut distinguer les cinq étapes

suivantes dans la marche suivre pour déterminer si l'air d'un immeuble public est contaminé par des champignons.

### **Évaluation de l'importance des problèmes de santé**

Pour établir l'existence de problèmes de santé et en évaluer s'il y a lieu la gravité, on peut consulter les professionnels de la santé, les ingénieurs en bâtiment, les gestionnaires, les employés, les représentants syndicaux et les préposés l'entretien. On utilise parfois des questionnaires pour recueillir des données complètes sur les problèmes.

### **Détermination des problèmes environnementaux de l'immeuble**

La prolifération de champignons s'observe le plus fréquemment dans les immeubles trop humides, souvent en présence de matériaux endommagés par l'eau. Les inspecteurs doivent chercher repérer les endroits où l'humidité et la présence de certains substrats risquent de favoriser la croissance des champignons, comme les locaux renfermant des produits celluloseux, les filtres air, les échangeurs de chaleur, les humidificateurs, les puisards, les systèmes de chauffage et de refroidissement périphériques, les tapis mouillés et les matériaux de revêtement de conduits l'intérieur. Les inspecteurs doivent essayer d'établir une corrélation entre ces endroits et les zones où les symptômes sont très fréquents, et de répertorier, le cas échéant, les principales sources possibles de contamination.

### **Identification des zones de prolifération fongique**

Il suffit parfois d'effectuer une inspection approfondie de l'immeuble, suivie d'une analyse microscopique d'échantillons superficiels de moisissures visibles et de dépôts s'accumulant dans les systèmes de chauffage, ventilation et climatisation (CVC). Cependant, si l'inspection ne donne aucun résultat positif, il faut envisager le prélèvement d'échantillons d'air.

Les essais destructifs s'imposent s'il faut démonter certaines structures de l'immeuble pour localiser une source présumée de contamination, mais ces essais risquent d'augmenter le niveau de contamination de l'immeuble. Il arrive notamment que des contaminants cachés soient mis nu par l'équipe d'inspection, puis redistribués par le système de CVC ou de quelque autre façon. Il faut donc faire en sorte que toutes les personnes présentes dans l'immeuble soient protégées contre une éventuelle exposition ces contaminants.

Un des éléments clés du présent rapport est un protocole, détaillé étape par étape, rédigé l'intention des professionnels qui peuvent être appelés inspecter un immeuble où existe un problème présumé de prolifération fongique. Le protocole décrit l'étude des antécédents de l'immeuble, l'inspection visuelle, l'échantillonnage et la mise en culture des propagules aéroportées, l'examen et la mise en culture des matériaux ainsi que le dosage de l'ergostérol et des mycotoxines; on cite également un ouvrage récent qui décrit les champignons pathogènes et toxigènes. Dans le protocole,

on accorde une importance particulière au champignon toxigène *Stachybotrys chartarum* (= *atra*), souvent détecté au Canada dans les immeubles endommagés par l'eau. Le protocole comprend enfin un ordinogramme logique facilitant l'inspection des immeubles où la présence du *S. chartarum* est établie, ou soupçonnée en raison de problèmes de santé.

### **Communication au sujet des risques**

Dès la réception d'une plainte concernant un problème de santé relié à la qualité de l'air dans l'immeuble, il faut établir des lignes de communications avec les occupants, les responsables de la santé et de la sécurité au travail, les gestionnaires et propriétaires de l'immeuble, les employeurs et les représentants syndicaux. Il faut ensuite soumettre l'approbation de tous les intéressés un plan décrivant les étapes que l'on envisage pour chercher la cause du problème. Ensuite, si la présence des champignons est confirmée, il faut consulter les parties quant aux risques pour la santé et quant aux correctifs nécessaires. Les occupants doivent être tenus informés, pendant toute la durée de l'inspection, de l'application des mesures correctrices et du suivi.

### **Mesures correctrices**

Les stratégies visant à corriger les problèmes de qualité de l'air causés par des champignons doivent avant tout viser à éliminer les situations qui favorisent la prolifération de ces organismes potentiellement dangereux. Les mesures correctrices peuvent comprendre le nettoyage des zones touchées, la décontamination des systèmes de CVC, l'enlèvement des matériaux contaminés, la réparation ou le remplacement des matériaux

et des structures endommagés et la modification des conditions environnementales des zones touchées. On peut présumer que les mesures modifieront l'état de contamination de l'immeuble, notamment si des contaminants en forte concentration sont exposés et agités au cours de l'opération, puis redistribués par le système de CVC.

La conception, la construction et l'entretien des immeubles publics doivent permettre d'éviter le plus possible les conditions favorisant l'accumulation, la prolifération et la dissémination des microorganismes dans l'air intérieur. Les préposés à l'entretien et les gestionnaires des immeubles doivent connaître les effets possibles de l'air contaminé sur la santé et comprendre l'importance de concevoir, installer, faire fonctionner et entretenir correctement les systèmes de CVC. La prévention constitue en effet une des meilleures stratégies de gestion des risques en ce qui concerne la contamination de l'air par les champignons.

Le présent rapport est fondé sur les données publiées à ce jour, et le groupe de travail reconnaît que celles-ci peuvent être limitées ou imparfaites. Cependant, de manière générale, le rapport devrait être utile s'il est appliqué à chaque cas précis avec discernement. Une importance particulière a été accordée à l'élimination des sources de prolifération fongique et à la protection des occupants.

Bien des aspects de la contamination de l'air intérieur par les champignons et de ses effets sur la santé humaine sont encore mal connus. Le rapport renferme à cet égard plusieurs recommandations quant aux points qui nécessitent une recherche plus approfondie.

## I. Introduction

Les conséquences pour la santé des contaminants fongiques dans l'air intérieur sont devenues un problème de plus en plus inquiétant au cours des dernières années. Le but des présentes recommandations est de faciliter la détermination et la gestion des problèmes de contamination fongique dans les immeubles publics et de mieux comprendre le risque pour la santé que représentent les champignons détectés au cours de l'inspection des immeubles. En l'absence de normes nationales, on a utilisé des recommandations publiées par d'autres organismes pour interpréter les résultats des études portant sur la présence de champignons dans l'air intérieur.

Les champignons peuvent causer, on le sait, toute une variété de maladies chez les humains, allant de la rhinite des maladies invasives.<sup>1</sup> Lorsqu'elles sont associées à la contamination fongique d'immeubles, des maladies relativement bien définies sont considérées comme des «maladies liées aux immeubles». Le rôle que jouent les champignons n'est pas bien défini dans le «syndrome des édifices hermétiques», mais c'est ce syndrome qui, la plupart du temps, est l'origine des inspections portant sur les immeubles. Habituellement, ces inspections permettent d'isoler des champignons pour lesquels les risques pour la santé ne sont pas bien définis dans ces circonstances.

Les présentes recommandations ont été élaborées en tenant compte des recommandations déjà publiées.<sup>2</sup> Le Groupe de travail a consulté de nombreux experts s'occupant de réaliser des essais mycologiques dans l'air intérieur et d'interpréter les résultats obtenus. La littérature portant sur les effets sur la santé

d'une exposition des champignons dans l'air intérieur a fait l'objet d'un examen minutieux. Les présentes recommandations portent sur les effets possibles sur la santé, sur les marches suivre recommandées pour évaluer et interpréter la contamination fongique dans l'air intérieur, sur les mesures correctrices et sur l'entretien préventif.

Lors de l'élaboration des recommandations, on a examiné avec minutie les méthodes utilisées pour prélever des échantillons d'air. Les recommandations sont liées à la méthode de collecte des données. On peut choisir les méthodes en tenant compte des limitations et de l'utilité des données obtenues, du coût et de la disponibilité de l'équipement et des pratiques courantes au Canada. Toutefois, nous n'avons pas examiné dans quelle mesure ces recommandations s'appliquent aux résultats obtenus avec d'autres méthodes d'échantillonnage.

Les recommandations décrites dans ce document s'appliquent à tous les environnements intérieurs dans tous les immeubles, sauf deux types : les hôpitaux, car le rôle que jouent les champignons environnementaux dans les infections opportunistes chez les malades immunodéprimés n'a pas été étudié; et les bâtiments utilisés à des fins industrielles, qui ne sont pas visés par le présent document. Vu les variations climatiques observées au Canada et la diversité des immeubles et des fins auxquelles ils servent, il est impossible de prévoir toutes les circonstances. Toutefois, le respect des recommandations devrait réduire l'impact d'une exposition aux champignons et aider les personnes chargées de l'entretien de l'immeuble à résoudre les problèmes structureux et les problèmes environnementaux qui peuvent se poser. Dans les recommandations, on souligne l'importance

d'éviter la croissance des champignons par la mise en œuvre dans les immeubles d'un programme continu d'entretien préventif. Dans la mesure du possible, il faut éliminer les sources possibles de contamination fongique, même en l'absence de résultats d'échantillonnage supérieurs aux limites prévues dans les recommandations, et examiner les conditions favorisant la croissance des champignons.

Il faut reconnaître la complexité de la mycologie de l'air intérieur. Les champignons, on le sait, provoquent des maladies, mais on ne sait pas exactement dans quelle mesure ils contribuent au

syndrome des édifices hermétiques. Il peut être difficile de mesurer les quantités de matières fongiques. Les symptômes liés à la qualité de l'air intérieur ne sont pas spécifiques. L'importance clinique de nombreuses mycotoxines n'a pas été établie dans ce contexte. On se pose aussi d'autres questions, en particulier sur le degré de biodisponibilité des toxines dans les matières fongiques et sur le rôle que jouent les toxines, tant individuellement qu'en combinaison, dans l'apparition des maladies. Comme nos connaissances dans ce domaine s'améliorent continuellement, il y a lieu de revoir ces recommandations intervalles réguliers.

## II. Effets sur la santé humaine des champignons présents dans l'air intérieur

Plusieurs excellentes études<sup>3-7</sup> ont exploré les diverses maladies causées par les champignons. L'annexe A présente une revue détaillée de la littérature portant sur les effets sur la santé humaine des champignons présents dans l'air intérieur. Parmi les médiateurs de maladies, on compte les mycotoxines, les allergènes, les constituants biologiquement actifs des parois cellulaires et les activateurs cellulaires polyclonaux. Les propriétés antigéniques des champignons ont été mises en cause dans l'asthme, l'aspergillose bronchopulmonaire allergique, l'alvéolite allergique extrinsèque et la fièvre due aux humidificateurs.<sup>8-12</sup> Pour ce qui est du milieu résidentiel, Tarlo et coll. ont signalé que 14 sujets allergiques (rhinite, asthme) sur 26 présentaient, lors de tests d'allergie par piqres,<sup>12</sup> une sensibilité aux champignons présents dans leurs maisons.

Les champignons produisant des mycotoxines ne sont pas rares dans les immeubles résidentiels. Lors d'une étude portant sur 52 habitations au Canada, Miller et coll. ont décelé des mycotoxines dans trois maisons où l'on trouvait le champignon *Aspergillus fumigatus*.<sup>13</sup> On a aussi isolé des mycotoxines trichothécènes dans les systèmes de ventilation de trois immeubles «malades» Montréal.<sup>14</sup> *Stachybotrys atra*, une moisissure hydrophile qui peut produire des trichothécènes macrocycliques très toxiques,<sup>11</sup> était responsable, estimait-on, de problèmes chroniques de santé dans un domicile familial.<sup>8</sup> Les symptômes correspondaient ceux provoqués normalement par une toxine; on a décelé des toxines dans l'air intérieur et les personnes

chargées des travaux sont tombées malades pendant l'enlèvement des matériaux. Parmi les autres effets nocifs sur la santé humaine que produit l'inhalation de mycotoxines, effets qui ont été documentés dans des exposés de cas non vérifiés, on compte l'insuffisance rénale,<sup>15</sup> une encéphalopathie qui provoque des tremblements<sup>16</sup> et le syndrome toxique d'aux poussières organiques.<sup>17</sup> Des personnes vivant dans des maisons humides où l'on trouve des moisissures se plaignent de symptômes non spécifiques tels que maux de tête, maux de gorge, alopecie, grippe, diarrhée, fatigue, dermatite, malaise, toux, rhinite, épistaxis et fièvre.<sup>8,18,19</sup> Le  $\beta$ -1,3-glucane, un constituant de la paroi cellulaire des champignons, peut provoquer une toux sèche et irriter la peau, les yeux et la gorge.<sup>20</sup> Des études épidémiologiques effectuées dans plusieurs pays ont indiqué que les symptômes respiratoires signalés dans des questionnaires étaient associés à la présence de moisissures dans les habitations, également signalée dans les questionnaires. Il faut remarquer que l'on faisait les mêmes constatations dans des climats différents, dans des sociétés différentes, dans des habitations possédant des caractéristiques différentes et lors d'études menées par des chercheurs différents. Une étude canadienne faisait aussi état d'un effet dose-réponse.<sup>21,22</sup> Le risque relatif pour la toux était de 1,61 (intervalle de confiance [IC] 95 % de 1,36-1,89) pour la présence d'un site par rapport à aucun site de moisissures, et de 2,26 (IC 95 % de 1,80-2,83) pour deux sites par rapport à aucun site de moisissure.

Contrairement aux études portant sur les habitations résidentielles, les résultats des quelques études effectuées sur des immeubles publics n'étaient pas cohérents. Il serait donc prudent, devant les données qui ont été obtenues, d'éliminer les sources qui, l'intérieur des habitations, favorisent la croissance de moisissures.

Les champignons causent, c'est un fait établi, plusieurs maladies telles qu'infections systémiques et asthme. Toutefois, les cas de telles maladies causées par une exposition des champignons dans des immeubles publics sont rarement sinon jamais signalés. Par contre, on a signalé que les champignons seraient peut-être en cause dans le syndrome des édifices hermétiques, dont les symptômes comprennent :

- irritation des yeux (démangeaison et larmoiement)
- irritation et congestion nasales
- irritation de la gorge
- toux, respiration bruyante
- voix enrouée et changée
- irritation de la peau (sensation de brûlure, démangeaisons, peau sèche)
- maux de tête
- nausée
- somnolence, fatigue
- capacité mentale réduite, fatigue mentale
- odorat et goût changés.

Les symptômes du syndrome des édifices hermétiques ne sont pas spécifiques et sont associés de nombreux facteurs, dont des degrés extrêmes de température et d'humidité. (Ces facteurs ainsi que leurs sources sont énumérés dans le tableau 1 à la page 11 du *Guide technique pour l'évaluation de la qualité de l'air dans les immeubles Bureaux*, publié par Santé Canada en 1993.<sup>2)</sup> Broder et coll.<sup>23</sup> ont cerné un certain nombre de facteurs

associés à la diminution de la sensation de bien-être chez les personnes travaillant dans des immeubles bureaux. En ordre décroissant d'importance, ces facteurs sont : le stress dans le milieu de travail, l'appartenance au sexe féminin, l'exposition des composés organiques volatils (COV) et d'autres facteurs. Le nombre de spores de champignons n'était pas lié à une diminution de la sensation de bien-être. Skov et coll.<sup>24</sup> ont étudié l'effet des caractéristiques personnelles, des facteurs liés au travail et des facteurs psychosociaux sur le syndrome des édifices hermétiques. Ils ont constaté que le fait d'être une femme, la catégorie de travail, les tâches (manipulation de papier autocopiant, travaux de photocopie, utilisation d'un écran) et les facteurs psychosociaux liés au travail (mécontentement vis-à-vis de superviseurs ou de collègues et charge de travail inhibant la satisfaction au travail) étaient associés à une irritation des muqueuses liée au travail et des symptômes généraux liés au travail. Cependant, ces facteurs ne pouvaient expliquer les différences de prévalence de symptômes observées dans différents immeubles; en effet, cette prévalence dépendait étroitement du facteur lié à l'immeuble (c.-à-d. du climat intérieur). Ainsi, plus d'un facteur peut intervenir dans un immeuble donné; en pratique, observe-t-on, il est habituellement difficile d'attribuer les symptômes des agents spécifiques. Même lorsque les enquêteurs estiment que la qualité de l'air dans un immeuble est insatisfaisante, il peut être difficile d'établir les causes des symptômes, et l'établissement de ces causes pourrait conduire à l'exclusion.

### III. Lignes directrices

#### 3.1 Résumé des lignes directrices actuellement disponibles pour la qualité mycologique de l'air intérieur

Le tableau ci-après est une compilation des lignes directrices que le Groupe de travail a consultées.

SOURCES	PROBLÈME ÉTUDIÉ	MÉTHODES D'INSPECTION	INFORMATION SUR L'ÉCHANTILLONNAGE	FONDEMENT	LIGNE DIRECTRICE	MESURES CORRECTRICES
<b>GÉNÉRALES</b>						
ACGIH Guidelines for the Assessment of Bioaerosols in the Indoor Environment <b>1989</b> <sup>25</sup>	Bioaérosols d'intérieur dans l'air intérieur, par exemple champignons, mycotoxines, bactéries, endotoxines	Étude sur place; pourrait donner lieu des mesures correctrices sans l'exécution d'autres études	Description de l'échantillonnage de l'air; l'échantillonnage de routine des bioaérosols n'est pas recommandé	<i>Medical Preassessment</i> pp. 1-9	<b>ACGIH Fungi, p. 8</b> Aucune ligne directrice chiffrée*	Mesures correctrices générales; biocides caractérisés et examinés séparément
Guide technique pour l'évaluation de la qualité de l'air dans les immeubles bureaux, <b>Santé Canada 1993</b> <sup>2</sup>	Guide technique général	Listes de contrôle individuelles pour divers contaminants	Considérations et stratégies d'échantillonnage; échantillonneur centrifuge Reuter (4 min)	Lignes directrices basées sur la présence de microorganismes dans des immeubles non résidentiels	Lignes directrices chiffrées présentées; voir l'annexe B du présent document	Stratégies correctrices individuelles pour divers contaminants
Particules biologiques dans les environnements intérieurs, <b>Commission des communautés européennes (CCE) 1993</b> <sup>26</sup>	Étude de quatre principales catégories de bioaérosols (mites, particules transportées par les animaux, champignons, bactéries)	Recommandations pour différentes études portant sur des environnements intérieurs : maisons, milieux non industriels	Revue des échantillonneurs et des méthodes d'analyse disponibles pour les échantillons d'air et de poussières et les échantillons prélevés en surface	Aucune méthode pour évaluer adéquatement l'exposition des particules biologiques; étude des effets sur la santé et de la présence de particules	Valeurs données pour des catégories représentatives (CCE, p. 35), mais aucune ligne directrice pour la santé ne peut être établie partir des connaissances actuelles	Sans objet
Airborne fungal populations in non-residential buildings in the United States. <b>1993</b> <sup>27</sup>	Bioaérosols fongiques dans des immeubles non résidentiels	Sans objet	Échantillonneur Andersen N6 une étape (1 min) et gélose d'extrait de malt (2 %)	Basé sur la présence de particules	Limite proposée de 200 UFC/m <sup>3</sup> pour les aérosols fongiques**	Sans objet
<b>SPÉCIFIQUES L'ESPÈCE</b>						
Guidelines on Assessment and Remediation of <i>Stachybotrys atra</i> <b>New York 1993</b> <sup>28</sup>	Cas de contamination par <i>S. atra</i>	Évaluation de la contamination microbienne basée sur l'évaluation environnementale (inspection visuelle, échantillonnage en vrac, surveillance de l'air)	Pour l'évaluation de routine, l'échantillonnage de l'air en vue de déterminer la présence de <i>S. atra</i> n'est pas recommandé	L'exposition chronique <i>S. atra</i> en suspension dans l'air risque d'avoir des répercussions négatives sur la santé	Toute concentration supérieure aux concentrations l'extérieur devrait être considérée comme positive	Importantes mesures correctrices pour éliminer sans danger <i>S. atra</i> en faisant appel différents niveaux de confinement

Remarque : Autres normes : Norme 62-1989 de l'ASHRAE. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality<sup>29</sup>; OSHA Indoor Air Quality - Proposed Rule, 1994<sup>1</sup>

\* L'ACGIH 1989<sup>25</sup> signalait qu'une valeur inférieure 100 UFC/m<sup>3</sup> (unités formant colonie par mètre cube) ne suscitait aucune inquiétude; cependant, l'ACGIH<sup>30</sup> indiquait qu'une limite d'exposition (TLV) générale pour une concentration de bioaérosols cultivables et dénombrables n'était pas, pour le moment, justifiable sur le plan scientifique. La présence d'un champignon toxigène en concentrations inhabituelles devrait susciter la mise en œuvre d'un programme d'échantillonnage environnemental visant des toxines spécifiques.<sup>25</sup>

\*\* partir des résultats obtenus avec plus de 2 000 échantillons prélevés l'intérieur et l'extérieur, on formule une recommandation de 200 UFC/m<sup>3</sup> pour les bioaérosols fongiques, car 75 % des échantillons prélevés l'intérieur présentaient des concentrations de matières fongiques inférieures 175 UFC/m<sup>3</sup>. Il y a lieu de procéder à une analyse critique des résultats lorsque des champignons pathogènes ou toxigènes sont décelés.

---

### 3.2 Interprétation par le groupe de travail des résultats obtenus avec le Guide technique<sup>2</sup> 1993 de Santé Canada

Les plaintes concernant des problèmes de santé présentées par les occupants d'un immeuble peuvent avoir des causes nombreuses et diverses que permettront de cerner l'inspection des lieux ou l'examen du programme d'entretien qui y a été mis en œuvre. Tout élément identifiable favorisant la croissance des champignons devra être corrigé et tout dépôt visible de champignons devra être éliminé.

Idéalement, il faudrait procéder à un échantillonnage pour déceler toute situation risquant de nuire à la santé des occupants de l'immeuble. Il est évident que les champignons pathogènes et toxigènes peuvent causer des maladies, mais on ignore en grande partie les risques que constitue pour la santé une concentration donnée. Au lieu de tenter de quantifier les risques pour la santé, on peut prélever des échantillons pour déterminer s'il y a présence de zones de prolifération fongique

l'intérieur. La présence de concentrations élevées de champignons, de certains mélanges d'espèces et d'espèces individuelles particulières fournit aux inspecteurs

expérimentés chargés d'examiner l'air l'intérieur des bâtiments les données nécessaires pour déceler une zone de prolifération fongique.

La nature de la technique utilisée pour l'inspection permet de déterminer quelles espèces peuvent être décelées. *Stachybotrys atra* peut être présent dans des cavités des murs et être absent des échantillons d'air prélevés dans les pièces adjacentes. On ne se rendra peut-être pas compte qu'un grand espace comporte de petits endroits localisés contaminés, si les échantillons d'air sont prélevés au centre de ce grand espace. Le choix de l'endroit précis où on prélève un échantillon est très important. Les champignons observés dépendent considérablement du milieu utilisé.

Il ne faut pas interpréter les résultats des dénombrements sans tenir compte du contexte. La détection de champignons pathogènes et toxigènes doit être suivie d'autres inspections ou de mesures correctrices. Les nombres déterminés dépendent étroitement de nombreux facteurs et sont très variables, ce qui rend difficile

l'établissement de concentrations acceptables. Parmi ces facteurs, on compte le type de milieu utilisé dans l'échantillonneur, la durée d'échantillonnage, les activités des occupants, la saison, la part que joue la ventilation naturelle par rapport la ventilation assurée par les systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation (CVC), et l'emplacement géographique.

Des recommandations canadiennes ont été publiées en 1993 dans le *Guide technique pour l'évaluation de la qualité de l'air dans les immeubles B bureaux*.<sup>2</sup> Comme l'indique ce document, les recommandations sont basées sur l'ensemble des nombreuses données obtenues pendant plusieurs années l'aide d'un échantillonneur centrifuge Reuter dont la durée d'échantillonnage avait été réglée quatre minutes. Ces recommandations, qui sont utilisées régulièrement, ont été jugées utiles par les personnes travaillant sur le terrain. Des questions d'interprétation et de clarification ont donc été soulevées. On présente ci-après des énoncés tirés des recommandations dans le but d'éclaircir ces questions, mais les recommandations demeurent essentiellement telles qu'elles sont dans le document d'origine (voir l'annexe B), ce que le groupe de travail appuie fermement.

1. Les excréments d'oiseaux ou de chauves-souris qui s'accumulent dans les prises d'air, les conduites et/ou les locaux contiennent fréquemment des champignons pathogènes virulents, par exemple *Cryptococcus neoformans* et, dans certaines régions géographiques, *Histoplasma*, ainsi que des champignons moins virulents comme *Aspergillus fumigatus*, qui est toxigène. L'échantillonnage de l'air ou des excréments ne permet pas de détecter tous ces organismes de façon

fiable; il faut automatiquement considérer toute accumulation d'excréments comme une source dangereuse de champignons pathogènes. Il faut prendre des mesures appropriées pour éliminer sans danger toute accumulation d'excréments d'oiseaux ou de chauves-souris.

2. La présence persistante, révélée par des échantillonnages répétés, de champignons toxigènes (par exemple *Stachybotrys atra*, le toxigène *Aspergillus*, *Penicillium* et *Fusarium* spp.), indique qu'une évaluation plus approfondie est nécessaire et que des mesures appropriées doivent être prises.
3. La présence confirmée d'au moins une espèce fongique dans un pourcentage important d'échantillons d'air intérieur, qui ne se retrouve pas dans les échantillons d'air extérieur, révèle la présence d'un amplificateur fongique. Il faut prendre des mesures appropriées.
4. La mycoflore «normale» de l'air est qualitativement analogue celle de l'air extérieur, mais quantitativement moindre. Le nombre d'isolats fongiques dans l'air extérieur dépend de la technique d'échantillonnage, de la saison, des conditions météorologiques, des activités, etc. Il n'existe aucune donnée publiée sur la plage de valeurs «normales» dans différentes régions au Canada, et les données existantes sont peut-être basées sur des techniques d'échantillonnage qui ne seront probablement pas utilisées lors d'études modernes de l'air intérieur.

5. Il pourrait y avoir des raisons de s'inquiéter en présence de plus de 50 UFC/m<sup>3</sup> (dans l'air intérieur ou dans l'air extérieur) d'une seule espèce (autre que *Cladosporium* ou *Alternaria* spp.). Il y aurait lieu de pousser plus loin les recherches si un échantillon répété confirme ce résultat et établit qu'il est basé sur une source intérieure. (L'erreur d'échantillonnage étant élevée dans le cas des colonies peu nombreuses, l'échantillonnage répété peut réduire la variabilité des résultats et aider à distinguer les situations où des mesures sont justifiées.)
6. Une concentration allant jusqu'à 150 UFC/m<sup>3</sup> est acceptable si le mélange d'espèces correspond aux spores trouvées dans l'air extérieur. Si les dénombrements sont plus élevés, les filtres à air sont probablement sales ou inefficaces, ou il y a d'autres problèmes.
7. Une concentration allant jusqu'à 500 UFC/m<sup>3</sup> est acceptable en été si les espèces présentes sont surtout *Cladosporium* ou d'autres champignons microscopiques d'arbres et de feuilles. Si les valeurs sont plus élevées, il se pourrait que les filtres ne fonctionnent pas correctement ou que le bâtiment soit contaminé.
8. En présence d'une quantité visible de champignons sur des carreaux de plafond, dans des humidificateurs, dans des diffuseurs, dans des conduites d'approvisionnement en air ou sur d'autres surfaces (y compris des champignons visibles au microscope dans les humidificateurs), il est nécessaire de procéder à une inspection et d'intervenir, et ce, quelle que soit la charge de spores en suspension dans l'air.
9. La sensibilité de l'échantillonnage destiné à détecter des zones de prolifération fongique n'est pas parfaite, et on peut obtenir des faux négatifs; la détection est particulièrement peu efficace dans le cas de certaines espèces. En présence d'une zone présumée de prolifération fongique, il faut faire appel à d'autres méthodes d'inspection, décrites dans le présent document.

## **IV. Marche suivre recommandée pour l'inspection et l'interprétation de la contamination fongique l'intérieur**

### **4.1 Contexte**

Au Canada, la sécurité des lieux de travail est exigée par divers cadres législatifs, dont les diverses lois provinciales sur la santé et la sécurité au travail, le Droit l'information des travailleurs, le Système d'informations sur les matières dangereuses utilisées au travail (SIMDUT), le Code canadien du travail, ainsi que la Loi et le Règlement sur le transport des marchandises dangereuses (TMD) qui sont administrés par Transports Canada. Il est de la plus haute importance de disposer d'une marche suivre qui protégera la santé et assurera la sécurité des visiteurs, des occupants, du grand public et des travailleurs qui procèdent une inspection visant déterminer s'il y a contamination fongique des immeubles publics ( l'exception des hôpitaux et des bâtiments utilisés des fins industrielles).

### **4.2 Principes généraux**

Le principe directeur est de faire en sorte que les travaux ou la marche suivre mis en uvre pour étudier ou corriger un problème n'aggravent pas la contamination des immeubles publics et ne mettent pas en danger la santé et la sécurité des occupants. Il s'agit d'un processus comprenant plusieurs étapes et il faut, tout au cours de

l'étude, informer régulièrement les employés et les occupants de l'état des travaux. (Pour plus de précisions, se reporter l'annexe C.)

En gros, on peut distinguer les étapes suivantes dans la marche suivre pour déterminer si l'air d'un immeuble public est contaminé par des champignons :

1. *ÉTAPE I - Évaluation de l'importance des problèmes de santé et détermination des antécédents de l'immeuble.* On peut évaluer la prévalence et la gravité des problèmes de santé en consultant les gestionnaires, les employés, les représentants syndicaux, les membres des comités conjoints de la santé et de la sécurité au travail et les préposés l'entretien. Il faut aussi demander l'avis de professionnels de la santé qui s'y connaissent dans ce domaine. On utilise parfois des questionnaires pour recueillir des données plus précises. La valeur de ces données sera réduite par le fait qu'une minorité significative d'occupants d'immeubles «sans problème» décriront des symptômes qu'ils attribuent l'environnement intérieur. Au cours de cette étape, les mesures prises par l'équipe chargée de l'inspection ne devraient pas modifier le niveau de contamination de l'immeuble.

2. ÉTAPE II - *Détermination des problèmes environnementaux de l'immeuble.* Pour croître et proliférer, les champignons ont besoin d'eau et d'éléments nutritifs. On observe le plus souvent des champignons dans des immeubles trop humides, souvent en présence de matériaux endommagés par l'eau. Le taux d'humidité peut être élevé. Il peut y avoir des traces visibles de condensation sur les fenêtres. Il peut y avoir une odeur caractéristique de contamination fongique. Les inspecteurs doivent chercher repérer les endroits où l'humidité et la présence de certains substrats risquent de favoriser la croissance des champignons, comme les locaux renfermant des produits celluloseux (papier, carton, bois, etc.), les filtres à air, les échangeurs de chaleur (condensation sur les serpentins de refroidissement), les humidificateurs, les puits, les unités de chauffage et de refroidissement périphériques, les tapis mouillés et les matériaux de revêtement poreux, etc. Les inspecteurs doivent essayer d'établir une corrélation entre ces endroits et les zones où les symptômes sont très fréquents, et de répertorier, le cas échéant, les principales sources possibles de contamination. Au cours de cette étape, les mesures prises par l'équipe chargée de l'inspection ne devraient pas modifier le niveau de contamination de l'immeuble.
3. ÉTAPE III - *Échantillonnage (voir aussi l'annexe D)*
  - a. Échantillonnage des surfaces à l'aide d'un ruban transparent
  - b. Prélèvement par raclage de matières contaminées
  - c. Échantillonnage de routine de l'air
  - d. Échantillonnage en vrac

Au cours de cette étape, les mesures prises par l'équipe chargée de l'inspection ne devraient pas modifier le niveau de contamination de l'immeuble.

4. ÉTAPE IV - *Communication au sujet des risques.* On a défini la communication au sujet des risques comme «la transmission, entre des personnes intéressées, d'informations sur les niveaux de santé et de risques environnementaux; sur l'importance ou la signification de tels risques; ou sur les décisions, les mesures ou les politiques visant à gérer ou éliminer ces risques». <sup>31</sup> Dès la réception d'une plainte concernant un problème de santé lié à la qualité de l'air dans l'immeuble, il faut établir des voies de communication avec les occupants, les responsables de la santé et de la sécurité au travail, les gestionnaires et les propriétaires de l'immeuble, les employeurs et les représentants syndicaux. Il faut ensuite soumettre l'approbation de tous les intéressés les mesures qui seront prises pour chercher la cause du problème. Si la présence de champignons est décelée, il faut consulter les personnes intéressées pour leur signaler les risques pour la santé et les mesures correctrices à prendre. Les personnes qui interviennent lors de l'inspection et de l'application des mesures correctrices doivent avoir reçu une formation appropriée conformément au SIMDUT et la loi provinciale applicable en matière d'hygiène et de sécurité au travail. Les occupants doivent être tenus au courant pendant toute la durée de l'inspection, de l'application des mesures correctrices et du suivi. Il existe des informations détaillées traitant de stratégies de communication efficaces à utiliser en

présence de problèmes concernant la qualité de l'air intérieur.<sup>2,32,33</sup> Au cours de cette étape, les mesures prises par l'équipe chargée de l'inspection ne devraient pas modifier le niveau de contamination de l'immeuble.

5. ÉTAPE V - *Essais destructifs*. On procède des essais destructifs s'il faut démonter certaines structures de l'immeuble pour localiser une source présumée de contamination. Au cours de cette étape, le niveau de contamination de l'immeuble risque d'augmenter, estime-t-on, car il arrive que des contaminants cachés soient mis nu par l'équipe d'inspection, puis redistribués par le système de CVC ou de quelque autre façon. Il faut donc s'assurer que toutes les personnes présentes dans l'immeuble soient protégées contre une éventuelle exposition ces contaminants.
6. ÉTAPE VI - *Mesures correctrices*
  - a. Enlèvement des matériaux contaminés.
  - b. Décontamination du système de CVC et d'autres systèmes, selon les besoins.
  - c. Réparation ou remplacement des matériaux et/ou des structures endommagés.

Au cours de cette étape, les mesures prises par l'équipe chargée de l'inspection risquent, estime-t-on, de modifier le niveau de contamination de l'immeuble, notamment si des contaminants en forte concentration nouvellement exposés sont agités au cours de l'opération, puis redistribués par le système de CVC.

#### **4.3 Méthodes d'échantillonnage destinées à déceler les zones de prolifération fongique**

Il est très utile de procéder des échantillonnages de l'air pour évaluer les problèmes de prolifération fongique, mais ces échantillonnages doivent faire partie d'une stratégie. Ces échantillonnages ne sont pas nécessaires lorsque rien n'indique l'existence d'un problème de contamination par des champignons. Par exemple, lorsque l'analyse de routine révèle des problèmes de qualité de l'air de nature non fongique, le prélèvement d'échantillons d'air en vue de déterminer la présence de champignons est généralement inutile. On peut envisager le prélèvement d'échantillons d'air lorsque la prolifération de champignons l'intérieur est considérée comme une possibilité — par exemple lorsqu'on a déjà observé des taux d'humidité élevés ou des dommages causés par l'eau, ou encore lorsqu'un examen ordinaire de la qualité de l'air ne permet pas de trouver, pour un problème évident, une cause vraisemblable. Toutefois, l'échantillonnage n'est plus utilisé seul et n'est pas considéré comme le seul moyen permettant de déterminer s'il y a présence de champignons. Bien souvent, l'inspection visuelle approfondie d'un immeuble où l'on a constaté des problèmes, combinée au prélèvement d'échantillons sur certaines surfaces en vue d'examiner au microscope des dépôts dans les conduites ou des colonies de moisissures visibles, peut permettre de compléter les renseignements obtenus la suite du prélèvement d'échantillons d'air ou même, dans certains cas, rendre inutile tout échantillonnage de

l'air. De tels cas se présenteront en particulier lorsqu'une inspection visuelle révélera la présence de zones de prolifération florissantes à partir desquelles les moisissures se dispersent dans l'air, ces zones constituant, selon l'hypothèse de travail avancée, les principales sources d'inoculum à l'intérieur du bâtiment. Dans de tels cas, l'application dans les plus brefs délais de mesures correctrices permettra peut-être d'éliminer le problème : il ne sera plus nécessaire de prélever d'autres échantillons si les symptômes dont se plaignaient les personnes affectées disparaissent. Lorsque l'inspection ne donne aucun résultat positif (y compris dans les cas où des moisissures visibles ont été éliminées) mais que le problème de qualité de l'air persiste toujours, il faut envisager la possibilité de prélever des échantillons d'air. Il faut aussi considérer la possibilité que le problème soit causé par des facteurs de nature non fongique. Comme les champignons peuvent proliférer dans des conduites et dans d'autres endroits où ils ne sont pas visibles, plus particulièrement dans les gros immeubles dotés de systèmes de CVC complexes, l'obtention de résultats négatifs lors d'une inspection visuelle ne permet pas elle seule de conclure à l'absence de zones de prolifération fongique susceptibles de constituer un problème. De plus, il peut y avoir dans un immeuble à la fois des zones de prolifération visibles et des zones de prolifération cachées. L'échantillonnage de l'air peut constituer la façon la plus fiable et la plus accessible de détecter les zones de prolifération fongique que n'aurait pas révélées l'inspection visuelle initiale. On trouvera à la section 4.4 des suggestions détaillées sur le moment opportun pour procéder à un échantillonnage de l'air. De plus, il faut se reporter à l'annexe D pour obtenir plus de précisions sur les méthodes d'échantillonnage.

#### **4.4 Protocoles d'inspection des**

#### **immeubles visant à déterminer la présence de zones de prolifération fongique**

##### **4.4.1 But des protocoles**

Les protocoles qui suivent ne sont pas destinés à servir d'informations de base; ils sont plutôt des «recettes» qui aideront l'inspecteur à détecter dans les immeubles des zones de prolifération fongique susceptibles de causer d'éventuels problèmes. Chaque protocole est numéroté et est désigné par un numéro dans le texte. Bien que nécessaire pour assurer la brièveté et la clarté de la marche à suivre, cette façon de procéder peut rendre le texte difficile à lire lorsqu'on passe d'un protocole à un autre; aussi est-il recommandé de faire une copie de la section pertinente de la Table des matières et de consulter cette copie parallèlement au texte pour déterminer quel protocole correspond à un numéro donné. Chaque protocole comprend un préambule exposant en partie le but visé.

Ces protocoles sont destinés à être utilisés par des membres bien informés des diverses professions (inspecteurs dans le domaine de l'hygiène et de la sécurité au travail, inspecteurs des bâtiments, mycologues, professionnels de la santé, techniciens en mécanique du bâtiment, hygiénistes du travail, etc.) auxquels on pourra faire appel pour examiner un immeuble susceptible de présenter un problème de prolifération fongique. Les immeubles inspectés auront peut-être fait l'objet de plaintes concernant un problème de santé ou présenteront des zones de moisissures qui sont visibles ou qui auront été détectées dans le cadre d'un programme d'échantillonnage de routine. Le protocole ne contient aucun renseignement sur l'identification des champignons. Gravesen

et coll.<sup>34</sup> ont publié une excellente étude sur les champignons pathogènes et toxigènes qui constituent un problème.

Bien qu'on le mentionne ailleurs dans le présent document, il faut souligner encore que ces protocoles ne sont pas destinés à faciliter la détection des pathogènes fongiques opportunistes dans les hôpitaux. Dans de tels cas, la détection peut porter sur des types numériquement rares de propagules fongiques; par contre, ce sont les types numériquement abondants de propagules qui suscitent le plus souvent de l'inquiétude dans les problèmes de prolifération fongique généralement observés à l'intérieur des immeubles. Les stratégies de détection mises en œuvre dans les deux cas sont nécessairement très différentes.

Plusieurs protocoles sont destinés à diagnostiquer les infestations causées par *Stachybotrys chartarum* (= *atra*). Cette moisissure particulière sert de modèle dans l'élaboration d'un algorithme permettant d'évaluer la prolifération des moisissures à l'intérieur des immeubles. C'est pour des raisons purement techniques, et non à cause de sa toxicité relativement élevée, que cette moisissure a été choisie : bien souvent, il faut faire appel à des techniques inhabituelles pour détecter cette moisissure avec précision. Contrairement aux autres moisissures toxigènes qui prolifèrent à l'intérieur des immeubles, celle-ci est fréquemment représentée dans l'environnement de manière prédominante par les conidies et d'autres substances qui, bien qu'activement toxiques, ne croissent pas sur des milieux de culture fongiques. Les conidies présentes dans de nombreuses zones de prolifération semblent en grande partie non viables, ou leur germination semble avoir été inhibée d'une façon ou d'une autre. Dans les cas inusités, seuls les nombres de colonies obtenus permettent de tirer une bonne approximation de la quantité de *S. chartarum* présents. Dans certains cas, les échantillons d'air ou de poussière prélevés

peuvent ne révéler aucune trace de *S. chartarum*; néanmoins, des quantités considérables de conidies encore toxiques peuvent être détectées lors de l'examen direct de la poussière ou peuvent être détectées dans le vide intérieur du mur d'une pièce dont les occupants ressentent des malaises. Vu la cultivabilité épisodique de cette espèce, il faut faire appel à plusieurs stratégies de détection atypiques, qui sont décrites dans les protocoles n<sup>os</sup> 11-14. D'autres moisissures toxigènes communes présentes à l'intérieur des immeubles tendent à être cultivables, bien que la croissance puisse, dans certains cas, dépendre de l'activité aqueuse du milieu utilisé. Les protocoles utilisés pour ces moisissures sont généralement moins complexes.

#### 4.4.2 Mode d'utilisation des protocoles

Commencer au n<sup>o</sup> 1 et suivre les suggestions dans cette section qui vous proposent d'autres protocoles susceptibles de convenir. Pour chaque protocole proposé, lire le(s) court(s) paragraphe(s) d'introduction, puis chacune des sous-sections numérotées qui suivent (par exemple, n<sup>o</sup> 8a, n<sup>o</sup> 8b, n<sup>o</sup> 8c, n<sup>o</sup> 8d). Ne choisir que celles qui s'appliquent dans votre cas et les mettre en application, en ignorant celles qui ne s'appliquent pas. Dans ces sous-sections, on vous indiquera les autres protocoles numérotés qu'il faudra suivre.

La présence d'un astérisque ( \* ) indique normalement que le protocole proposé est une technique très utile qui demande beaucoup de travail et beaucoup de connaissances ou qui est coûteuse et qui serait normalement mise en application lorsque des techniques plus simples n'auraient pas permis de résoudre la

situation. On peut donc généralement ignorer les techniques accompagnées d'un astérisque lors des inspections préliminaires et des inspections au cours desquelles ne survient aucune complication inhabituelle.

#### 4.4.3 Symboles et expressions

On explique ci-après les symboles et les expressions employés dans les divers protocoles.

#### 4.4.4 Protocoles

n° 1 : Pourquoi faut-il procéder une inspection?

Une inspection réalisée en vue de déterminer dans quelle mesure les moisissures peuvent contribuer des problèmes de qualité de l'air l'intérieur des immeubles peut être entreprise 1) la suite de l'apparition de symptômes compatibles avec une exposition des bioaérosols fongiques (voir chapitre 2) ou 2) la suite de la détection dans un

immeuble d'une matière fongique susceptible de constituer une source de problèmes. En plus du diagnostic et de l'élimination de la contamination grossière, qui se doivent d'être rapides, l'inspection d'immeubles publics en vue de déterminer s'il y a présence de champignons ne devrait pas normalement être effectuée indépendamment des études réalisées en vue de mesurer d'autres paramètres influant sur la qualité de l'air (voir le protocole n° 2).

a) Si les symptômes sont compatibles avec ceux décrits au chapitre 2, alors procéder une inspection visuelle (n° 3) et vérifier les antécédents de l'immeuble (n° 2). Si cette inspection et cette vérification ne révèlent aucune cause évidente du problème, alors procéder un échantillonnage de l'air (n° 4) ou un échantillonnage exhaustif de la poussière (n° 6)\*. De plus, examiner la matière déposée (n° 5).

<b>Symbole/expression</b>	<b>Explication</b>
*	- protocole complet mais facultatif, exigeant beaucoup de travail; n'est pas toujours appliqué et constitue une option disponible pour les inspections exhaustives.
se fier	- mettre le protocole en application s'il n'a pas été appliqué; s'il a déjà été appliqué, examiner les résultats obtenus.
protocole correcteur	- protocole général mis en application pour éliminer les moisissures (voir la section 5.1).
niveau repère ou d'intervention	- seuil établi à partir duquel la contamination dépasse les niveaux tolérables et à partir duquel il faut intervenir.

b) En l'absence de symptômes, ne pas intervenir sauf s'il y a une quantité de moisissures allant de modérée grande (suivre les protocoles n<sup>os</sup> 2, 3, 7, 8\*, 4\*, 5\*) ou un nombre élevé de moisissures dans des échantillons prélevés lors d'un échantillonnage préliminaire ou de routine de l'air (suivre les protocoles n<sup>os</sup> 2, 3, 5) ou si *Stachybotrys* est décelé dans des échantillons d'air prélevés lors d'un échantillonnage préliminaire ou de routine, dans des échantillons de poussière, dans des échantillons de dépôts visibles de moisissure ou dans des échantillons cultivés prélevés l'aide d'un coton-tige, dans des échantillons de matière superficielle ou dans des échantillons prélevés sur gélose de contact (suivre les instructions pour *Stachybotrys* dans le protocole n<sup>o</sup> 4 pour les échantillons d'air, dans le protocole n<sup>o</sup> 6 pour les échantillons de poussière, dans le protocole n<sup>o</sup> 7 pour *Stachybotrys* visible l' il nu ou au microscope, et dans le protocole n<sup>o</sup> 8 pour les cultures d'échantillons prélevés l'aide d'un coton-tige/échantillons de matière superficielle et les échantillons prélevés sur géloses de contact).

n<sup>o</sup> 2 : Antécédents de l'immeuble

*Antécédents de l'immeuble (antécédents généraux)*. Les problèmes de qualité de l'air l'intérieur des immeubles peuvent avoir des causes diverses et ne doivent pas être automatiquement attribués la présence de microbes. Des facteurs importants tels que la contamination chimique, qui est de nature non fongique (par exemple les composés organiques volatils d'origine industrielle ou commerciale, la fumée de tabac, l'ozone, le dioxyde d'azote, le monoxyde de carbone) ne sont pas visés par ces protocoles, tout comme

les effets possibles de facteurs relevant de la sociologie, tels que les litiges syndicat/patronat concernant la tolérance perçue en matière d'environnement. Bien qu'elle puisse s'appliquer des cas semblables, l'évaluation de maladies bactériennes, d'allergies et d'intoxications (y compris l'exposition des endotoxines), de maladies virales et d'allergies aux arthropodes (par exemples, insectes et acariens), aux protozoaires ou tout produit totalement ou partiellement d'origine animale ou végétale en aérosol n'est pas visée par ces protocoles. Il y a lieu d'envisager un examen minutieux du plus grand nombre possible de tels facteurs lorsqu'ils conviennent.

*Antécédents de l'immeuble (présence de moisissures)*. Enqu ter sur les sites associés aux symptômes; sur les inondations ou les dommages causés par l'eau; sur l'humidité saisonnière; sur la condensation au cours de l'hiver; sur la condensation, au cours de l'été, sur les tuyaux ou les appareils de plomberie dans lesquels circule de l'eau froide; sur la fréquence de nettoyage des tapis, de nettoyage des conduites d'air et d'entretien du système de CVC; sur le type et l'entretien des humidificateurs, des pulvérisateurs ou des nébulisateurs; et sur la présence depuis longtemps d'oiseaux ou de chauves-souris dans le grenier ou ailleurs dans l'immeuble. Interpréter comme indicateur d'antécédents tout dommage causé par l'eau repéré lors de l'inspection visuelle (n<sup>o</sup> 3).

a) Les antécédents de l'immeuble suggèrent qu'il y a une zone facilement perceptible de croissance de moisissures (par exemple surfaces ou articles entreposés endommagés par l'eau, conduites ou

système de CVC entretenus de façon médiocre, etc.); procéder une inspection visuelle (n° 3) dans tous les cas où une telle inspection n'a pas déjà été effectuée.

- b) Les antécédents de l'immeuble laissent croire qu'il existe un site caché de croissance de moisissures (par exemple vide intérieur de mur ou faux plafond préalablement inondé; dessous de tapis préalablement mouillé; tuyaux d'eau froide non protégés ou tuyaux qui fuient dans un faux plafond; trace d'un incendie éteint avec de l'eau, ce qui aurait peut-être affecté des vides intérieurs de mur; présence d'isolant l'intérieur des conduites). Dans de tels cas et dans des cas semblables, et seulement si les symptômes le justifient, procéder un examen physique extraordinaire (n° 9). Si les antécédents suggèrent la présence d'un site caché de croissance de moisissures mais que la zone n'est associée aucun symptôme et ne peut guère constituer une source d'inoculum de moisissures pour les zones dont les occupants se plaignent de symptômes (par exemple une zone non reliée par des conduites d'air par lesquelles l'inoculum de moisissures pourrait se propager vers les pièces où des symptômes ont été signalés), alors ne prendre aucune mesure ou suivre le protocole n° 9b\*.
- c) Les antécédents de l'immeuble suggèrent que des oiseaux ou des chauves-souris ont niché pendant de longues périodes dans le grenier ou dans d'autres endroits : procéder une inspection visuelle (n° 3) en portant un respirateur filtre très efficace pour matière particulaire (filtre HEPA) ou faire appel un expert.
- d) Les antécédents de l'immeuble ne suggèrent rien ou bien les renseignements sont

insuffisants ou incomplets : se fier aux protocoles n° 3, 4 (ou 6) et 5. Les méthodes n° 4 et 6 (échantillonnage de l'air et échantillonnage de la poussière) exigent relativement beaucoup de travail et ne doivent être appliquées que si les plaintes, les antécédents ou les conditions physiques semblent indiquer qu'il peut y avoir un problème de moisissures, mais que la source de ce problème n'est pas immédiatement évidente lors d'une inspection visuelle par simple visite des lieux (n° 3) et par examen au microscope (n° 5 et 7) et que l'on met en doute l'importance des moisissures visibles comme source de bioaérosol.

#### n° 3 : Inspection visuelle

Examiner les murs, plus particulièrement dans les caves, les cadres de fenêtre et les tapis (si possible, examiner le dessous des tapis dans les zones présentant des taches d'eau), les carreaux de plafond, ainsi que tout matériau fait de cellulose fibreuse qui a déjà été humide ou qui l'est encore (papier peint, livres, papiers, isolant constitué de papier journal déchiqueté) et tous les éléments accessibles du système de CVC, pour voir s'il y a présence de moisissures ou de dommages causés par l'eau; vérifier aussi s'il y a de grands espaces intérieurs présentant une surface de sol naturel exposé (par exemple des caves non finies ou des vides sanitaires), de grandes quantités de plantes intérieures, une serre attenant l'immeuble, un grenier où vivent, en permanence ou selon la saison, des oiseaux, des chauves-souris ou d'autres animaux (lorsque les antécédents (n° 2) indiquent que des oiseaux ou des chauves-souris y perchent ou y vivent depuis longtemps,

porter un respirateur muni d'un filtre HEPA lors de l'inspection), et d'autres sources possibles de moisissures.

- a) L'inspection visuelle révèle la présence de moisissures ou de moisissures présumées : prélever des échantillons par raclage ou sur ruban transparent en vue de procéder à un examen microscopique direct (n° 7) et prélever des échantillons par raclage, l'aide d'un coton-tige ou sur une gélose de contact en vue de procéder à une culture (n° 8\*). Si le grenier contient une quantité importante d'excréments d'oiseaux ou de chauves-souris, consulter un expert.
- b) L'inspection visuelle ne révèle aucune moisissure mais indique la présence de matériaux humides ou de zones de sol naturel exposé, comme on le mentionne ci-dessus : se fier aux n°s 2, 4 et 5. En présence d'une grande zone de sol naturel exposé, s'assurer que tout échantillonnage de l'air comprendra aussi le prélèvement d'échantillons à proximité de cette zone, pour voir dans quelle mesure elle constitue une source de propagules fongiques. On peut se servir pour les sols des mêmes techniques que pour l'analyse de la poussière (n° 6\*).
- c) L'inspection visuelle ne révèle ni moisissure, ni humidité apparente ni grande surface de sol naturel à l'intérieur : si les occupants de l'immeuble se plaignent de symptômes, se fier aux n°s 2, 4, 5 et 6\*. En l'absence de symptômes ou d'autres indices de prolifération fongique à l'intérieur, ne pas prendre d'autres mesures. En l'absence de symptômes mais en présence

d'autres indices de prolifération fongique, envisager l'exécution d'une inspection visuelle approfondie (n° 3); si l'inspection suggère l'existence d'un problème caché relatif à l'entretien, procéder à une inspection physique extraordinaire (n° 9).

#### n° 4 : Échantillonnage de l'air

Des dispositifs d'aspiration/mise en culture tels que l'échantillonneur centrifuge Reuter, l'échantillonneur Andersen et l'échantillonneur à mise en culture directe sont recommandés pour l'échantillonnage de l'air dans les immeubles publics; il y a lieu de noter que les recommandations actuelles de Santé Canada sont basées sur des échantillons prélevés pendant une période de quatre minutes à l'aide d'un échantillonneur centrifuge Reuter. Si l'on ne dispose pas d'un tel échantillonneur, on peut utiliser, pour les études préliminaires, des plaques de prélèvement pour substances qui précipitent, mais les résultats doivent être interprétés par un expert qui connaît bien leurs limites, avec des espèces indicatrices locales courantes de moisissures qui prolifèrent à l'intérieur. Même lorsque leurs résultats sont interprétés par un expert, ces plaques ne peuvent indiquer de façon fiable que des environnements extrêmes (forte contamination fongique ou absence de moisissures, croissance de moisissures forte ou minime après exposition d'un nombre suffisant de plaques pendant une heure), tandis que, pour une contamination fongique allant de faible à modérée, elles donneront des résultats qui seront difficiles à interpréter. Pour plus d'informations sur l'échantillonnage par aspiration/mise en culture et sur plaques de précipitation, se reporter à l'Annexe D.

Dans tous les cas où l'on soupçonne que l'environnement intérieur est une source de problèmes de moisissures, l'analyse des échantillons d'air doit surtout porter sur le dénombrement et l'identification des moisissures provenant de l'intérieur ou qui s'y accumulent, et non des moisissures transitoires provenant de l'extérieur de l'immeuble. Pour ce faire, on compare chaque espèce contenue dans l'air intérieur avec celles d'échantillons témoins de l'air extérieur. Ne pas tenir compte des espèces dont le nombre dans l'air intérieur est semblable ou inférieur au nombre déterminé au même moment à l'extérieur (exceptions : *Stachybotrys*, pathogènes fongiques systémiques dimorphes, *Cryptococcus neoformans*), moins que d'autres données n'indiquent que l'espèce prolifère quand même à l'intérieur. Dans ces comparaisons, il n'est pas nécessaire de nommer les espèces; cependant, l'analyse mycologique des caractères macroscopiques et microscopiques doit indiquer qu'il s'agit d'isolats congénères.

Il est recommandé d'identifier les espèces *Aspergillus*, les sous-genres *Penicillium* et les genres d'autres champignons numériquement importants. On peut ignorer les espèces mineures présentes en proportions inférieures à 1 %, la condition que soient décelés *Stachybotrys*, *Aspergillus* et les autres champignons pathogènes ou toxigènes qui constituent un problème.

Il est très important de prélever les témoins d'air extérieur à une bonne distance de l'immeuble faisant l'objet de l'évaluation ou de tout immeuble semblable, à partir d'un endroit situé au vent par rapport aux sorties d'évacuation de l'air intérieur. Les immeubles fortement contaminés altéreront considérablement les «témoins d'air extérieur» et les rendront inutilisables si des méthodes

appropriées ne sont pas utilisées. Les échantillons d'air extérieur doivent être prélevés au moins à 6 m, et de préférence à 10 m, de l'immeuble à évaluer, si possible à partir d'un point situé au vent par rapport à l'immeuble (ou par rapport à tout immeuble semblable); les inspecteurs qui utilisent des dispositifs électriques doivent disposer d'une rallonge de longueur suffisante résistante aux intempéries pour faciliter leur tâche. Lorsque les immeubles sont très proches les uns des autres, on peut tenter de prélever un échantillon d'air à partir de la partie du toit exposée au vent; toutefois, si l'on obtient les niveaux élevés de moisissures normalement associés des sources situées à l'intérieur, il faudra procéder à une inspection plus approfondie pour déterminer la prévalence de ces espèces dans la zone générale (1 km<sup>2</sup>) d'où l'échantillon a été prélevé.

En général, on ne dispose pas de valeurs repères bien établies et significatives du point de vue médical pour les niveaux de moisissures acceptables dans l'air à l'intérieur des immeubles. En l'absence de telles valeurs, la différence entre les niveaux des espèces de moisissures dans l'air intérieur et leurs niveaux dans l'air extérieur constitue le meilleur repère que l'on puisse utiliser pour la détection des zones de prolifération fongique à l'intérieur des immeubles, les niveaux dans l'air intérieur n'étant pas, en l'absence de prolifération, significativement plus élevés que les niveaux dans l'air extérieur (s'il y a lieu, effectuer un test de signification à l'aide du test khi-carré). Une espèce dont la prévalence est plus élevée à l'intérieur qu'à l'extérieur est normalement en train de proliférer à l'intérieur. Ce n'est que rarement qu'il y aura précipitation de spores provenant de

l'extérieur et leur accumulation à l'intérieur en quantités telles que des espèces provenant de l'extérieur sembleront être plus courantes à l'intérieur qu'à l'extérieur. Toutefois, de tels cas peuvent se produire à proximité de grosses installations de compostage situées à l'extérieur. La prolifération de moisissures à l'intérieur est normalement indicative d'un problème d'entretien et peut aussi comporter dans une certaine mesure un risque pour la santé.

De même, une espèce présente à l'intérieur en quantité proportionnellement beaucoup plus grande, par rapport aux spores totales, que la quantité à l'extérieur est normalement en train de proliférer à l'intérieur et indique l'existence d'un problème d'entretien (par exemple, si *Cladosporium cladosporioides* constitue 20 % des spores présentes à l'extérieur et 40 % des spores présentes à l'intérieur, la prolifération à l'intérieur est possible et se produit probablement dans un endroit excessivement humide). Comme il est présentement difficile sinon impossible de chiffrer le risque pour la santé d'une exposition aux moisissures, il est plus utile de se servir des résultats d'un échantillonnage visant à détecter des moisissures pour repérer et corriger les problèmes d'entretien, en étant confiant que, du même coup, tout problème de santé lié à la présence de moisissures et qui y est véritablement associé sera lui aussi corrigé.

Les niveaux repères ou les niveaux d'intervention basés sur des valeurs absolues plutôt que relatives constituent un idéal scientifique fréquemment débattu, mais la plupart des niveaux repères qui ont été proposés jusqu'ici reposent sur des hypothèses injustifiées ou comprennent des éléments arbitraires. Au cours des dernières années, la plupart des autorités ont refusé d'établir des normes uniformes et absolues pour les niveaux

de propagules fongiques dans l'air intérieur. Les comparaisons intérieur/extérieur sont généralement un meilleur outil pour détecter les cas de prolifération susceptibles de causer des problèmes. Dans certains cas, on a comparé le nombre de moisissures à l'intérieur d'immeubles présentant des problèmes de qualité de l'air avec le nombre moyen de moisissures dans des immeubles à l'égard desquels les occupants n'avaient formulé aucune plainte. De telles comparaisons des niveaux «normaux» de spores dans l'air sont le mieux interprétées en combinaison avec la comparaison intérieur/extérieur et la détection de zones de prolifération, décrites plus haut. Au mieux, il faut faire preuve de prudence lorsqu'on interprète des études comparant les immeubles examinés avec les résultats obtenus dans des immeubles présentant des problèmes inconnus et dans des immeubles ne présentant aucun problème. Non seulement faut-il que la technologie soit très bien uniformisée pour composer les données de base, mais les environnements étudiés (par exemple type d'immeuble, région géographique) doivent être hautement comparables. Santé Canada<sup>2</sup> a proposé initialement certains repères provisoires basés sur les niveaux de champignons en suspension dans l'air dans des immeubles bureaux normaux et essentiellement exempts de proliférations fongiques, situés au Canada; le présent document (section 3.2) renferme une version légèrement révisée de ces repères

Les milieux de culture utilisés pour l'échantillonnage de l'air appartiennent à deux catégories physiologiques : milieux à activité aqueuse élevée (milieux de culture fongique d'usage général, tels que gélose extrait de malt ou milieu restriction en

diamètre des colonies, comme la bile de bœuf de Littman ou la gélose au rose bengale)(voir l'annexe D) et milieux à faible activité aqueuse (milieux à concentration élevée en soluté, par exemple gélose au dichloran contenant 18 % de glycérol, utilisée pour détecter les champignons qui croissent sur des matières très sèches, telles que des constituants de la poussière, et qui prolifèrent difficilement sur un milieu de culture fongique d'usage général). Comme de nombreuses moisissures couramment présentes à l'intérieur des immeubles croissent sur des milieux à faible activité aqueuse, ces milieux ont été de plus en plus utilisés au cours des dernières années lors des échantillonnages destinés à détecter des moisissures. L'Annexe A examine de façon plus approfondie l'utilisation de divers milieux de culture pour l'échantillonnage de matières fongiques à l'intérieur des immeubles. Lors d'études mycologiques, on incorpore habituellement des antibiotiques antibactériens dans les milieux de culture.

- a) L'échantillonnage de l'air à l'aide d'un dispositif d'aspiration/mise en culture permet de détecter les moisissures présentes à l'intérieur dont le niveau est supérieur au niveau repère (par exemple dont le niveau, pour la même espèce, est considérablement plus élevé que le niveau à l'extérieur; dans le cas de *Stachybotrys*, toute quantité détectée est présente à un niveau supérieur au niveau repère et devrait donner lieu à une inspection plus poussée). Aller au n° 10 et, en présence de *Stachybotrys*, aller aux n°s 4b-4f et suivre le protocole qui convient le mieux.
- b) *Stachybotrys* détecté en faible quantité à l'intérieur mais non détecté dans les

témoins extérieurs. (Faible quantité = quantité détectée si faible qu'elle est évanescence : par exemple, détection d'une seule colonie isolée quelles que soient les circonstances, ou détection de deux colonies très dispersées dans une grande série d'échantillons provenant de différentes pièces. Veuillez noter que le terme «colonie» désigne une colonie fongique réelle observée sur le milieu d'échantillonnage après incubation, et non une valeur UFC/m<sup>3</sup> dans les calculs.) Aller au n° 11.

- c) Détection d'un nombre de *Stachybotrys* allant de faible à élevé («de faible à élevé» : au moins trois colonies dans un échantillon prélevé dans plusieurs pièces ou deux colonies dans un échantillon provenant d'une seule pièce, ou plus de trois colonies détectées quelles que soient les circonstances), mais non mesuré dans les témoins extérieurs, ou présent dans les témoins extérieurs à des niveaux significativement plus faibles du point de vue statistique (test khi-carré). Aller au n° 12.
- d) Détection de *Stachybotrys* en faible quantité à l'intérieur (voir le n° 4b pour la définition de «faible quantité») et détection en faible quantité ou en quantité plus grande dans les témoins extérieurs. Aller au n° 13.
- e) Détection d'un nombre de *Stachybotrys* allant de faible à élevé (voir le n° 4c pour la définition de «de faible à élevé») à l'intérieur et également dans les témoins extérieurs à des niveaux non significativement différents (test khi-carré) ou plus élevés.

f) L'échantillonnage de l'air ne révèle aucune moisissure l'intérieur ou n'en indique la présence qu'en quantité inférieure au niveau repère; aucune contamination par *Stachybotrys*. Se fier aux n<sup>os</sup> 2, 3 et 5 (6\*) pour déceler toute zone de prolifération temporaire ou se propageant difficilement.

n° 5 : Recherche de traces de champignons dans les matières déposées : poussières, biofilms, eau stagnante

Traditionnellement, l'échantillonnage de l'air l'aide de techniques de mise en culture est employé de préférence au prélèvement direct de substrats et de sédiments susceptibles de contenir des champignons, l'intérieur des immeubles. L'avantage de ce type d'échantillonnage de l'air est qu'il reflète (avec un degré raisonnable d'approximation) le nombre de propagules fongiques vivantes auxquelles est exposé le système respiratoire d'une personne. Par contre, il comporte plusieurs inconvénients : il n'est pas sensible aux propagules non viables, il doit mesurer des populations potentiellement variables de propagules en suspension dans l'air, il comporte une courte durée d'échantillonnage, ce qui rend difficilement perceptibles des phénomènes comme les cycles diurnes de dégagement de propagules, et il est incapable de discerner la source de propagules l'intérieur d'un immeuble. D'autre part, le prélèvement direct de sédiments ou de substrats fongiques solides ou liquides peut faciliter la détection de propagules fongiques non viables, la confirmation de sites de croissance fongique et le dosage *in situ* de produits fongiques nocifs ou de substances chimiques indiquant la présence d'une biomasse fongique, et la détermination des modes de dépôt des propagules fongiques sur des périodes de

temps modérément longues. Veuillez noter qu'habituellement il ne devrait pas y avoir dans l'immeuble de grandes quantités de biofilms ni d'eau stagnante potentiellement contaminée et qu'une telle contamination devrait normalement être éliminée dès qu'elle est décelée. Dans de tels cas, l'échantillonnage ne sert qu' à établir des liens possibles entre la croissance fongique décelée ces endroits et la présence d'inoculum en suspension dans l'air ou déposés sur des surfaces décelés lors de prélèvements faits ailleurs.

a) Marche suivre initiale lorsqu'il n'y a aucun symptôme, lorsque les ressources analytiques sont limitées ou lorsqu'on procède une inspection préliminaire : dans les conduites d'air et les serpentins du système de CVC, etc., suivre les n<sup>os</sup> 7 et 8\* ; procéder une inspection visuelle de tout humidificateur, pulvérisateur, vaporisateur ou nébulisateur qui fonctionne; en présence de turbidité dans l'eau, prélever un échantillon en vue de procéder un examen au microscope (n° 17) et une mise en culture (n° 18).

b) Recherche de traces de champignons dans les matières déposées : poussières, biofilms et eau stagnante. Marche suivre rigoureuse lorsque les symptômes justifient une inspection et que les ressources le permettent : appliquer toutes les marches suivre décrites dans le n° 5 ainsi que dans le n° 6. Il se peut que certaines marches suivre qui sont actuellement l'objet d'une étude de recherche appliquée soient de plus en plus employées dans ces inspections, dont l'échantillonnage de l'ergostérol ou du glucane fongique (n° 15) ou, dans les environnements dans lesquels on trouve ou on prévoit trouver des espèces

mycotoxigènes, le prélèvement direct de mycotoxines (n° 16) ou l'exécution de tests de cytotoxicité (n° 19).

#### n° 6 : Prélèvement de poussières par aspiration

Prélever la poussière sur le plancher ou le tapis l'aide d'un dispositif d'aspiration convenable; de plus, comparer les résultats avec ceux obtenus avec un témoin de poussière extérieure.\* Examiner directement au microscope (n° 7) un sous-échantillon de poussière en vrac; préparer aussi une série de dilutions dans de l'eau stérile ou dans un autre diluant approprié, en commençant avec une quantité mesurée, par exemple 1 g de poussière en suspension dans 10 mL de liquide (suspension 1/10), ensuite un sous-échantillon de 1 mL de cette suspension dans 9 mL de liquide pour obtenir une suspension de 1/100, puis, en procédant de la même manière, des suspensions de 1/1 000, 1/10 000 et 1/100 000\*. Déposer 0,1 mL de chaque suspension sur un milieu de culture à activité aqueuse élevée et un milieu de culture à faible activité aqueuse, en suivant la marche suivie au n° 4 et en faisant plusieurs mises en culture pour chaque suspension. Déterminer le nombre de UFC/g de poussière à partir des résultats obtenus avec la dilution présentant plus de 25 colonies mais moins de 100 colonies par plaque, ou un nombre proche de ces valeurs. Estimer le nombre de moisissures provenant de l'intérieur, déterminé par comparaison de la proportion de chaque espèce à l'intérieur et dans les témoins extérieurs. Il n'est pas nécessaire de nommer les espèces lors de cette comparaison, mais l'analyse mycologique des caractères macroscopiques et microscopiques doit indiquer qu'il s'agit d'isolats congénères. Il est recommandé d'identifier les espèces *Aspergillus*, les sous-genres *Penicillium* et les

genres d'autres champignons numériquement importants. On peut ignorer les espèces mineures présentes en proportions inférieures à 1 %, la condition que soient décelés *Stachybotrys*, *Aspergillus* et les autres champignons pathogènes ou toxigènes qui constituent un problème.

Veillez noter que certains travailleurs prélèvent les poussières en les déposant directement sur un milieu de culture (bien souvent gélose au dichloran contenant 18 % de glycérol, ce qui favorise la croissance des xérophiles associés à la poussière), car la préparation de suspensions aqueuses est parfois difficile. D'autres préfèrent obtenir une mesure approximative de l'exposition des humains à la poussière déposée, en perturbant les matériaux poussiéreux et en procédant à l'échantillonnage de l'air à l'aide d'une technique volumétrique. Lors de la préparation de dilutions dans l'eau et du prélèvement de la poussière soulevée dans l'air, des agglutinants de spores hydrophobes ou de conidies peuvent demeurer en grande partie intacts et donner des colonies qui, en fait, reflètent des agglomérations d'unités potentielles formant colonie. Dans les dilutions contenant un agent mouillant (par exemple le diméthylsulfoxyde), ces agglutinants peuvent se fragmenter et donner l'apparence d'une infestation plus importante.

a) Si des moisissures provenant de l'intérieur sont présentes à des niveaux négligeables ou à un niveau inférieur au niveau repère (voir plus bas), ne prendre aucune autre mesure sauf si d'autres méthodes en prévoient. En présence de *Stachybotrys* et ce, quel que soit le niveau, il faut toujours procéder à une autre inspection; aller au n° 6b. Pour ce

qui est des niveaux repères, aucune proposition n'a encore été faite pour de telles études, mais des études expérimentales qui donnent possiblement de telles valeurs repères pour différentes techniques d'échantillonnage des poussières sont en cours. Si ces niveaux repères existent, veuillez les utiliser. Entre-temps, des évaluateurs expérimentés pourront déterminer s'il y a présence de moisissures en quantités inhabituelles ou d'espèces individuelles ou d'associations d'espèces permettant de supposer qu'il y a prolifération à l'intérieur de l'immeuble. Dans l'affirmative, aller au n° 6b.

b) S'il y a présence de moisissures provenant de l'intérieur des niveaux indiquant des zones de prolifération importantes ou des niveaux supérieurs au niveau repère (voir les observations concernant le niveau repère au n° 6a ci-dessus) pour tous les champignons, s'il y a présence d'espèces individuelles ou de catégories écologiques (champignons toxigènes) suscitant de l'inquiétude ou encore si la composition spécifique des spores associées à la poussière laisse supposer qu'il y a prolifération à l'intérieur, alors suivre la méthode secondaire appropriée du n° 6b.

bi) Présence à l'intérieur de moisissures autres que *Stachybotrys* des niveaux jugés potentiellement dangereux : aller au n° 10.

bii) Détection de *Stachybotrys* en faible quantité à l'intérieur, mais absence de ce champignon dans les témoins extérieurs. (Faible quantité = quantité décelée faible au point de vue évanescence; par exemple, détection d'une seule colonie isolée quelles que soient les circonstances, ou

détection de deux colonies très dispersées dans une grande série d'échantillons provenant de différentes pièces. Veuillez noter que le terme «colonie» désigne une colonie fongique réelle observée sur le milieu d'échantillonnage après incubation, et non une valeur UFC/m<sup>3</sup> dans les calculs.) Aller au n° 11.

biii) Détection d'un nombre de *Stachybotrys* allant de faible à élevé («de faible à élevé» : au moins trois colonies dans un échantillon prélevé dans plusieurs pièces ou deux colonies dans un échantillon provenant d'une seule pièce, ou plus de trois colonies décelées quelles que soient les circonstances), mais non mesuré dans les témoins extérieurs ou présent dans les témoins extérieurs des niveaux significativement plus faibles du point de vue statistique (test khi-carré). Aller au n° 12.

biv) Détection de *Stachybotrys* en faible quantité à l'intérieur (voir n° 6bii pour la définition de «faible quantité») et détection en faible quantité ou en quantité plus grande dans les témoins extérieurs. Aller au n° 13.

bv) Détection d'un nombre de *Stachybotrys* allant de faible à élevé (voir le n° 6biii pour la définition de «de faible à élevé») à l'intérieur et également dans les témoins extérieurs des niveaux non significativement différents (test khi-carré) ou plus élevés.

n° 7 : Examen au microscope des moisissures ou des poussières

Monter sur une lame de microscope les échantillons de poussière, les échantillons de moisissure prélevés par raclage, les échantillons prélevés sur un ruban transparent ou les échantillons prélevés par raclage superficiel, en utilisant un milieu réduisant l'hydrophobicité (par exemple, eau + Roccal ou autre détergent de laboratoire; 25 % d'hydroxyde de sodium; ou éthanol suivi immédiatement d'eau), puis examiner sous des grossissements de 10× et de 40× pour déceler les structures caractéristiques des champignons, plus particulièrement des champignons qui sont dangereux. Dans les échantillons prélevés par raclage superficiel, on reconnaît un site de croissance fongique active, c.- d. une zone de prolifération, par la présence de hyphes et (dans la plupart des cas) de conidiophores, ainsi que par la présence de conidies de la même espèce. Il peut aussi y avoir présence d'autres structures sporulées fongiques telles que des ascomes. Des dépôts importants de conidies ou de spores seules peuvent indiquer qu'il y a eu dépôt en grande quantité partir d'une autre source ou d'une zone de prolifération ancienne et inactive dans laquelle il y a eu décomposition des structures de croissance active; ces dépôts peuvent aussi indiquer que la surface échantillonnée n'a pas été frottée assez fortement pour détacher les structures des hyphes du substrat. En tenant compte de ces facteurs et d'autres facteurs caractéristiques, un inspecteur expérimenté devrait déterminer si la matière examinée provient d'un site de prolifération. Pour connaître les mesures correctrices prendre en présence de sites de prolifération fongique, se reporter la section 5.1 du présent document. On a élaboré un protocole d'intervention spécialisé<sup>28</sup> pour traiter les cas de contamination par *Stachybotrys*.

- a) L'examen microscopique révèle la présence de *Stachybotrys* provenant d'un site de prolifération : si le site est connu, suivre le protocole d'intervention prévu pour *Stachybotrys*;<sup>28</sup> si le site n'est pas connu ou s'il peut y avoir présence de plusieurs sites, aller au n° 7c.
- b) L'examen microscopique révèle la présence d'autres moisissures provenant du site de prolifération : nettoyer selon les besoins, en tenant compte du type de moisissure et de l'importance de la contamination (voir section 5.1).
- c) L'examen microscopique ne révèle aucun signe caractéristique d'un site de prolifération, mais signale la présence de conidies de *Stachybotrys*, ou il révèle des signes caractéristiques d'un site de prolifération de *Stachybotrys* dont l'emplacement ne peut être facilement déterminé (par exemple, présence de conidiopores provenant d'une source inconnue dans un échantillon de poussière en vrac) : se fier aux n°s 2, 3 et 5 en les répétant ou en les étendant au besoin et, en cas d'échec, se fier au n° 9 ou consulter un expert pour localiser la source. Une fois la source localisée, suivre le protocole d'intervention prévu pour *Stachybotrys*.<sup>28</sup>
- d) L'examen microscopique ne révèle aucun signe caractéristique d'une zone de prolifération, mais signale la présence de quantités élevées de matière fongique, ou il révèle des signes caractéristiques d'un site de prolifération d'un champignon autre que *Stachybotrys*, mais

l'emplacement exact de ce site n'est pas évident : se fier aux n<sup>os</sup> 2, 3, 4\*, 5 (au besoin, protocole approfondi) et 6\* pour faciliter la localisation du ou des sites de prolifération. Si un site de prolifération est localisé, suivre le protocole d'intervention (section 5.1).

e) L'examen microscopique ne révèle aucune structure fongique, ou presque. Ne prendre aucune autre mesure moins qu'une autre méthode (n<sup>os</sup> 3, 4, 5, 6\*) n'indique une importante prolifération fongique ailleurs l'intérieur de l'immeuble.

n<sup>o</sup> 8 : Culture d'échantillons prélevés l'aide d'un coton-tige ou par raclage et d'échantillons de poussière de surface, et utilisation de géloses de contact

La culture de poussière de surface ainsi que les échantillons prélevés l'aide d'un coton-tige, par raclage ou sur gélose de contact peuvent tous déceler des champignons sur des surfaces, mais ne permettent pas de distinguer entre les espèces croissant sur la surface et les espèces qui y ont simplement été déposées sous forme de propagules inactives. Ces techniques sont effectivement interchangeables, mais il faut les adapter la situation et au matériel d'échantillonnage.

Dans le cas de la poussière ou d'autres matières présentes en quantités suffisamment grandes, on peut procéder par culture par dilution, de la manière indiquée au n<sup>o</sup> 6. Les échantillons prélevés sur des cotons-tiges doivent êtreensemencés en stries sur des milieux activité aqueuse élevée et des milieux faible activité aqueuse (voir le n<sup>o</sup> 4), tout comme avec la méthode normale d'atténuation des inoculums microbiologiques (par exemple, en limitant les stries pratiquées avec les

cotons-tiges un tiers de la surface de gélose et en ensemencant en stries croisées l'aide d'une boucle stérile avec laquelle on décrit trois ou quatre rotations partielles sur la surface de gélose). Il faut mettre en suspension dans de l'eau stérile les petits morceaux prélevés par raclage, plus particulièrement lorsque les échantillons proviennent de zones présentant l'aspect de zones contaminées par des moisissures; il faut agiter vigoureusement la suspension ou l'agiter par sonication, puis la déposer directement sur des milieux activité aqueuse élevée et faible activité aqueuse. Il faut déposer des géloses de contact sur les surfaces o , soupçonne-t-on, il y a croissance fongique ou présence de moisissures déposées, puis les incuber la température ambiante (ou 37 °C lorsqu'on recherche spécifiquement des pathogènes opportunistes invasifs) pendant au moins sept jours.

a) La culture révèle la présence de *Stachybotrys* dans des échantillons prélevés par raclage, sur des cotons-tiges ou sur des géloses de contact; pour localiser la source, se fier aux n<sup>os</sup> 2, 3, 5 et 7 en les répétant ou en les étendant au besoin; en cas d'échec, se fier aux n<sup>os</sup> 9a ou 9b ou consulter un expert. En présence de *Stachybotrys* dans la poussière, suivre les n<sup>os</sup> 6bii-6bv qui conviennent ou, en l'absence de témoins extérieurs, envisager de procéder conformément au n<sup>o</sup> 6\*. Si *Stachybotrys* d'origine est présent en faible quantité dans les échantillons prélevés sur des cotons-tiges, par raclage ou sur des géloses de contact et est perçu uniquement comme une ou deux colonies dans un gros échantillon, et si les n<sup>os</sup> 9a et 9b ne révèlent aucune trace de *Stachybotrys*, alors appliquer de nouveau les n<sup>os</sup> 3, 4 (ou 6\*) et 5. Si les résultats obtenus sont encore

positifs mais faibles, consulter les témoins extérieurs du n° 4 ou 6 et appliquer le plus approprié des n°s 6bii et 6biv. Si les résultats obtenus sont encore positifs mais plus élevés qu'un niveau correspondant à une faible quantité, alors consulter les témoins extérieurs et appliquer le plus approprié des n°s 6biii et 6bv. Si les résultats obtenus sont négatifs, alors désinfecter le site où *Stachybotrys* a été décelé. En l'absence de symptôme, ne prendre aucune autre mesure; si des symptômes ont été signalés et si le n° 9a a été appliqué, envisager l'application de la méthode n° 9. Si l'on obtient des résultats négatifs avec la méthode n° 9 et avec toutes les autres méthodes appliquées à la suite de la détection initiale d'une faible quantité de *Stachybotrys* mais que l'on constate toujours des symptômes, envisager de procéder à un contrôle dans 2 ou 3 mois en plus de vérifier les causes non fongiques susceptibles d'être l'origine des symptômes.

b) Les cultures d'échantillons prélevés par raclage, sur des cotons-tiges ou sur des géloses de contact où les cultures d'échantillons de poussière de surface indiquent la présence en quantité abondante de moisissures toxigènes ou allergènes mais ne révèlent aucune trace de *Stachybotrys* : se fier au n° 7 pour confirmer la croissance au site d'échantillonnage. Si le n° 7 donne des résultats positifs, se reporter aux instructions pour le n° 7. Si le n° 7 donne des résultats négatifs (par exemple,

si la croissance fongique est due à un petit dépôt de conidies qui est masqué par des débris), se fier aux n°s 2, 3 et 5 pour localiser le site de croissance et pour désinfecter l'ensemble de la surface autour du site où l'échantillon positif a été prélevé, de la manière indiquée à la section 5.1. Choisir d'autres sites d'échantillonnage dans des endroits semblables ou situés en proximité et procéder de la manière indiquée aux n°s 5, 7 et 8. Répéter l'opération jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de sites présentant une forte contamination.

c) Les cultures d'échantillons prélevés par raclage, sur des cotons-tiges ou sur des géloses de contact ou les cultures d'échantillons de poussière de surface indiquent une forte contamination par des bactéries ou des levures, mais révèlent peu sinon aucune moisissure. L'environnement est très humide, la contamination se présentant probablement à l'intérieur dans des conditions d'humidité élevée, d'inondation ou de condensation, ce qui produira aussi des moisissures dans des habitats moins humides. Se fier aux n°s 3, 4 (ou 6\*) et 5 pour déterminer le degré de croissance fongique et localiser les endroits contaminés.

d) Les cultures d'échantillons prélevés par raclage, sur des cotons-tiges ou sur des géloses de contact ou les cultures d'échantillons de poussière de surface ne révèlent aucune moisissure, ou presque. Ne prendre aucune autre mesure moins qu'un protocole précédent (n°s 3, 4, 5, 6\*) n'indique une importante prolifération fongique ailleurs à l'intérieur de l'immeuble.

n° 9 : Recherche physique extraordinaire : examen de sites difficiles d'accès l'intérieur de l'immeuble

la suite d'inondations, il y a peut-être eu accumulation de conidies de moisissure dans les vides intérieurs de mur ou de faux-plafond, dans l'isolant dans les murs ou les conduites, sur le dessous des tapis ou dans d'autres endroits difficilement accessibles. Les murs et les faux-plafonds sont des espaces suffisamment confinés pour constituer des cavités humides favorisant la croissance de moisissures, tout en étant assez poreux pour permettre la dissémination de conidies ou de fragments de hyphes ou de conidies toxiques ou antigéniques. Les moisissures en croissance active peuvent produire des substances désagréables et volatiles qui dégagent une odeur. Des antécédents d'inondation ou les résultats obtenus avec des échantillons d'air, de poussière ou de matière déposée en surface peuvent laisser supposer que la quantité de moisissures croissant dans les sites facilement accessibles n'est pas suffisante pour expliquer les niveaux de contamination fongique ou les symptômes liés

la présence de moisissures qui y sont observés, et qu'il existe peut-être un réservoir caché de moisissures. Dans de tels cas, il faut prélever des échantillons dans des endroits dont l'accès est ordinairement difficile.

a) Les antécédents (n° 2) ou l'inspection physique (n° 3) du site laisse supposer qu'il y a ou qu'il y a déjà eu inondation dans un site difficilement accessible (par exemple vides intérieurs de murs, intérieurs de faux-plafonds, isolant dans des murs ou des conduites, dessous de tapis) : exposer une partie représentative de l'environnement (par exemple, vide de murs ou dessous de tapis) dans la zone

d'intérêt et appliquer les n° 7 et 8\* dans l'environnement nouvellement exposé. Si on dispose d'un endoscope, on peut l'utiliser pour examiner les vides intérieurs des murs sans trop endommager ceux-ci; appliquer les n° 7 et 8\* dans la zone adjacente au trou. Lorsque l'endoscope permet de déceler des matières pouvant indiquer la présence de zones de prolifération ou de dépôts de spores, percer d'autres trous selon les besoins et appliquer les méthodes n° 7 et 8\*.

b) Dans le cas des sites sur lesquels on ne dispose d'aucune information relative aux antécédents et où rien indique qu'il y a ou pourrait y avoir eu des dommages causés par l'eau mais où la présence de symptômes ou d'autres problèmes justifie quand même une inspection, effectuer un ou plusieurs des tests suivants en appliquant un degré de rigueur approprié à l'importance des problèmes de santé signalés.

bi) Vides intérieurs de mur : l'examen de quelques vides intérieurs représentatifs l'arrière des plaques de commutateurs constitue un test peu rigoureux. l'aide d'un fil courbé désinfecté à l'alcool et passé à la flamme, prélever une petite quantité de matière sur les parois arrière et avant du vide intérieur, en évitant de toucher aux fils électriques, puis appliquer les méthodes n° 7 et 8\*. Ce test peut donner de faux négatifs comme résultats si les zones de prolifération sont distribuées de façon discontinue, mais il peut déceler des zones de contamination grossière qui se rejoignent ou des endroits où il y a forte accumulation de spores de nature

générale. Pour effectuer un examen plus rigoureux, utiliser un endoscope rigide de la façon décrite au n° 9a ou faire une ouverture d'environ 15 × 15 cm dans des sections représentatives des murs et procéder à une inspection visuelle. Appliquer les méthodes n°s 7 et 8\* sur les surfaces intérieures exposées et plus particulièrement aux endroits où, soupçonne-t-on, il y a prolifération fongique.

bii) Conduites : passer par les ouvertures existantes ou se servir d'un endoscope rigide pour inspecter l'intérieur des conduites. Appliquer les méthodes n°s 7 et 8\* dans la zone adjacente à l'ouverture donnant accès à l'intérieur ou adjacente au trou servant à introduire l'endoscope. Lorsqu'on observe à une certaine distance du point d'entrée initial des matières pouvant indiquer la présence de zones de prolifération ou de dépôts de spores, utiliser un dispositif allongé pour prélever un échantillon par raclage ou percer d'autres trous au besoin, puis appliquer les méthodes n°s 7 et 8\*. On peut ensuite sceller les trous avec des bouchons.

n° 10 : Localisation et élimination des sources de moisissures (autres que *Stachybotrys*)

Des méthodes comme l'échantillonnage de l'air et l'échantillonnage des poussières ne permettent pas de déterminer directement l'emplacement des zones de prolifération (c'est-à-dire les endroits où prolifèrent des moisissures à l'intérieur des immeubles). Si ces techniques révèlent une contamination par des moisissures provenant de l'intérieur

un niveau susceptible de constituer un problème, il faut trouver la source de ces propagules fongiques. *Stachybotrys* est traité séparément, car un rigoureux protocole de nettoyage a été décrit.<sup>28</sup>

a) Déterminer la source de la moisissure (autre que *Stachybotrys*) : se fier aux n°s 2, 3 et 5 pour trouver l'endroit (suivre des méthodes qui découlent de la méthode n° 5); au besoin, suivre les méthodes approfondies n°s 3 et 9a\* ou 9b\*. Prendre des mesures correctrices lorsque la source aura été trouvée (voir section 5.1).

n° 11 : Faible quantité de *Stachybotrys*, source non localisée, probablement située à l'intérieur

Les champignons *Stachybotrys* vivent sur de la cellulose qui est devenue humide. Bien que ces champignons puissent exister en grandes quantités à l'intérieur sur des matériaux structuraux et des matières entreposées en vrac, on peut aussi en trouver sporadiquement sur de petits substrats cellulosiques ou en quantités peu abondantes dans des habitats marginaux. Par exemple, il peut y avoir dans une bibliothèque un très petit nombre de livres qui ont déjà été endommagés par l'eau et qui libèrent encore quelques conidies de *Stachybotrys*. Les quelques isolats de *Stachybotrys* observés lors d'un examen de l'air ou de conduites proviennent peut-être de telles sources. De même, de la poussière provenant de l'extérieur peut constituer un réservoir pour un petit nombre de conidies de *Stachybotrys* à l'intérieur, et il se peut que des inspections menées à l'intérieur de l'immeuble révèlent la présence d'une ou deux colonies, même si des échantillons de

témoins extérieurs prélevés en même temps donnent des résultats négatifs.

Il est difficile d'interpréter la détection d'un petit nombre de colonies de *Stachybotrys*. La faible viabilité des conidies de *Stachybotrys* décelées l'intérieur constitue l'un des attributs distinctifs de ce champignon. Des centaines de conidies décelées lors de l'examen direct peuvent ne présenter qu'une viabilité de 2-3 % lorsqu'elles sont mises en culture. Les résultats obtenus uniquement l'aide de techniques de culture peuvent sous-estimer énormément la présence de cet organisme et, donc, son effet toxique. Apparemment, les conidies mortes demeurent toxiques pendant un certain temps, tout comme les fragments de conidies. Il y a sans doute diminution de la viabilité avec le temps, et la plupart des conidies sinon toutes sont probablement viables lorsqu'elles sont d'origine récente. Malgré cela, les matières produites par *Stachybotrys* étudiées par les personnes recherchant des moisissures l'intérieur des immeubles ont tendance à posséder une faible viabilité. Il se peut que cette substance très toxique soit moins susceptible que d'autres contaminants environnementaux de se dégrader en une forme inoffensive après avoir perdu sa viabilité.

Une ou deux colonies de *Stachybotrys* détectées lors d'une inspection l'intérieur peuvent constituer les représentants viables d'un grand nombre de propagules non viables et ainsi traduire un grave niveau de contamination. Elles peuvent aussi refléter des colonies isolées par hasard à partir d'une source mineure. Dans un cas comme dans l'autre, l'analyse par mise en culture de nouveaux échantillons d'air ou de poussière peut donner des faux négatifs comme

résultats. La recherche de sources possibles de *Stachybotrys* constitue la meilleure façon de procéder lorsque des cultures ont donné des résultats positifs. C'est seulement lorsque cette recherche donne des résultats négatifs qu'il est raisonnable de tenter d'analyser des échantillons répétés par mise en culture. On procède ainsi car, en présence de quantités importantes de *Stachybotrys*, ce champignon peut se manifester au moins certaines occasions dans les échantillons mis en culture. En d'autres mots, lorsque les bonnes techniques n'ont donné aucun résultat, on peut faire appel à la technique imparfaite qui risque de donner de précieux renseignements.

a) Se fier aux n<sup>os</sup> 2, 3 et 5 (et, en cas d'échec, au n<sup>o</sup> 6\*) pour déterminer approximativement le site où il y a croissance de *Stachybotrys*. Si le n<sup>o</sup> 3 donne des résultats négatifs et si le n<sup>o</sup> 5 ou le n<sup>o</sup> 6 indique la présence de conidies visibles ou de propagules cultivables, appliquer les méthodes approfondies n<sup>os</sup> 3 et 9\*; si tous les tests donnent des résultats négatifs, répéter la méthode n<sup>o</sup> 4 ou appliquer la méthode n<sup>o</sup> 6 (répéter la méthode n<sup>o</sup> 6 si c'est cette méthode qui a permis d'isoler initialement *Stachybotrys*) dans la zone où *Stachybotrys* a été détecté. Si le test répété donne des résultats négatifs, ne pas tenir compte de la présence de *Stachybotrys*; si les résultats des tests répétés n<sup>o</sup> 4 ou n<sup>o</sup> 6 sont positifs mais correspondent à de faibles quantités (présence d'une seule colonie ou de deux colonies très dispersées dans une grande série d'échantillons), se fier à l'examen microscopique direct de la poussière, conformément au n<sup>o</sup> 7, pour déterminer s'il y a présence de conidies mortes de *Stachybotrys*; de plus, appliquer la

méthode n° 9\* ou n° 9a si elles n'ont pas déjà été appliquées; si rien n'indique la présence de sources ou de conidies de *Stachybotrys*, ne pas tenir compte de ce champignon. Si la méthode n° 7 indique la présence de conidies, appliquer les méthodes approfondies n°s 3 et 9; si ces méthodes ne révèlent la présence d'aucune source, faire appel à un expert. Si la méthode n° 6 donne des résultats positifs correspondant à des quantités allant de faibles (trois colonies ou plus en tout ou deux colonies en grappes; ou une seule colonie dans un petit échantillon) élevées, suivre la méthode n° 12 si les témoins extérieurs sont négatifs, ou la méthode n° 14 si les témoins extérieurs sont positifs.

n° 12 : Quantités de *Stachybotrys* allant de faibles élevées, source non localisée, probablement située l'intérieur

La détection de colonies de *Stachybotrys* en quantités allant de faibles élevées permet fortement de supposer qu'il y a à l'intérieur une zone de prolifération fongique. Dans un tel cas, il faut trouver l'emplacement de cette zone de prolifération.

a) Se fier aux n°s 2, 3 et 5 (et, en cas d'échec, répéter la méthode n° 6 si cette méthode n'a été appliquée qu'une seule fois) pour déterminer approximativement le site où il y a croissance de *Stachybotrys*; si on trouve cette source, appliquer la mesure correctrice prévue cet effet<sup>28</sup> dans le protocole pour *Stachybotrys*; si on ne trouve pas cette source, appliquer les méthodes approfondies n°s 3 et 9 ou 9b. Si tous les tests sont négatifs, répéter la méthode n° 4 ou appliquer la méthode n° 6 (ne répéter la méthode n° 6 que si elle a

déjà été appliquée une fois auparavant; si vous disposez déjà du résultat d'un test répété, se fier à ce résultat); si le test répété n° 4 ou 6 donne des résultats négatifs, envisager de procéder à un ou plusieurs autres contrôles, ou si les symptômes suscitent de l'inquiétude, consulter un expert; si le test répété n° 4 ou 6 donne des résultats positifs, appliquer exhaustivement les méthodes n°s 2, 3, 5 et 9 de façon encore plus approfondie ou consulter un expert.

n° 13 : Faibles quantités de *Stachybotrys*, source non localisée, située l'extérieur ou l'intérieur

Voir les observations faites au n° 11 sur la signification d'un faible nombre de colonies de *Stachybotrys*. Noter que *Stachybotrys* est un champignon courant dans certaines situations agricoles, par exemple dans la paille en décomposition, plus spécialement dans les écuries. *Stachybotrys* peut aussi croître sur d'autres substrats cellulosiques naturels humides et donc être présent dans des témoins extérieurs.

a) En présence d'une source possible dégageant de faibles quantités de *Stachybotrys* ou située loin à l'extérieur, se fier aux méthodes n°s 2, 3 et 5 (et, en cas d'échec, la méthode n° 6, répétée si on l'a déjà appliquée) pour déterminer plus précisément les quantités et l'emplacement des sources. Si de nouveaux témoins extérieurs et les méthodes n°s 2, 3 et 5 donnent des résultats négatifs et qu'un nouvel échantillon de poussière prélevé l'intérieur (n° 6) donne des résultats

positifs mais indique la présence d'une faible quantité (présence d'une seule colonie ou de deux colonies très dispersées dans une grande série d'échantillons), envisager de procéder un ou plusieurs autres contrôles; si les témoins extérieurs donnent des résultats négatifs mais que les niveaux l'intérieur sont de faibles (trois colonies ou plus en tout, ou deux colonies en grappes; ou une seule colonie dans un petit échantillon) élevés, la probabilité d'une source intérieure est plus grande; suivre la méthode n° 12. Si le témoin extérieur donne des résultats positifs mais que le témoin intérieur donne des résultats négatifs, ne pas tenir compte des méthodes servant à déceler *Stachybotrys* l'intérieur (si la source extérieure donne des niveaux élevés, envisager de la déceler et de l'éliminer). Si les échantillons prélevés tant l'extérieur qu' l'intérieur donnent des résultats négatifs, ne plus appliquer les méthodes visant à déceler *Stachybotrys*.

n° 14 : Quantités de *Stachybotrys*, allant de faibles élevées, source non localisée, située l'extérieur ou l'intérieur

Voir les observations faites dans le n° 13 sur la présence possible de *Stachybotrys* dans l'environnement extérieur.

a) Selon les résultats obtenus avec des témoins utilisés lors d'études précédentes, une source extérieure de *Stachybotrys* située proximité ou de niveau relativement élevé est possible. Toutefois, une source intérieure est toujours possible en présence de conditions favorables existantes ou

antérieures; il se peut qu'une zone de prolifération fongique située l'extérieur ait servi de source d'inoculum pour la formation de colonies l'intérieur. Se fier sur les méthodes n°s 2, 3, 5 et 9b\* pour déceler toute zone de prolifération située l'intérieur; si les témoins initiaux qui donnent des résultats positifs pour *Stachybotrys* avec la méthode n° 4 ou 6 se trouvent au plus 6 m de l'immeuble faisant l'objet des tests ou sont situés sous le vent par rapport aux sorties d'air de l'immeuble, répéter le n° 4 ou appliquer le n° 6 (ne répéter la méthode n° 6 que si elle a déjà été appliquée une fois auparavant; si vous disposez déjà d'un résultat d'un test répété, fiez-vous ce résultat) en plaçant les témoins extérieurs à une plus grande distance dans un endroit au vent (n° 4) ou perpendiculairement au vent (n° 6) par rapport l'immeuble. Si les nouveaux témoins extérieurs donnent des résultats négatifs et que les témoins intérieurs donnent des résultats positifs pour *Stachybotrys*, et ce, quel que soit le niveau, aller au n° 12. Si les niveaux mesurés l'extérieur lors de tests répétés ne diffèrent toujours pas de façon significative (test khi-carré) des niveaux mesurés l'intérieur ou sont supérieurs ces niveaux, cesser l'analyse l'intérieur ou, en présence de symptômes suscitant de l'inquiétude, consulter un expert. Si les résultats obtenus avec les nouveaux témoins extérieurs donnent des résultats positifs pour *Stachybotrys* mais que les niveaux mesurés l'intérieur sont significativement plus élevés (test khi-carré), alors aller au n° 12. Si les tests réalisés l'extérieur et l'intérieur donnent des résultats négatifs pour *Stachybotrys*, cesser l'analyse.

n° 15 : Échantillonnage de l'ergostérol ou du glucane

L'ergostérol est un constituant des membranes cellulaires (comme le cholestérol chez l'humain) qui est spécifique aux champignons. Le dosage de l'ergostérol dans un milieu donné peut servir à évaluer le niveau de contamination fongique dans ce milieu, mais il ne peut pas permettre de déterminer si cette contamination est causée par des zones de prolifération situées à l'intérieur, par la sédimentation de spores dans l'air extérieur ou par des champignons apportés dans de la boue ou des débris (déposés, par exemple, sur des souliers ou sur les pattes de chats ou de chiens). Quoiqu'il en soit, une contamination notablement élevée à l'intérieur indique en général la présence de zones de prolifération fongique susceptibles de constituer un problème; cette conclusion est facilement confirmée par une analyse espèce par espèce d'un petit nombre d'échantillons d'air ou de poussière. Pour plus d'information, se reporter Miller et coll.<sup>13</sup>

Le  $\beta$ -1,3-glucane est une autre substance biochimique fongique, un constituant de la paroi cellulaire, dont le dosage permettrait d'évaluer la quantité totale de biomasse fongique viable et non viable. Il n'existe pour le moment aucun protocole bien établi permettant d'interpréter les résultats des dosages du  $\beta$ -1,3-glucane dans des immeubles présumément contaminés par des moisissures, mais il s'agit d'un domaine faisant l'objet d'une recherche active.

n° 16 : Échantillonnage des mycotoxines dans l'air ou la poussière

Dans certains cas, on peut s'attendre à ce que le niveau d'une mycotoxine particulière soit considérablement élevé dans un environnement donné, en raison de la présence en grande quantité de la moisissure qui y est associée ou de la présence présumée des aérosols se dégageant d'un substrat sur lequel croît une moisissure toxigène (par exemple, poussière d'arachide ou de maïs dans le cas d'*Aspergillus flavus*). On peut utiliser des mécanismes de détection directe allant de simples tests de milieux à des méthodes complexes de chromatographie et de spectrométrie. De nombreuses publications ont porté sur les techniques d'analyse de diverses classes de mycotoxines, mais l'étude de ces publications dépasserait le cadre du présent document.

Dans de nombreux environnements intérieurs contaminés, les substances responsables des symptômes sont mal connues et ne peuvent être décelées directement. La plupart des moisissures produisent des mélanges complexes de mycotoxines et peuvent produire des protéines toxiques et des antigènes irritants, en plus des petites molécules de mycotoxines classiques. Ainsi, le contrôle direct des mycotoxines n'est possible que lorsqu'une espèce toxigène individuelle domine nettement dans un milieu donné ou lorsqu'une toxine ou une classe de toxines particulière suscite un intérêt spécial, par

exemple le risque d'exposition aux aflatoxines, qui prédispose les travailleurs au cancer du foie, dans les usines de transformation des arachides ou des symptômes et des effets néfastes sur la santé permettent de supposer qu'il y a exposition des mycotoxines.

#### n° 17 : Examen microscopique direct d'eau d'humidificateur

L'eau des humidificateurs et des vaporisateurs peut contenir de grandes quantités de microorganismes, dont des moisissures et des levures, ainsi que des bactéries et des protozoaires. Lorsqu'elle est propre, l'eau contenue dans un humidificateur doit paraître limpide. Toute turbidité peut être causée par des substances biologiques ou chimiques. Les substances chimiques responsables de la turbidité sont normalement des sédiments constitués de cristaux de carbonate de calcium; dans les régions où l'eau est riche en calcium, ces sédiments peuvent encroûter considérablement les humidificateurs par évaporation. La turbidité chimique causée par la suspension de fines particules de carbonate peut être difficile à distinguer de la turbidité d'origine biologique. L'examen microscopique et la mise en culture peuvent servir à faire cette distinction.

Prélever l'eau à l'aide de contenants stériles. Préparer des lames, puis les examiner au microscope en recherchant des filaments fongiques distinctifs, des cellules de levure et des conidies. On peut concentrer par centrifugation la matière biologique destinée à être examinée.

#### n° 18 : Mise en culture de l'eau d'humidificateur

Déposer l'eau directement sur un milieu de culture fongique d'usage général (idéalement, milieu à restriction en diamètre des colonies, comme la gélose à la bile de boeuf de Littman, la gélose au rose bengale ou la gélose inhibitrice pour moisissures) contenant des antibiotiques antibactériens. Il ne devrait pas être nécessaire de procéder au préalable à une centrifugation, car la contamination est dense dans les humidificateurs fortement contaminés. En effet, il peut être souhaitable de préparer une série de dilutions (comme au n° 6, en diluant simplement des suspensions aqueuses dans un rapport de 1/10, 1/100, etc.) pour obtenir des colonies dénombrables bien séparées, relativement exemptes de proliférations bactériennes résistantes aux antibiotiques. Il faut aussi envisager de procéder à un échantillonnage des bactéries et des endotoxines.

#### n° 19 : Tests de cytotoxicité

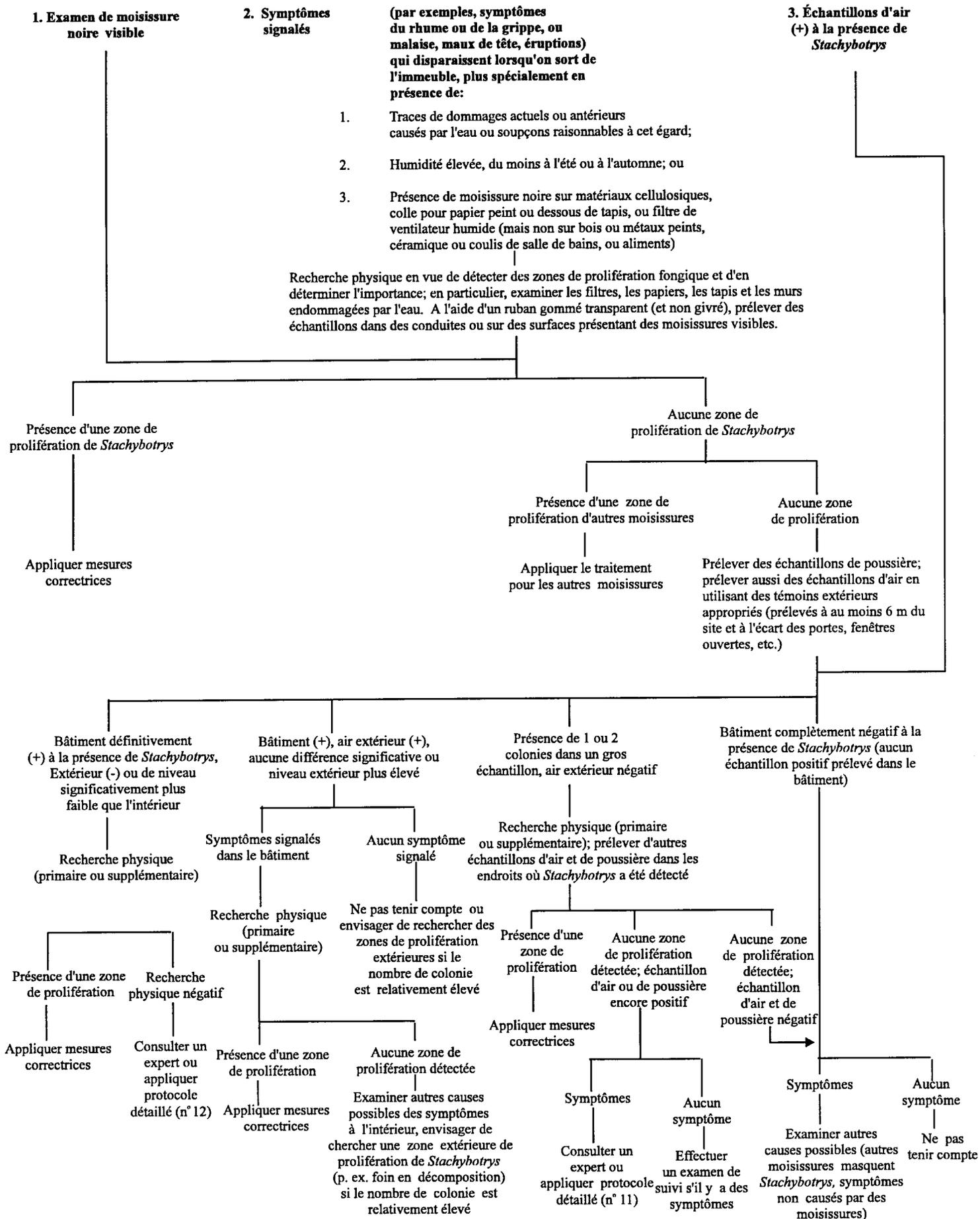
On peut soumettre directement la poussière prélevée à l'aide d'un dispositif d'aspiration des tests destinés à déterminer la présence de constituants toxiques, sans viser des toxines en particulier. Dans une technique utilisée à cette fin, on expose des extraits chimiques de la poussière à une lignée cellulaire humaine cultivée sensible.

Miller et coll.<sup>13</sup> ont adapté une technique utilisant des cellules HeLa humaines dans des études de cytotoxicité de la poussière; pour plus de précisions, se reporter à cette publication.

Les tests de cytotoxicité permettent de déterminer les niveaux globaux de toxines dans la poussière, non seulement les niveaux de mycotoxines; il faut évaluer l'importance relative des mycotoxines dans des échantillons cytotoxiques connus, partir de l'analyse fongique (par mise en culture et/ou examen microscopique direct) des m mes échantillons.

# Algorithme abrégé pour *Stachybotrys*

(pour les méthodes détaillées, voir les protocoles nos 11-14)



## V. Assainissement et entretien préventif des immeubles

### 5.1 Assainissement

Les stratégies d'assainissement en présence de problèmes de qualité de l'air causés par des champignons à l'intérieur d'immeubles reposent sur l'élimination des conditions qui favorisent la prolifération de ces organismes potentiellement dangereux. Typiquement, les champignons prolifèrent dans des environnements où il y a un excès d'eau.<sup>2,33</sup> On observe couramment cette situation dans les endroits où il y a déjà eu inondation ou condensation. Les conduites d'air où il y a eu accumulation d'humidité, les carreaux de plafond humides, les panneaux muraux, les tapis et les matériaux isolants constituent des endroits idéals pour la croissance de champignons. En présence de risques causés par des champignons, l'assainissement comprend le nettoyage, l'élimination des matériaux contaminés et la modification des milieux touchés.

Le nettoyage des zones de contamination fongique comprenant des surfaces dures ou non poreuses, telles que murs, conduites d'air, serpentins de refroidissement et plateaux de récupération de l'eau, doit être effectué lorsque l'endroit est inoccupé.<sup>28</sup> Le personnel de nettoyage formé doit utiliser un équipement de protection approprié, comme respirateurs et gants, durant les opérations de nettoyage (voir l'Annexe C). Normalement, on ne recommande pas l'utilisation de biocides pour nettoyer les zones de contamination fongique, en raison des effets toxiques que pourraient avoir ces produits sur le personnel chargé du nettoyage et sur d'autres personnes qui risquent d'y être exposées. Toutefois, des biocides bien

caractérisés utilisés conformément aux spécifications du fabricant et appliqués convenablement pourraient constituer un complément précieux des opérations de nettoyage.<sup>2</sup> On a proposé d'utiliser un agent de blanchiment pour le nettoyage des surfaces contaminées. Une fois le nettoyage terminé, des méthodes appropriées doivent être en place pour éliminer les matières contaminées (voir l'Annexe C).

Fréquemment, on nettoie les conduites d'air en passant l'aspirateur sur les surfaces contaminées. Il ne faut pas utiliser un aspirateur de type commercial dans les endroits occupés, en raison du risque de rejet de contaminants dans l'air. N'utiliser que des dispositifs d'aspiration munis de filtres HEPA, si le nettoyage est effectué dans des espaces occupés.<sup>28</sup> Toutes les opérations d'assainissement doivent être suivies d'un nettoyage et d'un entretien de routine.

Dans certains cas, la nature du matériau contaminé rend tout nettoyage impossible. Les tapis, les matériaux isolants et les carreaux poreux pour plafonds ou pour murs font partie de cette catégorie. Lorsque de tels matériaux ont été contaminés, rien ne permet de déterminer si le nettoyage a permis d'éliminer les champignons; il est donc nécessaire d'enlever les matériaux contaminés. Les précautions prises durant l'enlèvement des matériaux contaminés doivent être semblables à celles prises lors des opérations de nettoyage.<sup>28</sup> Par exemple, il faut utiliser un équipement de protection approprié, et les matériaux contaminés doivent être enlevés par des personnes ayant reçu de la formation dans ce domaine.

Comme l'enlèvement des matériaux contaminés poreux peut entraîner le dégagement d'aérosols dangereux, il peut être nécessaire d'isoler les lieux à l'aide de feuilles de plastique et de procéder à l'assainissement sous une pression négative. Cette précaution prévient le transport d'aérosols vers les zones non contaminées (voir l'Annexe C). De plus, il y a lieu, après l'enlèvement des contaminants, de désinfecter les surfaces dures de la zone confinée avec un agent de blanchiment au chlore, puis de passer un aspirateur muni de filtres HEPA. L'élimination appropriée des matériaux contaminés constitue l'un des aspects importants de ce type d'assainissement et devrait comprendre l'emballage de façon convenable dans des sacs de plastique scellés pour le transport jusqu'à l'aire d'enfouissement. Toute désinfection ou stérilisation doit, le cas échéant, être réalisée à l'aide de biocides, par incinération ou encore par autoclavage à la vapeur sous haute pression. Remplacer les matériaux contaminés afin de prévenir la réapparition des contaminants, en éliminant les conditions responsables de la prolifération initiale.

Dans le cas de problèmes de qualité de l'air intérieur causés par des champignons, on peut simplement modifier le milieu.<sup>35</sup> Par exemple, les moisissures n'ont pas besoin d'eau stagnante pour se multiplier. Un taux élevé d'humidité relative (HR) peut constituer une source d'eau suffisante pour assurer la croissance des champignons sur la surface de matériaux poreux ou non poreux, si la température sur cette surface est inférieure au point de rosée. Dans ces conditions, on peut éliminer le problème de prolifération fongique simplement en augmentant la température ou en déshumidifiant les zones dont on sait qu'elles favorisent la croissance des

champignons. Il faut réparer les tuyaux d'eau qui fuient responsables de la croissance fongique. L'absence d'humidité peut suffire à prévenir la prolifération des champignons. En pratique, l'élimination des sources d'eau devrait prévenir la croissance des champignons.

On peut prévenir la condensation sur les murs ou sur d'autres surfaces en réorientant l'écoulement de l'air pour éliminer les endroits froids.<sup>28</sup> On peut aussi éliminer les points de condensation en appliquant un pare-vapeur ou un isolant approprié. L'élimination de l'humidité constitue la meilleure stratégie de lutte contre la croissance fongique. La modification du milieu constitue donc la meilleure méthode d'assainissement et la meilleure façon d'éliminer les problèmes futurs liés à la qualité de l'air à l'intérieur des immeubles.

En présence d'un problème de champignons, il faut procéder à l'assainissement des lieux, mais la prévention constitue une stratégie bien plus efficace.<sup>36,37</sup> On peut prévenir la contamination en instaurant un programme complet et régulier de nettoyage et d'entretien, et en appliquant certaines des stratégies de modification indiquées ci-dessus. La prévention de la contamination fongique constitue l'une des stratégies les plus efficaces de gestion des risques dans ce domaine.

## **5.2 Entretien préventif**

La conception, la construction et l'entretien des immeubles publics devraient réduire les conditions qui permettent aux microorganismes de s'accumuler, de proliférer et de se disséminer dans l'air intérieur. Tout examen approfondi de l'entretien préventif des immeubles dépasserait le cadre du présent document,

mais il y aurait lieu de considérer quelques principes généraux lors de l'élaboration de programmes pour éviter la formation de sites de prolifération fongique. Il existe des instructions détaillées sur l'entretien préventif permettant d'éliminer les champignons dans les immeubles publics.<sup>36,37</sup>

### 5.2.1. Contexte

Les sections précédentes portaient sur la reconnaissance et la résolution des problèmes de contamination fongique. Elles indiquaient que les champignons ne devraient pas être présents en quantités supérieures des niveaux acceptables. Des niveaux élevés de champignons traduisent la présence de sites de prolifération ou une filtration médiocre de l'air extérieur, ce qui dénote un problème d'entretien qu'il faut localiser et résoudre l'aide des stratégies décrites. Toutefois, on peut considérer ces stratégies comme des stratégies secondaires, car le but premier serait de construire des immeubles conçus de façon à éviter l'apparition de problèmes de contamination fongique. De plus, il faut définir des programmes d'entretien préventif et faire en sorte qu'ils soient régulièrement mis en œuvre dans les immeubles existants, de façon à prévenir tout problème de cette nature.

Le personnel chargé de l'entretien des immeubles ainsi que les personnes qui en assurent l'administration doivent être conscients des problèmes de santé que peut causer l'air intérieur contaminé, y compris l'importance que jouent la conception, l'installation, le fonctionnement et l'entretien des systèmes de CVC dans la réduction de l'accumulation, de la prolifération et de la dissémination des microorganismes. Le personnel responsable du fonctionnement des systèmes de l'immeuble doit recevoir une

formation intensive dans toutes les techniques d'entretien applicables. L'absence d'un tel personnel formé et la faible priorité souvent accordée à la mise en œuvre de programmes d'entretien comptent parmi les facteurs les plus courants que l'on trouve à l'origine de problèmes de contamination fongique et d'autres problèmes environnementaux dans les immeubles. Il est préférable d'humidifier en utilisant de la vapeur plutôt qu'en vaporisant de l'eau.

### 5.2.2 Considérations relatives à la conception des immeubles

Plusieurs aspects relatifs à la conception des immeubles peuvent être exploités pour réduire la prolifération des contaminants fongiques dans l'air intérieur :

1. *Limiter l'accès des aérosols présents dans l'air extérieur.* On réduit ainsi la pénétration dans l'air de l'immeuble des champignons présents dans l'air extérieur, en prévoyant une enveloppe structurale hermétique, le piégeage par filtration des particules dans l'air admis dans l'immeuble et la régulation du climat intérieur pour réduire le plus possible la nécessité d'ouvrir les fenêtres.
2. *Éliminer les sites d'accumulation d'eau.* Il faut prévoir, pendant la construction, le drainage complet des sites où il y aura inévitablement accumulation de l'eau des systèmes de refroidissement et d'humidification. On peut éliminer les zones où il y a risque de condensation sur des surfaces froides, telles que murs extérieurs, tuyaux d'eau et conduites, en prévoyant une isolation, une ventilation et une régulation de l'humidité suffisantes.

3. *Maintenir un niveau d'humidité suffisant.* L'humidité doit être maintenue à un niveau suffisant, c'est-à-dire assez élevé pour assurer le confort des occupants sans toutefois favoriser la condensation. En général, ces critères sont satisfaits, estime-t-on, dans la plage d'humidité relative de 20-60 %.<sup>38</sup> La méthode employée pour assurer la régulation de l'humidité relative dans les immeubles doit être conforme aux bonnes pratiques d'hygiène industrielle et respecter les lois et les règlements en vigueur régissant la santé et la sécurité du travail.
4. *Faciliter l'entretien préventif.* Il faut prévoir, pendant la construction, que les sites où il y aura accumulation certaine ou potentielle d'eau pourront être facilement inspectés et entretenus.

#### 5.2.3 Mise en œuvre d'un programme d'entretien préventif

Les systèmes de l'immeuble comprennent tous les éléments des systèmes de chauffage, de refroidissement et d'humidification, ainsi que les unités de traitement et de distribution d'air. Le programme d'entretien préventif devrait viser à réduire le nombre de sites de prolifération fongique en prévoyant le drainage adéquat des puits et des plateaux de récupération de l'eau, le nettoyage régulier de tous les éléments en vue d'éliminer les saletés et les dépôts biologiques, et le remplacement des filtres. La fréquence d'application des mesures d'entretien, qui peut varier de mensuelle à annuelle, dépend de chaque élément.

Aucune partie du système de CVC ne doit contenir des matériaux de revêtement poreux.

Les constituants de l'immeuble comprennent tous les éléments de l'enveloppe et de l'intérieur. Il faut réparer rapidement et de façon permanente toutes les sources extérieures et intérieures de fuite et de condensation. Il peut être nécessaire d'enlever des matériaux isolants, des matériaux constituant le plafond ou les murs, des tapis, des garnitures intérieures, ainsi que d'autres éléments poreux endommagés par l'eau.

#### 5.2.4 Communications

Le personnel chargé de l'entretien des immeubles ainsi que les personnes qui en assurent l'administration doivent être conscientes des problèmes de santé que peut causer l'air intérieur contaminé, y compris l'importance que jouent la conception, l'installation, le fonctionnement et l'entretien des systèmes de CVC dans la réduction de l'accumulation, de la prolifération et de la dissémination des microorganismes. Il faut mettre sur pied des réseaux de partage de l'information afin d'aider les responsables de la santé publique et toute autre personne intéressée par la qualité microbiologique de l'air intérieur à résoudre rapidement et efficacement les problèmes dans les immeubles publics. Il est essentiel d'éduquer le public à cet égard pour qu'il prenne plus conscience de l'incidence possible de la contamination microbiologique de l'air intérieur sur les allergies, les intoxications ou les maladies infectieuses.

## **VI. Recommandations relatives aux mesures et aux recherches futures**

Au cours de ses délibérations, le Groupe de travail sur la qualité mycologique de l'air dans les immeubles publics a cerné les questions suivantes qu'il y aurait lieu d'aborder avant d'élaborer des recommandations, basées sur la santé, portant sur la qualité mycologique de l'air l'intérieur des immeubles publics.

### 1. Méthodes de détection permettant d'évaluer l'exposition

Il y aurait lieu de normaliser les protocoles d'échantillonnage et les méthodes d'analyse applicables aux champignons. Il faudrait élaborer des méthodes d'analyse basées sur des techniques immunologiques (par exemple, anticorps monoclonaux) et moléculaires (par exemple, réaction en chaîne de la polymérase et sondes géniques). Il faudrait mettre au point des méthodes normalisées permettant de déterminer les mycotoxines et d'évaluer leur toxicité, y compris des méthodes de contrôle *in vitro* utilisant divers indicateurs biologiques. Il faut bien connaître les limites et le biais des méthodes choisies.

Les études réalisées indiquent qu'on ne peut pas toujours établir une corrélation entre les effets allergiques et la présence de champignons dans l'air intérieur. Il y aurait lieu d'explorer l'utilisation d'étalons d'extraits d'allergènes préparés partir de champignons associés aux zones de prolifération intérieures, pour déterminer si les réactions d'hypersensibilité peuvent tre liées la présence de ces champignons dans l'air intérieur.

### 2. Valeurs de référence pour l'évaluation de l'exposition

Il faudrait, l'aide de protocoles d'échantillonnage et de méthodes mycologiques normalisés, compiler et publier des données sur les bioaérosols obtenues dans des immeubles publics et les sites extérieurs adjacents, pour toutes les régions du pays. Ces données devraient comprendre des données de base, tant quantitatives que qualitatives, sur les spores fongiques et autres propagules, sur les mycotoxines et sur d'autres composés métaboliques volatils (par exemple, ergostérol et  $\beta$ -1,3-glucane).

### 3. Évaluation des effets sur la santé

Il y aurait lieu d'obtenir des données dose-réponse sur les quantités de propagules fongiques, de toxines et de composés volatils en suspension dans l'air nécessaires pour provoquer une infection, une maladie ou une réaction allergique. Cette information, tout comme celles obtenues dans le cadre d'études épidémiologiques, est essentielle pour établir des recommandations basées sur la santé pour la contamination fongique dans les immeubles publics. Une telle étude est actuellement effectuée par Santé Canada, la Société canadienne d'hypothèques et de logement, ainsi qu'Agriculture et Agro-alimentaire Canada.

#### 4. Modèle informatique interactif

Il faudrait considérer l'élaboration d'un système expert basé sur les Protocoles d'inspection des immeubles visant déterminer la présence de zones de prolifération fongique (voir Section 4.4) pour simplifier l'inspection et l'interprétation de la contamination fongique l'intérieur.

Le Groupe de travail recommande également au Comité fédéral-provincial de l'hygiène du milieu et du travail de considérer la création de nouveaux groupes de travail qui examineraient, individuellement, les contaminants microbiologiques l'intérieur des immeubles, tels que les virus, les bactéries (y compris les mycobactéries et les actinomycètes), les protozoaires et les acariens détriticoles susceptibles de constituer un problème de santé publique.

## VII. Bibliographie

1. U.S. Department of Labour, Occupational Safety and Health Administration. OSHA indoor air quality — proposed rule. 29 CFR Parts 1910, 1915, 1926, and 1928 (5 avril 1994). Washington, DC. p. 15968 (1994).
2. Santé Canada. Guide technique pour l'évaluation de la qualité de l'air dans les immeubles bureaux : rapport du Comité consultatif fédéral-provincial de l'hygiène du milieu et du travail, 63 pp. (1993).
3. Broder, I. Guide d'introduction sur les microorganismes aéroportés l'intention des agents de sécurité de développement des ressources humaines. Rapport final la Division des services techniques, Direction générale de la santé et de la sécurité au travail, Programme de travail, Ministère du Développement des ressources humaines, Gouvernement du Canada, 29 mars (1994). Contrat : 1993, dossier YR828-93-049.
4. Burge, H. Bioaerosols: prevalence and health effects in the indoor environment. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 86 : 687 (1990).
5. Flannigan, B., McCabe, E.M. et McGarry, F. Allergic and toxigenic micro-organisms in houses. *J. Appl. Bacteriol.*, 70 (Suppl.) : 618 (1991).
6. Jarvis, B.B. Mycotoxins and indoor air quality. Dans : *Biological contaminants in indoor environments*. P.R. Morey, J.C. Feeley, Jr. et J.A. Otten (dir. de publ.). ASTM Spec. Tech. Publ. 1071, American Society for Testing and Materials Committee D-22 on Sampling and Analysis of Atmospheres, Section 06 on Biological Aerosols (1990).
7. Tobin, R.S., Baranowski, E., Gilman, A., Kuiper-Goodman, T., Miller, J.D. et Giddings, M. Signification de la présence de champignons dans l'air l'intérieur des édifices : Rapport d'un groupe de travail. *Revue canadienne de santé publique*, 8 (Suppl.) : 51 (1987).
8. Croft, W.A., Jarvis, B.B. et Yatawara, C.S. Airborne outbreak of trichothecene toxicosis. *Atmos. Environ.*, 20 : 549 (1986).
9. Hodges, G.R., Fink, J.N. et Schlueter, D.P. Hypersensitivity pneumonitis caused by a contaminated cool-mist vaporizer. *Ann. Intern. Med.*, 80 : 501 (1974).
10. Salvaggio, J. et Aukrust, L. Mold-induced asthma. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 68 : 327 (1981).
11. Sorenson, W.G., Frazer, D.G., Jarvis, B.B., Simpson, J. et Robinson, V.A. Trichothecene mycotoxins in aerosolized conidia of *Stachybotrys atra*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 53 : 1370 (1988).

12. Tarlo, S.M., Fradkin, A. et Tobin, R.S. Skin testing with extracts of fungal species derived from the homes of allergy clinic patients in Toronto, Canada. *Clin. Allergy*, 18 : 45 (1988).
13. Miller, J.D., Laflamme, A.M., Sobol, Y., Lafontaine, P. et Greenhalgh, R. Fungi and fungal products in some Canadian houses. *Int. Biodeterior. Bull.*, 24 : 103 (1988).
14. Smoragiewicz, W., Cossette, B., Boutard, A. et Krystyniak, K. Trichothecene mycotoxins in the dust of ventilation systems in office buildings. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 65 : 113 (1993).
15. Di Paolo, N., Guarnieri, A., Loi, F., Sacchi, G., Mangiarotti, A.M. et Di Paolo, M. Acute renal failure from inhalation of mycotoxins. *Nephron*, 64 : 621 (1993).
16. Gordon, K.E., Masotti, R.E. et Waddell, W.R. Tremorgenic encephalopathy: a role of mycotoxins in the production of CNS disease in humans. *Journal canadien des sciences neurologiques*, 20 : 237 (1993).
17. Yoshida, K., Ando, M. et Araki, S. Acute pulmonary edema in a storehouse of moldy oranges: a severe case of the organic dust toxic syndrome. *Arch. Environ. Health*, 44 : 382 (1989).
18. Martin, C.J., Platt, S.D. et Hunt, S.M. Housing conditions and ill health. *Br. Med. J.*, 294 : 1125 (1987).
19. Platt, S.D., Martin, C.J., Hunt, S.M. et Lewis, C.W. Damp housing, mold growth, and symptomatic health state. *Br. Med. J.*, 298 : 1673 (1989).
20. Rylander, R., Persson, K., Goto, H., Yuasa, K. et Tanaka, S. Airborne beta-1,3-glucan may be related to symptoms in sick buildings. *Indoor Environ.*, 1 : 263 (1992).
21. Dales, R., Burnett, R. et Zwanenburg, H. Adverse health effects in adults exposed to home dampness and molds. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 143 : 505 (1991).
22. Dales, R.E., Zwanenburg, H., Burnett, R. et Franklin, C.A. Respiratory health effects of home dampness and molds among Canadian children. *Am. J. Epidemiol.*, 134 : 196 (1991).
23. Broder, I., Pilger, C. et Corey, P. Influence of volatile organic compounds and other environmental variables on the well-being of workers in office buildings (non traduit). Rapport présenté au Programme national de recherche et de développement en matière de santé, Santé Canada, 31 mars (1993).
24. Skov, P., Valbjørn, O., Pedersen, B.V. et le Groupe d'étude danois sur le climat intérieur. Influence of personal characteristics, job-related factors and psychosocial factors on the sick building syndrome. *Scand. J. Work Environ. Health*, 15 : 286 (1989).

25. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Guidelines for the assessment of bioaerosols in the indoor environment. Cincinnati, OH (1989).
26. Wanner, H.-U., Verhoeff, A.P., Colombi, A., Flannigan, B., Gravesen, S., Mouilleseaux, A., Nevalainen, A., Papadakis, J. et Seidel, K. Indoor air quality and its impact on man. Rapport n° 12. Biological particles in indoor environments. Commission des Communautés européennes, Bruxelles (1993).
27. Yang, C.S., Hung, L.-L., Lewis, F.A. et Zampiello, F.A. Airborne fungal populations in non-residential buildings in the United States. Dans: Indoor air '93, Proceedings of the 6th International Conference on Indoor Air Quality and Climate. Vol. 4. Particles, microbes, radon. P. Kalliokoski, M. Jantunen, et O. Seppänen (dir. de publ.). Helsinki, Finlande. p. 219 (1993).
28. New York City Department of Health, New York City Human Resources Administration et Mount Sinai–Irving, J. Selikoff Occupational Health Clinical Center. Guidelines on assessment and remediation of *Stachybotrys atra* in indoor environments. New York, NY (1993).
29. American Society for Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. ASHRAE Standard 62-1989. Ventilation for acceptable indoor air quality. Atlanta, GA (1989).
30. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. 1993-1994 threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. Cincinnati, OH (1993).
31. Santé Canada. Health risk communication handbook (non traduit). Direction générale de la protection de la santé (1994).
32. Morey, P.R. Microbiological contamination in buildings: precautions during remediation activities. Dans : Environments for people, Proceedings of the ASHRAE IAQ '92 Conference, Atlanta, GA. p. 94 (1992).
33. Société canadienne d'hypothèques et de logement. L'air et l'humidité : problèmes et solutions. Petit guide pratique (1989).
34. Gravesen, S., Frisvad, J.C. et Samson, R.A. Microfungi. Munksgaard, Copenhague (1994).
35. U.S. Environmental Protection Agency/U.S. Department of Health and Human Services. Building air quality — a guide for building owners and facilities managers (1991).
36. Organisation mondiale de la santé, Bureau régional pour l'Europe. Indoor air quality: biological contaminants (non traduit). Publications régionales de l'OMS, Série européenne n° 31, Copenhague (1988).

37. Nathanson, T., Dénombrement et contrôle de microorganismes pour la qualité de l'air ambiant. Note technique, Travaux publics et Services gouvernementaux Canada (1994).
38. Travaux publics Canada. Normes sur l'environnement des locaux administratifs, MD-15000, section 3.1, novembre (1994).

## Glossaire

### **Acariens détriticoles**

Arthropodes microscopiques couramment présents à l'intérieur des immeubles. Important allergène dans les environnements intérieurs (par exemple, *Dermatophagoides pteronyssinus*, *Glycophagus* spp.)

### **ACGIH**

Sigle désignant l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

### **Actinomycètes**

Organismes procaryotes, gram-positifs, filamenteux et réticulés, croissance lente. Certaines espèces thermophiles peuvent causer des problèmes respiratoires ou une pneumonite allergique.

### **Activité aqueuse**

Disponibilité moléculaire de l'eau. L'eau est moins disponible (possède une énergie libre moindre) lorsque les molécules sont ordonnées par des interactions avec des molécules de soluté ou avec des surfaces de capillaire.

### **Allergène**

Agent provoquant une réaction allergique.

### **Allergie**

Type de sensibilité aux agents chimiques, physiques ou biologiques.

### **Anticorps monoclonal**

Anticorps sécrété par un seul clone de cellules produisant des anticorps. Ces anticorps possèdent le même site de liaison, la même chaîne légère et la même classe, la même sous-classe et le même allotype d'immunoglobuline.

### **Antigène**

Substance chimique complexe, par exemple protéine ou glycoprotéine des parois cellulaires, constitutive d'un organisme, reconnue et attaquée par le système immunitaire d'un autre organisme. Les organismes exposés ou envahis produisent des anticorps qui se fixent aux antigènes de l'organisme présent dans le milieu ambiant ou envahissant.

### **ASHRAE**

Sigle désignant l'American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

### ***Aspergillus***

Genre de moisissure comprenant plus de 100 espèces dont une quinzaine se retrouvent couramment dans des habitations au Canada. Tous les *Aspergillus* d'origine naturelle sont toxigènes.

### ***Aspergillus fumigatus***

Moisissure thermotolérante, croissance rapide, susceptible de causer une infection opportuniste chez les personnes immunodéprimées ou les asthmatiques de longue date. Toxigène et allergénique, elle peut aussi causer une pneumopathie d'hypersensibilité chez les personnes fortement exposées de façon chronique, ainsi que des symptômes respiratoires non spécifiques chez les personnes modérément exposées. Elle est inoffensive pour les personnes immunocompétentes dans des conditions de faible exposition. On la retrouve dans le compost, dans la matière fécale des animaux et dans d'autres matières

organiques, plus particulièrement dans des endroits chauds présentant une teneur relativement élevée en azote.

### **Bactérie**

Organisme procaryote unicellulaire. Certaines bactéries peuvent posséder un potentiel pathogène, tandis que d'autres peuvent causer des problèmes de qualité de l'air à l'intérieur des immeubles, plus particulièrement lorsqu'elles se transmettent par voie respiratoire (par exemple *Mycobacterium tuberculosis*, *Legionella pneumophila*).

### **Bioaérosol**

Dispersion dans l'air de particules contenant des parties d'entités biologiques ou des entités biologiques entières, par exemple bactéries, virus, rickettsies, protozoaires, actinomycètes, champignons, éléments fécaux ou parties d'acariens détriticoles et d'autres arthropodes, tels que blattes, ainsi que poils provenant de la fourrure d'animaux, squames, pellicules, cheveux, salive et urine.

### **Biocide**

Agent chimique qui tue des entités biologiques. Parmi les biocides courants, on compte l'hypochlorite de sodium, les composés ammoniacaux quaternaires, le formaldéhyde, le peroxyde d'hydrogène, les alcools, les composés phénoliques et le glutaraldéhyde.

### **Biofilm**

Mince couche de microorganismes croissant sur des surfaces humides, par exemple à l'intérieur de conduites humides, et produisant une matrice organique adhérente.

### **Champignons**

Organismes constituant un règne (égal en rang au règne végétal ou au règne animal), définis techniquement comme des organismes eucaryotes, filamenteux ou unicellulaires, parasitiques ou saprobes, dépourvus de chlorophylle et caractérisés par une croissance hétérotrophe, la production d'enzymes extracellulaires et un mécanisme distinctif de biosynthèse de la L-lysine. Les champignons (par exemple, les moisissures, les levures, etc.) peuvent causer des problèmes de qualité de l'air à l'intérieur des immeubles en y disséminant des conidies, des spores, des toxines ou des constituants de paroi cellulaire.

### **Confinement**

Création de conditions sèches à l'aide d'une barrière empêchant la transmission microbienne. Un appareil autonome, une installation dans un immeuble ou un immeuble complet dont les mesures d'ingénierie préviennent l'échappement de matières représentant un danger biologique constituent tous un dispositif de confinement.

### **Conidie**

Terme désignant les spores asexuées de la plupart des types de moisissures (hyphomycètes et ciliomycètes). On trouve ces spores beaucoup plus souvent dans l'air que les spores sexuées plus spécialisées dégagées par certaines des mêmes moisissures.

### **Conidiophore**

Branche spécialisée produisant les conidies d'une moisissure. L'observation de conidiophores lors de l'examen microscopique direct de matières prélevées

l'intérieur indique que la moisissure est en train de croître et de se reproduire sur le site échantillonné.

### **COV**

Sigle désignant les composés organiques volatils. Certains COV sont d'origine industrielle, comme les composés qui s'évaporent des produits d'usage domestique ou des produits d'entretien, qu'ils soient utilisés ou entreposés. D'autres COV sont produits par certains microorganismes, par exemple 1-octène-3-ol, pentan-2-ol et 3-méthylbutan-2-ol.

### ***Cryptococcus neoformans***

Levure pathogène qui croît dans les excréments accumulés d'oiseaux (ordinairement de pigeons) ou de chauves-souris et qui provoquent une cryptococcose chez les personnes fortement exposées ou immunodéprimées.

### **Culture**

Désigne l'action de faire croître des microorganismes dans un contenant confiné: technique permettant la matière échantillonnée de se multiplier, ce qui en facilite l'identification et l'évaluation.

### **CVC**

Sigle employé pour désigner chauffage, ventilation et climatisation.

### **DEMM**

Débit expiratoire maximal médian, c'est-à-dire débit expiratoire moyen entre 25 % et 75 % du volume expiratoire maximal.

### **Échantillonnage**

Prélèvement d'une partie représentative en vue de procéder à une analyse.

### **Échantillonneur Andersen**

Dispositif d'échantillonnage de l'air, de type tamis, comprenant une pompe vide qui aspire l'air dans un réseau de pores disposés radialement, puis qui projette les particules contenues dans chacun des petits courants d'air contre la surface d'un milieu de culture microbien. Les échantillonneurs Andersen deux ou six étages séparent les particules selon leur granulométrie, puis déposent chaque fraction granulométrique sur une plaque différente.

### **Échantillonneur mise en culture directe**

Dispositif d'échantillonnage de l'air aspiration/mise en culture. L'échantillonneur Bourdillon de mise en culture directe aspire l'échantillon d'air travers une mince fente, puis le projette sur la surface de gélose d'une boîte de Pétri en rotation. Comme une seule partie de la surface de gélose se trouve sous la fente un moment quelconque, l'examen de la surface de gélose permet de déterminer dans une certaine mesure la variation de la quantité de propagules aspirées en fonction du temps et ainsi d'évaluer le degré d'homogénéité de la distribution des propagules dans l'air.

### **Échantillonneur centrifuge Reuter**

Dispositif centrifuge d'échantillonnage de l'air, de type impacteur, permettant de prélever quantitativement des propagules microbiennes. Il comprend un rotor projetant les propagules sur une bande de plastique moulée comportant des puits remplis de gélose, l'intérieur de l'échantillonneur. Étant facilement portable, cet échantillonneur est peut-être plus facile à utiliser que d'autres dispositifs équivalents d'aspiration/mise en culture. On peut se procurer des bandes vierges pouvant être garnies de tout milieu mycologique spécial.

Des modèles plus récents permettent de procéder à l'étalonnage quantitatif des échantillons d'air.

### **Endotoxine**

Lipopolysaccharide constitutif de la membrane des algues et des bactéries gram-négatives, elle est thermostable (résiste à l'autoclavage) et toxique. Une toxine qui est sécrétée est une exotoxine.

### **Enveloppe de l'immeuble**

Élément d'un immeuble se trouvant le plus à l'extérieur.

### **Ergostérol**

Stérol constitutif de la membrane, qui est spécifique de la plupart des champignons et n'est pas produit par les plantes ou les animaux supérieurs.

### **Filamenteux**

Désigne un type de croissance réticulée, terminaison apicale, caractéristique de certains microorganismes.

### **Gélose de contact**

Milieu de croissance microbiologique (par exemple, milieu fongique ou bactérien) destiné à être appliqué directement sur la surface dans le but de détecter un inoculum microbien qui, idéalement, se reproduira sur le milieu en quantité proportionnelle au degré de contamination de la surface.

### **$\beta$ -1,3-Glucane**

Constituant de la paroi cellulaire des champignons, qui serait l'un des agents responsables des effets néfastes dans les immeubles endommagés par l'eau.

### **HEPA**

Filtres particules haute efficacité, auxquels on a fait subir des essais pour s'assurer qu'ils éliminent de l'air 99,97 % des particules de 0,3  $\mu$ m.

### **Hyphe**

Structure tubulaire réticulée constituant l'appareil végétatif d'un champignon filamenteux.

### **Hypochlorite**

Substance (HOCl) constituant l'ingrédient actif des agents de blanchiment. Puissant désinfectant antifongique qui blanchit de nombreux colorants et corrode fortement les métaux.

### **IgE**

Les immunoglobulines de type E sont des anticorps qui provoquent certaines réactions allergiques aiguës.

### **Immeubles publics**

Immeubles bureaux, écoles, etc., à l'exception des hôpitaux et des milieux de travail industriels.

### **Impacteur**

Appareil d'échantillonnage utilisant une plaque pour prélever les matières particulaires inhalables, thoraciques ou respirables, et exploitant le principe selon lequel des particules de tailles différentes possèdent une accélération et un taux d'élimination différents. Les plaques sont situées en aval d'un coude prononcé situé tout juste sous des fentes aux bords tranchants.

### **Lame pour examen direct**

Lame utilisée lors d'une analyse par microscopie, préparée avec des matières prélevées directement sur les surfaces contaminées et n'ayant été l'objet d'aucune culture intermédiaire ou autres techniques de prolifération.

### **Levure**

En langue vernaculaire, désigne les organismes fongiques unicellulaires qui se reproduisent surtout par bourgeonnement, bien qu'il existe certaines levures se reproduisant par fractionnement. Ce terme n'a aucune importance taxinomique et ne sert qu'à décrire certaines formes morphologiques d'une moisissure. La plupart des levures véritables appartiennent à l'un des phylums des moisissures véritables appelées ascomycètes (certaines autres appartiennent à la classe des basidiomycètes, tandis que celles qui ne sont pas encore au stade sexué appartiennent à la classe des deutéromycètes). Les spores sexuées caractéristiques des ascomycètes se présentent en nombres pairs (normalement huit) dans un sac appelé asque. La spore asexuée est une cellule en bourgeonnement appelée blastoconidie. Les levures peuvent être pathogènes, par exemple *Candida albicans*, *C. tropicalis* et *Cryptococcus neoformans*. D'autres levures, comme la levure de boulangerie utilisée à des fins domestiques ou au brassage de la bière, sont importantes sur le plan industriel.

### **Lois régissant l'hygiène et la sécurité au travail**

Lois provinciales sur l'hygiène et la sécurité au travail et Code canadien du travail pour les milieux de travail relevant du gouvernement fédéral. Selon ces lois et le Code du travail, les employeurs doivent s'assurer que le lieu de travail ne comporte aucun danger pour les employés, tandis que les employés doivent

faire de même à l'égard de leurs compagnons de travail et des occupants de l'immeuble.

### **Maladies liées aux immeubles**

Maladies reconnues possédant une pathophysiologie définie que l'on peut attribuer à la présence de polluants chimiques ou de bioaérosols en suspension dans l'air des immeubles (par exemple, légionnellose, mycoses systémiques, intoxication au monoxyde de carbone, cancer du poumon).

### **Moisissures**

Désignent normalement des champignons croissance filamenteuse qui donnent bien souvent des colonies possédant une texture floconneuse, cotonneuse, laineuse ou poudreuse. Les moisissures produisent des conidies ou des spores qui sont peu visibles sinon invisibles à l'œil nu et qui, chez de nombreuses espèces, passeront en suspension dans l'air.

### **Mycélium**

Masse d'hyphes constituée d'une seule colonie fongique ou d'un groupe de colonies fongiques associées entre elles.

### **Mycotoxigène**

Qui produit des mycotoxines, des toxines fongiques spécialisées. Cette grande catégorie comprend de nombreux types différents de toxines, dont la plupart sont de petites molécules non volatiles, telles que des polycétides, des dérivés d'acides aminés (par exemple la pénicilline), des alcaloïdes, des trichothécènes, etc. Normalement, on souligne la présence de mycotoxines dans l'air à l'intérieur des immeubles uniquement lorsqu'il y a production de toxines provoquant des effets néfastes sur les humains et sur d'autres mammifères. Chaque toxine possède son propre spectre d'effets nocifs, qui n'est peut-être pas complètement connu.

### **Mycotoxine**

Classe de métabolites fongiques produisant un effet toxique sur les animaux et les humains (par exemple moniliformine; toxine T-2, un trichothécène du genre *Fusarium*).

### **Pathogène fongique systémique dimorphe**

Pathogène appartenant un petit nombre de pathogènes fongiques virulents spécialisés qui croissent sous la forme de moisissures la température ambiante et sous forme de particules (levure en bourgeonnement, levure en fractionnement ou sphérule) 37 °C dans un hôte ou sur un milieu de culture spécialisé. *Blastomyces dermatitidis*, agent responsable de la blastomycose, et *Histoplasma capsulatum*, agent responsable de l'histoplasmosse, sont indigènes du Canada.

### **Plaque de précipitation**

Boîte de Pétri remplie d'un milieu de croissance microbien, placée, sans son couvercle, dans le milieu échantillonner pendant la période prescrite pour que les bioaérosols puissent y précipiter. On remet ensuite le couvercle et on incube la boîte pour laisser croître les colonies fongiques ou bactériennes.

### **Pneumopathie d'hypersensibilité**

Syndrome de détresse respiratoire chronique caractérisé par une réaction allergique de type III (retardement) une substance immunosensibilisante. Normalement, une exposition prolongée et importante au stimulus allergique précède l'apparition du syndrome chez les personnes sensibles. Le syndrome peut ne pas se manifester chez d'autres personnes ayant subi une exposition tout aussi importante, mais qui présentent néanmoins une forte réaction immunologique aux antigènes répandus dans le milieu.

### **Prolifération**

Croissance dans un immeuble entraînant, l'intérieur, une concentration fongique plus élevée par rapport la concentration dans l'environnement extérieur immédiat.

### **Propagule**

Tout élément fongique disséminable pouvant donner lieu une nouvelle croissance fongique.

### **Réaction en chaîne de la polymérase**

Technique d'amplification de petites quantités de segments d'ADN, par dénaturation, anelage l'aide d'amorces et synthèse d'ADN dirigée par l'ADN-polymérase.

### **Respirateur**

Dispositif de protection personnelle conçu pour protéger contre l'inhalation de substances dangereuses présentes dans l'air.

### **SAS**

Désigne les échantillonneurs de systèmes d'air de surface.

### **SÉH**

Syndrome des édifices hermétiques. Selon la définition de l'Organisation mondiale de la santé, ce syndrome comprend un groupe de symptômes non spécifiques tels que : irritation des yeux, du nez ou de la gorge; sensation de sécheresse des muqueuses; peau sèche, rash; fatigue mentale; maux de t te; nausée; vertige; toux; enrrouement; respiration sifflante; démangeaisons et réactions d'hypersensibilité non spécifiques.

## **SIMDUT**

Sigle désignant le Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail. La législation assurant aux travailleurs le droit à l'information est basée sur trois éléments clés : les étiquettes, les Fiches techniques santé-sécurité et la formation des travailleurs.

## **Spores fongiques**

En langue vernaculaire, désignent les structures reproductives fongiques différenciées, telles que conidies, chlamydo-spores, ascospores, etc., qui facilitent la dissémination et la propagation. Les spores fongiques résistent généralement mieux aux conditions néfastes que leur état végétatif correspondant. En mycologie, la littérature technique utilise ce terme dans un sens plus restrictif : il ne sert qu'à désigner les propagules formées par un processus de «formation de cellules libres», c'est-à-dire la formation par un noyau d'une paroi cellulaire entièrement nouvelle à partir de la matière cytoplasmique.

## ***Stachybotrys***

Genre de moisissures toxigènes (hyphomycètes) caractérisées par la production de têtes visqueuses de conidies ellipsoïdes et verruqueuses, normalement de couleur noire, à partir d'amas de phialides gonflées (cellules fertiles ayant la forme d'une fiole). Les toxines produites par *Stachybotrys chartarum* (= *atra*) sont des trichothécènes macrocycliques extrêmement puissants. *Stachybotrys* vit principalement sur la cellulose humide.

## **Substrat**

Substance sur ou dans laquelle vit une moisissure.

## **Technique d'aspiration/mise en culture**

Technique exploitée par les échantillonneurs d'air qui prélèvent des propagules de moisissures par aspiration de matière en suspension dans l'air puis projection de cette matière sur un milieu de culture.

## **Thermophile**

Désigne les organismes qui préfèrent une température supérieure à 37 °C pour croître et survivre. Ces organismes, que l'on trouve dans les eaux thermales, les sols, le compost, les humidificateurs de fournaies à gaz, etc., peuvent croître à des températures pouvant atteindre 58 °C. Ils peuvent constituer un important groupe d'organismes responsables de problèmes de qualité de l'air à l'intérieur des immeubles.

## **Toxigène**

Désigne une substance ou une entité biologique nuisible pour les humains ou les animaux, ou capable de produire un ou plusieurs composés nuisibles pour les humains ou les animaux.

## **Trichothécènes**

Classe de toxines produites par certaines espèces fongiques telles que *Fusarium sporotrichoides* et *Stachybotrys chartarum* (= *atra*). Ces mycotoxines provoquent de graves effets sur la santé des humains et des animaux (par exemple, désoxynivalénol, ou DON; vomitoxine; nivalénol; T-2; HT-2; diacétoxyscirpénol, ou DAS).

## **UFC**

Unités formant colonies. Petites unités de matière biologique (spores, conidies, fragments d'hyphe) capables de produire des colonies individuelles sur un milieu de culture.

**VEMS**

Désigne le volume expiratoire maximal par seconde, c'est-à-dire le volume d'air expiré pendant la première seconde faisant suite à une inspiration complète.

**Xérophile**

Désigne les moisissures qui préfèrent vivre sur un substrat à faible activité aqueuse.

**Zone de prolifération**

Substrat situé à l'intérieur sur lequel prolifèrent des champignons.

# **ANNEXE A**

**Effets sur la santé humaine  
de la contamination fongique de l'air intérieur**

## Effets sur la santé humaine de la contamination fongique de l'air intérieur

### A.1 Introduction

Dans le cadre de plusieurs excellentes études, on a fait la compilation de la myriade de maladies causées par les champignons,<sup>1-5</sup> dont les principales catégories de cancer, les infections, les intoxications et les maladies du système immunitaire. Les mécanismes de pathogénèse sont également très divers. Les champignons produisent de puissantes mycotoxines, des allergènes et des constituants de la paroi cellulaire possédant une activité biologique; de plus, les spores peuvent induire l'activation *in vitro* des cellules polyclonales.<sup>1</sup> La concentration de champignons dans l'air l'intérieur de la plupart des immeubles publics et privés est inférieure à leur concentration dans l'air extérieur, et la composition en espèces est semblable. Les risques pour la santé découlant d'une exposition aux champignons ne devraient donc pas être plus élevés à l'intérieur. Toutefois, il existe dans certains immeubles des milieux où la croissance des champignons est favorisée, ce qui entraîne des concentrations plus élevées à l'intérieur et change la composition en espèces. Dans plusieurs exposés de cas, on a fait état des effets délétères de cette situation, habituellement à la suite d'une exposition extrêmement élevée à des espèces toxigènes.

Mis à part ces exposés de cas isolés, on ignore quelles sont les répercussions de la contamination fongique de l'air intérieur sur la santé de la population. En Amérique du Nord et en Europe, les occupants signalent souvent la présence de zones de prolifération fongique dans leur maison. Une étude menée à l'aide d'un vaste questionnaire portant sur les maisons au Canada faisait état d'une relation positive entre la présence d'humidité et/ou de moisissures à l'intérieur et des symptômes d'asthme, de troubles respiratoires et de problèmes non spécifiques. S'il s'agissait d'une relation de causalité, la présence d'humidité et/ou de moisissures à l'intérieur serait responsable d'un nombre important de maladies respiratoires chez la population en général. L'amélioration de la structure et du fonctionnement des immeubles réduirait effectivement l'humidité et améliorerait la santé des membres de notre société. Vu son importance potentielle pour la santé communautaire, les recherches se poursuivent et tentent de clarifier la nature de la relation épidémiologique. Cette étude résume les informations actuellement disponibles sur les effets de l'humidité et des moisissures sur la santé de la population et fait une évaluation de la solidité des données de causalité.

### A.2 Méthodes utilisées pour la recherche bibliographique

Les bases de données qui ont fait l'objet de la recherche incluaient *Medline* (1988–1993), *Embase* (1988–1993) et *BIOS* (1991–1993). Les mots-clés anglais utilisés étaient [(*fungi* ou *mould* ou *mycotoxins*)(champignons ou moisissures ou mycotoxines) et (*respiration* ou *pulmonary* ou *breath* ou *inhalation*)(respiration ou pulmonaire ou respirer ou inhalation) et (*indoor air* ou *public housing* ou *public area* ou *workplace* ou *work place*)(air intérieur ou habitations publiques ou lieu public ou immeubles publics ou lieu de travail ou endroit de travail)]. Pour vérifier si la recherche était complète, l'expression-clé «*indoor air pollution*» (pollution de l'air intérieur) a été utilisée seule dans la base *Medline*, mais aucun autre article pertinent n'a été trouvé de cette façon. Des communications personnelles avec des chercheurs travaillant dans le domaine

des moisissures et de l'humidité ont permis de trouver plusieurs articles et résumés. La recherche a aussi porté sur les sources suivantes : articles de journaux scientifiques, revues, comptes rendus de conférences, rapports techniques, monographies et résumés de réunions. On a aussi fait une recherche dans les bibliographies citées dans les articles, afin de trouver d'autres articles pertinents. Aucune étude portant sur les effets sur la santé humaine des moisissures et de l'humidité dans l'air intérieur n'a été écartée. Toutes ces études ont été examinées en tenant compte de leurs forces et de leurs faiblesses. De nombreuses études de piètre qualité peuvent quand même fournir des renseignements utiles qui ne sont pas affectés par les faiblesses de l'ensemble de la méthodologie. Les données utilisées pour évaluer la causalité sont tirées de la série de publications *McMaster University Clinical Epidemiology Rounds*.<sup>6</sup>

### A.3 Les champignons dans les immeubles résidentiels

Des études épidémiologiques réalisées dans plusieurs pays ont fait état d'effets sur la santé liés l'humidité et aux moisissures. Les observations sont remarquablement cohérentes pour des climats différents, des sociétés différentes, des types différents d'habitations et des chercheurs scientifiques différents. Pour permettre au lecteur d'apprécier cette cohérence, les études ont été regroupées par région géographique.

#### A.3.1 Royaume-Uni

Melia et coll. ont distribué des questionnaires aux mères de 191 écoliers âgés de 5 à 6 ans du Nord de l'Angleterre et ont mesuré l'humidité relative de la chambre des enfants et de la salle de séjour.<sup>7</sup> La prévalence d'au moins un symptôme respiratoire (toux, rhume de poitrine, respiration sifflante, asthme, bronchite) était de 85 % chez les garçons et de 64 % chez les fillettes dont la chambre présentait une humidité relative moyenne, sur une semaine, d'au moins 75 %. Les prévalences correspondantes étaient d'environ 58 % et 45 % lorsque l'humidité était plus faible ( $p < 0,05$  chez les garçons uniquement).

Strachan et coll. ont procédé à des échantillonnages au hasard dans trois écoles élémentaires d'Édimbourg.<sup>8-11</sup> Les informations obtenues, grâce à des questionnaires, auprès de 1 000 enfants âgés de 6 à 7 ans ont montré l'existence de liens entre l'humidité du mur intérieur de la chambre et les cas de respiration sifflante, de toux et de rhume de poitrine ( $p < 0,01$ ). Le risque relatif de respiration sifflante en présence de moisissures dans la chambre était de 3,00 après ajustement pour tenir compte de l'occupation de la maison, de la présence de fumeurs, du nombre de personnes et de l'utilisation de gaz pour la cuisson.<sup>8</sup> Toutefois, la baisse du volume expiratoire maximal par seconde (VEMS) l'effort, mesurée chez 873 enfants, n'était pas liée à la présence de moisissures.<sup>8</sup> L'indice d'humidité (n) (n=778) et les spores viables dans l'air mesurés dans la chambre n'étaient pas liés aux symptômes respiratoires ou à la baisse du VEMS l'effort. Ainsi, l'étroite relation entre les symptômes mentionnés sur le questionnaire et la présence d'humidité/moisissures dans la maison signalée sur le questionnaire n'a pas pu être confirmée par la mesure objective des cas d'asthme, de la présence d'humidité ou par l'incidence de moisissures. Les constatations relatives à la présence de moisissures et aux symptômes obtenues grâce aux questionnaires ont-elles créé une relation artificielle? Les mesures objectives des cas d'asthme étaient-elles moins sensibles que le questionnaire? Le fait est que le coefficient de variation du VEMS d'un sujet à l'autre était de 8,5 %, et que seuls 40 des 873 enfants

présentaient une baisse d'au moins 20 % du VEMS. Il se peut que l'humidité relative dans une chambre ne traduise pas avec précision la présence de micro-environnements humides (renfermant des moisissures). La mesure des spores dans l'air donne des résultats très variables, car toute activité physique mettra en suspension dans l'air les poussières et les spores déposées. Si l'on n'identifie pas les espèces, le nombre total de spores représentera une combinaison variable d'espèces toxigènes et non toxigènes. L'utilisation de dénombrements totaux présentant une toxigénicité variée aura pour effet d'obscurcir toute relation entre la présence de moisissures toxigènes et la santé.

Martin et coll. ont étudié Édimbourg 358 locataires d'appartements construits dans les années 1930 et les années 1960.<sup>12</sup> Les symptômes respiratoires que présentaient les enfants et les adultes ont été obtenus grâce à un questionnaire rempli par une locataire adulte. Les inspecteurs ont mesuré l'humidité dans les appartements et ont relevé les signes d'humidité, de moisissures et de condensation. Les maisons humides étaient associées à un plus grand nombre de problèmes respiratoires, de douleurs, de diarrhées et de maux de tête chez les enfants mais non chez les adultes. Dans le cas des maisons humides, 85 % des enfants avaient signalé au moins un problème respiratoire au cours des deux mois précédents, en comparaison de 60 % dans le cas des enfants vivant dans des maisons qui n'étaient pas jugées humides. Une étude ultérieure de plus grande envergure (n=597 maisons) effectuée par les mêmes chercheurs a permis d'établir chez les adultes l'existence d'une relation entre le taux d'humidité et le niveau de moisissures dans la maison et les symptômes suivants : nervosité, douleurs articulaires, nausée et vomissement, mal de dos, congestion nasale, évanouissements, constipation et essoufflement ( $p < 0,05$ ).<sup>13</sup> Le dernier symptôme était aussi associé au nombre total de spores dans l'air ( $p=0,019$ ). Selon les réponses aux questionnaires, les personnes vivant dans des maisons «humides» et celles vivant dans des maisons «sèches» ne présentaient aucune différence significative de détresse psychologique.

Hyndman a étudié 345 Bengalais britanniques vivant dans 60 appartements régis par l'État.<sup>14</sup> Il y avait des traces visibles de moisissures dans la moitié des maisons chauffées par un système central et dans toutes celles chauffées par un autre type de système. En général, les symptômes respiratoires et les autres symptômes non spécifiques, mais non les débits de pointe, étaient associés à des valeurs moyennes du taux d'humidité, de la température et de la proportion des surfaces recouvertes de moisissures dans les pièces les plus touchées, avec des risques relatifs d'environ 2. Le nombre total de spores, déterminé sur une période de 15 minutes, n'a été mis en relation qu'avec les cas de dépression signalés.

### A.3.2 Pays-Bas

Waegemaekers et coll. ont étudié 328 adultes et 190 enfants vivant dans 185 maisons dans une ville située sur la côte hollandaise.<sup>15</sup> Les concentrations de spores mesurées étaient en moyenne de 192 unités formant colonie par mètre cube (UFC/m<sup>3</sup>) (moyenne géométrique de 2,8) dans des maisons classées comme humides selon les questionnaires, et de 107 UFC/m<sup>3</sup> (moyenne géométrique de 2,1) dans des maisons classées comme sèches. Lorsque les maisons étaient classées comme humides ou sèches, les valeurs ajustées du risque relatif étaient supérieures à 1 pour la plupart des problèmes respiratoires et étaient statistiquement significatives ( $p < 0,01$ ).

pour les cas signalés de respiration sifflante et d'allergie. Les plaintes reliées des problèmes non respiratoires n'ont pas été examinées et la présence de cas d'allergie n'était pas considérée comme un élément confusionnel potentiel, mais simplement comme une variable extérieure.

Brunekreef a fait état des résultats obtenus au cours de deux études portant sur des enfants âgés de 6 à 12 ans, effectuées en 1987 (n=1051) et en 1989 (n=3344).<sup>16</sup> Des taches d'humidité avaient été signalées dans 15-24 % des maisons, et des moisissures avaient été décelées dans 9-15 % des maisons. Le risque relatif variait de 1,5 à 3,0 pour l'association entre la toux et la respiration sifflante et l'humidité et la présence de moisissures, après ajustement pour tenir compte de l'éducation des parents, du niveau de dioxyde d'azote dans les maisons et de l'usage de la cigarette. Le débit expiratoire maximal médian (DEMM) était réduit de 5,4 % dans les maisons où la présence de moisissures avait été signalée (p< 0,1), en comparaison de 1,0 % dans les maisons exemptes de moisissures. Parmi les adultes ayant répondu aux questionnaires distribués en 1991, le risque relatif pour l'association entre la toux et l'humidité ou la présence de moisissures était d'environ 2,0 (p< 0,001), soit une valeur semblable à celle concernant l'usage de la cigarette.<sup>17</sup>

Verhoeff a fourni des données indiquant que les symptômes respiratoires associés à l'humidité dans les maisons peuvent faire intervenir la sensibilisation allergique aux acariens détriticoles et possiblement aux moisissures.<sup>18</sup> Des 7 632 écoliers âgés de 6 à 12 ans constituant un échantillon aléatoire, on a comparé 259 cas (définis par la présence de toux ou de respiration sifflante, ou de dyspnée et de respiration sifflante, ou d'asthme diagnostiqué par un médecin) avec 257 témoins (ne présentant aucun symptôme respiratoire) en tenant compte de la présence de moisissures et d'humidité dans les maisons (déterminée par le locataire et par un inspecteur indépendant). Le risque relatif pour l'humidité et la présence de moisissures était d'environ 1-2 pour tous les cas et était approximativement 0,5 plus élevé pour les cas présentant un taux élevé d'immunoglobuline de type E en présence d'acariens détriticoles et de moisissures communes. Toutefois, pour l'association entre la toux et le niveau de moisissures signalé, le risque relatif augmentait de 6,4 % (IC 95 % de 0,8-49,3) lorsqu'on se limitait aux cas présentant un taux élevé d'IgE en présence d'acariens et/ou de moisissures. Pour valider leurs méthodes, les chercheurs ont corrélé la présence de symptômes respiratoires et un VEMS moindre; les valeurs statistiques pour un accord entre les valeurs signalées et les valeurs mesurées du taux de moisissures et/ou de l'humidité étaient de 0,4-0,7.

### A.3.3 Suède

Holmberg a étudié 33 adultes dans des résidences en Suède qui avaient été choisies selon leurs problèmes de moisissures et d'humidité. Des niveaux plus élevés d'*Aspergillus* en suspension dans l'air (> 50 UFC/m<sup>3</sup>) étaient associés à un nombre accru de cas d'irritation oculaire et cutanée, de toux, de flegme et de rhumes.<sup>19</sup> Une étude de plus grande envergure réalisée à l'aide de questionnaires et portant sur 4 990 enfants suédois dont les parents ne fumaient pas a révélé que l'humidité était associée à la toux, comme l'indique un risque relatif de 1,9 (p< 0,05).<sup>20</sup> Rylander et coll. ont signalé qu'il y avait un lien entre le  $\beta$ -1,3-glucane et la toux et le prurit.<sup>21</sup> La concentration de glucane avait été mesurée cinq reprises, une fois dans chaque immeuble. Ainsi, d'autres différences entre les immeubles et les occupants peuvent agir comme des facteurs confusionnels sur cette association.

#### A.3.4 États-Unis

Brunekreef et coll. ont étudié 4 625 enfants vivant dans six villes aux États-Unis.<sup>22</sup> Une réponse positive au moins l'une des questions ci-après indiquait la présence d'humidité dans les maisons : (1) Y a-t-il parfois accumulation d'eau sur le plancher du sous-sol? (2) L'immeuble a-t-il déjà subi des dommages causés par l'eau? et (3) Y a-t-il déjà eu présence de moisissures sur une surface quelconque à l'intérieur de la maison ? Le risque relatif pour une association entre l'humidité et les symptômes respiratoires variait de 1,23 (IC 95 % de 1,10-1,39) pour une respiration sifflante persistante 2,16 (IC 95 % de 1,64-2,84) pour une toux persistante, après ajustement pour tenir compte de l'usage de la cigarette par la mère, de l'âge, du sexe, de la ville et de l'éducation des parents. Le risque relatif pour une association entre la présence de moisissures (question 3) et les symptômes respiratoires variait de 1,40 (IC 95 % de 1,13-1,74) pour des maladies de nature autre que thoracique 2,12 (IC 95 % de 1,64-2,73) pour la toux. Il n'y avait aucune association statistiquement significative ( $p < 0,05$ ) entre les mesures spirométriques et les indicateurs d'humidité.

#### A.3.5 Canada

En 1988, Santé et Bien-être social Canada a effectué, l'aide de questionnaires, une étude de 30 collectivités canadiennes.<sup>23-25</sup> Un questionnaire a été distribué un total de 17 962 parents ou tuteurs responsables d'enfants d'âge scolaire, dont 14 948 (83 %) les ont remplis puis retournés. La prévalence de cas d'humidité ou de présence de moisissures signalée dans les maisons au Canada était d'environ 38 %. La prévalence de symptômes du système respiratoire inférieur (tout symptôme de toux, de flegme, de respiration sifflante simple et de respiration sifflante accompagnée de dyspnée) était plus élevée chez les personnes signalant la présence d'humidité/de moisissures. Parmi les 12 569 enfants âgés de cinq à huit ans, la prévalence de symptômes du système respiratoire inférieur était de 19,5 % et de 13,2 % dans les maisons où l'on avait signalé la présence et l'absence d'humidité/de moisissures, respectivement. Le risque relatif ajusté correspondant était de 1,50 (IC 95 % de 1,35-1,67). Parmi les adultes non fumeurs ayant répondu au questionnaire, des symptômes du système respiratoire inférieur ont été déclarés par 19 % et 11 % des personnes ayant et n'ayant pas fait état d'une exposition à l'humidité/aux moisissures. Le risque relatif pour tous les adultes était de 1,62 (IC 95 % de 1,48-1,78), après ajustement pour tenir compte de l'usage de la cigarette.

### **A.4 Présence de champignons dans les immeubles bureaux**

Très peu d'études ont été effectuées sur l'exposition aux champignons dans les immeubles bureaux, en comparaison de celles réalisées dans les milieux résidentiels. Plusieurs immeubles logent des milliers d'employés, mais le nombre d'immeubles pouvant servir lors d'études est faible. Si aucun des immeubles étudiés ne présentait de problème de contamination fongique, on ne s'attendrait pas ce que les champignons aient des effets sur la santé.

Skov et coll. ont procédé à un examen exhaustif de quatorze immeubles municipaux au Danemark.<sup>26</sup> Les symptômes déclarés dans les questionnaires étaient liés à plusieurs facteurs, tels que la présence de poussière sur le plancher, les revêtements de plancher, la densité

d'occupation, l'âge de l'immeuble et la ventilation, mais n'étaient pas liés aux micro-champignons en suspension dans l'air. En général, on prenait des mesures à un endroit dans chaque immeuble, puis on appliquait les résultats obtenus à la totalité de l'immeuble et ses occupants. La durée d'échantillonnage et le milieu de culture utilisé n'étaient pas mentionnés. Les niveaux de champignons en suspension dans l'air n'étaient guère remarquables et se situaient entre 0 et 111 UFC/m<sup>3</sup>.

Harrison et coll. ont fait état d'une étude portant sur quinze immeubles bureaux en Grande-Bretagne.<sup>27</sup> À l'aide d'un échantillonneur Andersen à six étages, ils ont obtenu les niveaux moyens de champignons ci-après : environ 277 UFC/m<sup>3</sup> dans quatre immeubles à ventilation naturelle et environ 30 UFC/m<sup>3</sup> dans les autres immeubles. Même si la prévalence des symptômes était plus faible dans les immeubles à ventilation naturelle, ils ont signalé l'existence d'une association positive entre la prévalence des symptômes et les niveaux de champignons et de bactéries.

Tamblyn et coll. ont étudié quatre tours bureaux à ventilation mécanique, situées à Montréal, au cours du printemps ou de l'automne 1990.<sup>28</sup> Dans chaque tour, la ventilation était randomisée 6 fois à 20 ou 50 pi<sup>3</sup>/min par personne pendant une semaine. Un accroissement de la ventilation se traduisait parfois par une augmentation, parfois par une diminution de la quantité de spores dénombrées. Les changements observés dans le nombre de spores viables expliquaient 36-64 % des variations de symptômes (p=0,06 pour le coefficient de corrélation de Pearson et p=0,20 pour le coefficient de Spearman). Cette association n'a été observée que dans une seule tour. La variation du débit de ventilation influe également sur de nombreuses autres caractéristiques de qualité de l'air; il est donc difficile d'attribuer un changement quelconque à une cause donnée. Dans cette population, on a employé un deuxième protocole d'étude, qui comparait les employés signalant des symptômes liés au travail avec les autres employés. Le dernier groupe présentait, par rapport au premier, des niveaux de spores fongiques qui étaient 24 UFC/m<sup>3</sup> plus élevés.

Récemment, 43 des 49 employés de New-York exposés dans un immeuble bureaux au champignon *Stachybotrys atra* qui produit de la satratoxine H. (> 100 000 spores viables par centimètre cube dans des murs en Sheetrock) ont subi un examen médical.<sup>29</sup> En général, les plaintes concernaient le système respiratoire et le système nerveux et comprenaient fatigue, irritation de la peau et irritation des yeux. De l'IgE spécifique à *Stachybotrys atra* avait été décelée chez quatre employés. Comme cette étude descriptive ne mentionnait aucun témoin, il n'a pas été possible de déterminer s'il y avait association entre l'exposition et la santé.

## A.5 Résumé de la littérature

Il y avait dans les journaux scientifiques anglais 23 articles publiés au Royaume-Uni,<sup>7-14,26,27</sup> aux Pays-Bas,<sup>15-18</sup> en Suède,<sup>19-21</sup> aux États-Unis,<sup>22,29</sup> au Canada,<sup>23-25,28</sup> et au Danemark.<sup>27</sup> Ces articles représentaient 17 populations uniques; dans plusieurs cas, il y avait plus d'un article par population.<sup>9-10,16-17,23-25</sup> Douze études incluaient les enfants,<sup>7-11,16,18,20-22,24,25</sup> tandis que 11 comprenaient les adultes.<sup>12-15,17,19,23,26-29</sup> Dans la plupart des études, on a trouvé une association entre l'exposition et les symptômes respiratoires déclarés par des personnes présentant ces symptômes, que l'évaluation ait été faite par l'occupant, par l'inspecteur en bâtiment ou à partir du dénombrement des spores. En revanche, on n'a pas associé l'exposition des mesures objectives de maladie respiratoire.

### A.5.1 Évaluation de l'exposition

Dans la plupart des études, l'exposition avait lieu dans des maisons privées. On dispose de beaucoup moins d'informations publiées pour les immeubles publics.<sup>21,26-28</sup> Dans huit études,<sup>8,9,15,16,18,20,22,23</sup> on a évalué l'exposition l'humidité et aux moisissures en questionnant les occupants. Les questions posées portaient sur les signes d'humidité ou de moisissures, la présence d'endroits humides, les traces de dommages causés par l'eau, les antécédents d'inondation, la présence d'une odeur de renfermé et la présence d'un vide sanitaire humide, de poissons d'argent ou de cloportes. Dans six études,<sup>12-14,16,18,20</sup> ce sont des inspecteurs indépendants qui ont évalué les maisons en se basant sur les caractéristiques énumérées ci-dessus. Dans trois études,<sup>7,10,14</sup> on a mesuré l'humidité relative, tandis que dans neuf études,<sup>11,13-15,19,21,26-28</sup> on a mesuré la quantité de spores en suspension dans l'air. Édimbourg, on a isolé environ 50 espèces ou genres de champignons; 50 % de la quantité totale, en UFC/m<sup>3</sup>, étaient des *Penicillium* ou des *Cladosporium*. Les spores totales dénombrées variaient de 0 à 40 000, la valeur médiane étant d'environ 200 UFC/m<sup>3</sup>.<sup>11</sup> Dans une autre étude, on a déterminé que les champignons communs appartenaient aux genres *Penicillium*, *Aspergillus*, *Botrytis* et *Cladosporium*, les valeurs étant comprises entre 34 et 2 000 UFC/m<sup>3</sup>.<sup>15</sup> Dans une autre étude, on a déterminé la présence des genres *Aspergillus*, *Cladosporium* et *Penicillium*, la valeur médiane se situant aux environs de 230 UFC/m<sup>3</sup>.<sup>19</sup>

### A.5.2 Répercussions sur la santé

Dans toutes les études, des symptômes respiratoires ont été déclarés par des personnes présentant ces symptômes, qui incluaient toux, respiration sifflante, asthme, bronchite et rhumes de poitrine. L'occasion, il y avait des symptômes de rhume des foins et de maux de gorge. Dans quatre études, on a tenté de confirmer objectivement les symptômes de maladies respiratoires, en procédant par spirométrie au repos, par mesure des débits de pointe<sup>14-16,22</sup> ou par mesure de la réduction du VEM l'effort.<sup>9</sup> Dans huit études,<sup>12-15,19,22,23,28</sup> on a évalué les symptômes de nature autre que respiratoire déclarés par des personnes présentant ces symptômes, qui incluaient douleurs, vomissements, diarrhée, nervosité, maux de t te et fièvre.

### A.5.3 Résultats

Chez les enfants, toutes les études ont établi l'existence d'une association entre les symptômes déclarés par ceux présentant ces symptômes et la présence de moisissures/d'humidité signalée par les intéressés. Chez les adultes, on a constaté des associations semblables dans six de sept études portant sur des maisons<sup>13-15,17,19,23</sup> et dans l'une de trois études portant sur des immeubles.<sup>26-28</sup> La taille des échantillons variait de 33<sup>18</sup> à 14 799<sup>23</sup> et au moins cinq études portaient sur plus de 1 000 personnes. Lorsque les cas d'exposition étaient signalés par des personnes exposées, il y avait toujours une association avec les symptômes respiratoires. Il en était de même pour la présence «d'autres» symptômes. Par contraste avec les symptômes déclarés par des personnes présentant ces symptômes, on n'a jamais pu établir que des indicateurs objectifs de maladies respiratoires étaient associés à la présence de moisissures/d'humidité signalée par les intéressés. Aucun symptôme respiratoire n'était

étroitement associé des cas d'exposition signalés par les intéressés, mais la toux et la respiration sifflante y étaient toujours reliées et correspondaient bien souvent au risque relatif le plus élevé, normalement compris entre 1,5 et 3. Dans une étude, le risque relatif augmentait dans les cas où il y avait accroissement du taux sérique d'IgE causé par la présence de l'acarien détriticole *Dermatophagoides pteronyssinus* et de moisissures *Penicillium*, *Alternaria*, *Aspergillus* ou *Cladosporium*.<sup>18</sup> Tout comme dans les cas d'exposition signalés par des intéressés, des études au cours desquelles l'exposition a été évaluée par un inspecteur en bâtiment ont révélé l'existence d'associations avec les symptômes respiratoires.<sup>12,13,14,16,18</sup> Deux de trois études utilisant l'humidité relative ont révélé l'existence d'associations avec des symptômes respiratoires.<sup>7,14</sup> Quatre<sup>13,15,19,21</sup> de cinq études portant sur des maisons et une de trois études<sup>26-28</sup> portant sur des immeubles bureaux au cours desquelles on avait mesuré la quantité de spores en suspension dans l'air ont révélé l'existence d'associations avec les symptômes respiratoires.

## **A.6 Arguments militant en faveur d'une association de causalité entre la présence de moisissures dans l'air intérieur et la santé de la population**

### **A.6.1 Maladies causées par des champignons**

Parmi les agents pathogènes, on compte les mycotoxines, les allergènes, les constituants biologiquement actifs des parois cellulaires et les activateurs de cellules polyclonales. Les propriétés antigéniques des champignons ont été mises en cause dans des cas d'asthme, d'aspergillose bronchopulmonaire allergique, d'alvéolite allergique extrinsèque et de fièvre due aux humidificateurs.<sup>30-24</sup> *Stachybotrys atra*, une moisissure hydrophile pouvant produire des trichothécènes macrocycliques toxiques,<sup>33</sup> était responsable, estime-t-on, de problèmes de santé chroniques dans une maison.<sup>34</sup> Les symptômes correspondaient à une étiologie de maladies causées par des toxines, des toxines ont été isolées dans l'air et des travailleurs sont devenus malades pendant l'enlèvement de matériaux contaminés. Parmi les autres effets néfastes de l'inhalation de mycotoxines sur la santé humaine, effets qui ont été documentés dans des exposés de cas non vérifiés, on compte l'insuffisance rénale,<sup>35</sup> l'encéphalopathie qui provoque des tremblements,<sup>36</sup> le syndrome toxique dû aux poussières organiques,<sup>37</sup> ainsi que des symptômes non spécifiques tels que maux de tête, maux de gorge, alopecie, grippe, diarrhée, fatigue, dermatite, malaise, toux, rhinite, épistaxis et fièvre.<sup>12,13,34</sup> Les substances volatiles dégagées par les moisissures, typiquement des alcools et des aldéhydes chaînes courtes, sont responsables de l'odeur de moisi: le 1-octène-3-ol a une odeur de champignon, le 2-octène-1-ol dégage une odeur de moisi et la géosmine possède une odeur terreuse.<sup>1</sup> La réaction à une exposition est variable, allant de l'absence de réaction jusqu'à l'apparition d'une maladie,<sup>38</sup> mais les données sur les effets sur la santé ne sont guère nombreuses. Le  $\beta$ -1,3-glucane, un constituant de la paroi cellulaire des champignons, peut être relié à la toux sèche et à l'irritation de la peau, des yeux et de la gorge.<sup>21</sup> Pour ce qui est du milieu résidentiel, Tarlo et coll. ont signalé que 14 de 26 sujets allergiques (rhinite, asthme) présentaient une sensibilité aux champignons présents dans leurs maisons, lors de tests d'allergie par piqûres.<sup>32</sup>

## A.6.2 Présence de champignons toxigènes dans l'air intérieur

Les champignons produisant des mycotoxines ne sont pas rares dans les immeubles résidentiels. Smith et coll. ont fait appel des cultures en couches monocellulaires MRC-5 pour doser les mycotoxines dans 83 isolats fongiques provenant d'immeubles résidentiels régis par l'État, Édimbourg.<sup>39</sup> On considérait que 47 % des isolats étaient toxigènes, ce qui se traduisait par la mort de 12-51 % des cellules. Lors d'une étude portant sur 52 maisons au Canada, on a déterminé qu'il y avait production de mycotoxines dans trois maisons contenant le champignon *Aspergillus fumigatus*.<sup>40</sup> Des mycotoxines du type trichothécène ont également été isolées dans le système de ventilation de trois édifices hermétiques de Montréal dont les occupants se plaignaient de malaises.<sup>41</sup>

Les données épidémiologiques étaient les mêmes dans diverses régions géographiques. Les effets sur la santé étaient toujours semblables tant chez les enfants que chez les adultes et pour différents chercheurs menant des études dans différents pays avec des questionnaires différents. Normalement, on constatait l'existence d'une telle association, que l'exposition à l'humidité et aux moisissures ait été déterminée par des questions posées aux occupants, par inspection du bâtiment ou par dénombrement des spores. L'étude canadienne a aussi établi l'existence d'un effet dose-réponse.<sup>23,24</sup> Le risque relatif pour la toux était de 1,61 (IC 95 % de 1,36-1,89) pour la présence d'un site contaminé par des moisissures par rapport à l'absence de site contaminé, et de 2,26 (IC 95 % de 1,80-2,83) pour la présence de deux sites contaminés par des moisissures par rapport à l'absence de site contaminé.

## **A.7 Arguments militant contre une association de causalité entre la présence de moisissures dans l'air intérieur et la santé de la population**

Les études étaient de nature transversale et ne tenaient nullement compte de la temporalité ou de la réversibilité. La présence d'humidité et de moisissures dans les maisons était le plus souvent évaluée à partir des réponses aux questions posées aux occupants relativement aux inondations, aux dommages causés par l'eau et à la présence de moisissures visibles. L'humidité favorise la croissance des moisissures, mais elle est aussi un indice d'une ventilation inadéquate et de niveaux accrus de plusieurs contaminants de l'air intérieur, allant des allergènes aux produits de combustion. L'humidité favorise également la croissance des acariens détriticoles qui peuvent causer une maladie respiratoire. L'endotoxine bactérienne a été mise en cause dans plusieurs cas de maladies liées aux immeubles comportant la contamination de réservoirs d'humidificateurs par des bactéries gram-négatives.<sup>31</sup> Les symptômes sur lesquels s'appuient la plupart de ces études ont été signalés dans des questionnaires, ce qui soulève des doutes. Premièrement, l'existence d'un groupe qui généralement fait état d'un nombre de symptômes supérieur au nombre réel et d'un autre groupe qui généralement fait état d'un nombre de symptômes inférieur au nombre réel peut donner lieu à une relation artéfactuelle si ceux qui déclarent un plus grand nombre de symptômes respiratoires signalent également une plus grande quantité d'humidité et de moisissures, et vice-versa. Deuxièmement, les personnes souffrant d'une maladie ayant d'autres causes risquent peut-être plus que les personnes ne présentant aucun symptôme de signaler la présence d'humidité et de moisissures dans le but d'expliquer leurs problèmes de santé, ce qui pourrait aussi donner lieu à une relation artéfactuelle. Toutefois, en opposant la déclaration de symptômes et les mesures objectives de la fonction pulmonaire,

Brunekreef est arrivé à la conclusion qu'il n'y avait probablement ni biais ni facteur confusionnel.<sup>16</sup> Toutefois, l'étude canadienne n'a rien trouvé qui puisse établir la présence (ou l'absence) d'un biais; rien n'influeait sur l'association observée entre les symptômes et l'humidité, que des personnes aient ou non été diagnostiquées comme souffrant d'allergies ou d'asthme. Finalement, les risques relatifs mesurés étaient normalement faibles, moins de 2, donc relativement sensibles aux facteurs confusionnels.

## **A.8 Sommaire et conclusion**

Les champignons peuvent causer et effectivement causent quantités de maladies. Il n'est pas rare de trouver des champignons potentiellement pathogènes à l'intérieur des habitations; des exposés de cas ont fait état de maladies causées par des champignons présents dans l'environnement intérieur. On ignore encore dans quelle mesure les maladies observées dans la population sont attribuables à la présence de champignons dans les maisons privées et les immeubles publics. Les études épidémiologiques ont constamment fait état d'une association entre les symptômes respiratoires et la présence d'humidité et de moisissures dans les maisons, mais ces études n'ont pas permis d'établir un lien de causalité. Tant que l'on ne connaîtra pas l'importance du risque couru par la population, il serait prudent, compte tenu des données actuelles, d'éliminer les sources situées à l'intérieur qui favorisent la croissance des champignons.

## **A.9 Bibliographie**

1. Flannigan, B., McCabe, E.M. et McGarry, F. Allergic and toxigenic micro-organisms in houses. *J. Appl. Bacteriol.*, 70 (Suppl.) : 618 (1991).
2. Burge, H. Bioaerosols: prevalence and health effects in the indoor environment. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 86 : 687 (1990).
3. Tobin, R.S., Baranowski, E., Gilman, A., Kuiper-Goodman, T., Miller, J.D. et Giddings, M., Signification de la présence de champignons dans l'air à l'intérieur des édifices : Rapport d'un groupe de travail, Association canadienne de santé publique, 8 (Suppl.) : 51 (1987).
4. Jarvis, B.B. Mycotoxins and indoor air quality. Dans : *Biological contaminants in indoor environments*. P.R. Morey, J.C. Feeley, Jr. et J.A. Otten (dir. de publ.). ASTM Spec. Tech. Publ. 1071, American Society for Testing and Materials Committee D-22 on Sampling and Analysis of Atmospheres, Section 06 on Biological Aerosols (1990).

5. Broder, I. Guide d'introduction sur les microorganismes aéroportés, l'intention des agents de sécurité de Développement des ressources humaines, Programme de travail. Rapport final présenté la Division des services techniques, Direction générale de la santé et de la sécurité au travail, Programme de travail, Ministère du Développement des ressources humaines, Gouvernement du Canada, 29 mars (1994). Contrat : 1993, dossier YR828-93-049.
6. Department of Clinical Epidemiology and Biostatistics, McMaster University Health Sciences Centre. Clinical Epidemiology Rounds. How to read clinical journals: 4. To determine etiology or causation. *J. de l'Association médicale canadienne*, 124 : 985 (1981).
7. Melia, R.J.W., Florey, C. du V., Morris, R.W., Goldstein, B.D., John, H.H., Clark, D., Craighead, I.B. et Mackinlay, J.C. Childhood respiratory illness and the home environment. Association between respiratory illness and nitrogen dioxide, temperature and relative humidity. *Int. J. Epidemiol.*, 11 : 164 (1982).
8. Strachan, D.P. et Elton, R.A. Relation between respiratory morbidity in children and the home environment. *Fam. Pract.*, 3 : 137 (1986).
9. Strachan, D.P. Damp housing and childhood asthma: validation of reporting symptoms. *Br. Med. J.*, 297 : 1223 (1988).
10. Strachan, D.P. et Sanders, C.H. Damp housing and childhood asthma; respiratory effects of indoor air temperature and relative humidity. *J. Epidemiol. Commun. Health*, 43 : 7 (1989).
11. Strachan, D.P., Flannigan, B., McCabe, E.M. et McGarry, F. Quantification of airborne moulds in the homes of children with and without wheeze. *Thorax*, 45 : 382 (1990).
12. Martin, C.J., Platt, S.D. et Hunt, S.M. Housing conditions and ill health. *Br. Med. J.*, 294 : 1125 (1987).
13. Platt, S.D., Martin, C.J., Hunt, S.M. et Lewis, C.W. Damp housing, mould growth, and symptomatic health state. *Br. Med. J.*, 298 : 1673 (1989).
14. Hyndman, S.J. Housing dampness and health amongst British Bengalis in East London. *Soc. Sci. Med.*, 30 : 131 (1990).
15. Waegemaekers, M., Van Wageningen, N., Brunekreef, B. et Boleij, J. Respiratory symptoms in damp homes. *Allergy*, 44 : 1 (1989).
16. Brunekreef, B. Associations between questionnaire reports of home dampness and childhood respiratory symptoms. *Sci. Total Environ.*, 127 : 79 (1992).

17. Brunekreef, B. Damp housing and adult respiratory symptoms. *Allergy*, 47 : 498 (1992).
18. Verhoeff, A.P. Home dampness, fungi and house dust mites, and respiratory symptoms in children. Thèse de doctorat (ISBN 90-9007164/CIP), Université de Rotterdam, Rotterdam, Pays-Bas (1994).
19. Holmberg, K. Indoor mould exposure and health effects. Dans : *Indoor air '87, Proceedings of the 4th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*. B. Seifert, H. Esdorn, M. Fischer, H. Rden et J. Wegner (dir. de publ.). Institute for Water, Soil, and Air Hygiene, Berlin. p. 637 (1987).
20. Andrae, S., Axelson, O., Björkstén, B.,Frèderiksson, M. et Kjellman, N-I.M. (dir. de publ.). Symptoms of bronchial hyperreactivity and asthma in relation to environmental factors. *Arch. Dis. Child.*, 63 : 473 (1988).
21. Rylander, R., Persson, K., Goto, H., Yuasa, K. et Tanaka, S. Airborne beta-1,3-glucan may be related to symptoms in sick buildings. *Indoor Environ.*, 1 : 263 (1992).
22. Brunekreef, B., Dockery, D.W., Speizer, F.E., Ware, J.H., Spengler, J.D. et Ferris, B.G. Home dampness and respiratory morbidity in children. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 140 : 1363 (1989).
23. Dales, R., Burnett, R. et Zwanenburg, H. Adverse health effects in adults exposed to home dampness and molds. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 143 : 505 (1991).
24. Dales, R.E., Zwanenburg, H., Burnett, R. et Franklin, C.A. Respiratory health effects of home dampness and molds among Canadian children. *Am. J. Epidemiol.*, 134 : 196 (1991).
25. Dekker, C., Dales, R.E., Bartlett, S., Brunekreef, B. et Zwanenburg, H. Childhood asthma and the indoor environment. *Chest*, 100 : 922 (1991).
26. Skov, P., Valbjørn, O., Pedersen, B.V. et le Danish Indoor Climate Study Group. Influence of indoor climate on the sick building syndrome in an office environment. *Scand. J. Work Environ. Health*, 16 : 363 (1990).
27. Harrison, J., Pickering, C.A.C., Faragher, E.B. et Austwick, P.K.C. An investigation of the relationship between microbial and particulate indoor air pollution and the sick building syndrome. *Respir. Med.*, 86 : 225 (1992).

28. Tamblyn, R.M., Menzies, R.I., Comtois, P., Hanley, J., Tamblyn, R.T., Farant, J.P. et Marcotte, P. A comparison of two methods of evaluating the relationship between fungal spores and respiratory symptoms among office workers in mechanically ventilated buildings. Dans : Healthy buildings, Proceedings of the ASHRAE IAQ '91 Conference, Washington, DC. p. 136 (1991).
29. Johanning, E., Jarvis, B.B. et Morey, P.R. Clinical-epidemiological investigation of health effects caused by *Stachybotrys atra* building contamination. Dans : Indoor air '93, Proceedings of the 6th International Conference on Indoor Air Quality and Climate. Vol. 1. Health effects. J.J.K. Jaakkola, R. Ilmarinen et O. Seppänen (dir. de publ.). Helsinki. p. 225 (1993).
30. Salvaggio, J. et Aukrust, L. Mold-induced asthma. J. Allergy Clin. Immunol., 68 : 327 (1981).
31. Hodges, G.R., Fink, J.N. et Schlueter, D.P. Hypersensitivity pneumonitis caused by a contaminated cool-mist vaporizer. Ann. Intern. Med., 80 : 501 (1974).
32. Tarlo, S.M., Fradkin, A. et Tobin, R.S. Skin testing with extracts of fungal species derived from the homes of allergy clinic patients in Toronto, Canada. Clin. Allergy, 18 : 45 (1988).
33. Sorenson, W.G., Frazer, D.G., Jarvis, B.B., Simpson, J. et Robinson, V.A. Trichothecene mycotoxins in aerosolized conidia of *Stachybotrys atra*. Appl. Environ. Microbiol., 53 : 1370 (1988).
34. Croft, W.A., Jarvis, B.B. et Yatawara, C.S. Airborne outbreak of trichothecene toxicosis. Atmos. Environ., 20 : 549 (1986).
35. Di Paolo, N., Guarnieri, A., Loi, F., Sacchi, G., Mangiarotti, A.M. et Di Paolo, M. Acute renal failure from inhalation of mycotoxins. Nephron, 64 : 621 (1993).
36. Gordon, K.E., Masotti, R.E. et Waddell, W.R. Tremorogenic encephalopathy: a role of mycotoxins in the production of CNS disease in humans. J. canadien des sciences neurologiques, 20 : 237 (1993).
37. Yoshida, K., Ando, M. et Araki, S. Acute pulmonary edema in a storehouse of moldy oranges: a severe case of the organic dust toxic syndrome. Arch. Environ. Health, 44 : 382 (1989).
38. Samson, R.A. Occurrence of molds in modern living and working environments. Eur. J. Epidemiol., 1 : 54 (1985).

39. Smith, J.E., Anderson, J.G., Lewis, C.W. et Murad, Y.M. Cytotoxic fungal spores in the indoor atmosphere of the damp domestic environment. *FEMS Microbiol. Lett.*, 100 : 337 (1992).
40. Miller, J.D., Laflamme, A.M., Sobol, Y., Lafontaine, P. et Greenhalgh, R. Fungi and fungal products in some Canadian houses. *Int. Biodeterior. Bull.*, 24 : 103 (1988).
41. Smoragiewicz, W., Cossette, B., Boutard, A. et Krystyniak, K. Trichothecene mycotoxins in the dust of ventilation systems in office buildings. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 65 : 113 (1993).

## **ANNEXE B**

*Guide technique pour l'évaluation de la qualité de l'air  
dans les immeubles Bbureaux, Santé Canada, 1993 (pages 55–57)*

**Guide technique pour l'évaluation de la qualité de l'air dans les immeubles Bbureaux, Santé Canada, 1993 (pages 55-57)**

5.2.8.4 *Interprétation des résultats.* Depuis 1989, le comité de l'ACGIH sur les bioaérosols a recommandé l'évaluation par ordre de rang comme méthode d'interprétation des données fournies par l'échantillonnage de l'air. Cette méthode d'interprétation a été adoptée depuis 1986 dans les recherches effectuées par le gouvernement du Canada. La présence d'au moins une espèce de champignon microscopique l'intérieur, mais pas l'extérieur, donne penser qu'un amplificateur se trouve l'intérieur du bâtiment. L'identification des espèces est critique l'analyse. cause des problèmes mentionnés ci-haut, il n'est pas possible de se baser principalement sur des recommandations numériques pour savoir s'il existe un problème. Cependant, des données numériques peuvent se révéler utiles dans certaines circonstances.

L'information recueillie partir d'une importante série de données obtenues par des personnes expérimentées utilisant le m me appareil a une valeur pratique. Les recherches effectuées dans plus de 50 immeubles du gouvernement fédéral au cours de plusieurs années ont donné lieu la création d'une telle banque de données. Pour préparer les recommandations présentées ci-après, on a utilisé des données relatives aux champignons microscopiques obtenues partir de quelque 600 échantillons prélevés entre 1986 et 1991 au moyen d'un échantillonneur centrifuge Reuter avec un temps de prélèvement de 4 minutes. Les données acquises avec d'autres échantillonneurs doivent tre soumises une analyse analogue. Toutefois, si l'on utilise un temps de prélèvement de 4 minutes, les données numériques obtenues avec n'importe quel échantillonneur breveté seront probablement comparables.

- La présence confirmée de certains agents pathogènes (p. ex. *Aspergillus fumigatus*, *Histoplasma* et *Cryptococcus*) est considérée inacceptable. On devrait supposer que les excréments d'oiseaux ou de chauves-souris présents dans les prises d'air, les conduites ou des locaux contiennent ces agents pathogènes. Il faut agir en conséquence. Certaines de ces espèces ne peuvent tre mesurées au moyen de techniques d'échantillonnage de l'air.
- La présence persistante d'un nombre significatif de champignons toxigènes (p. ex. *Stachybotrys atra*, *toxigenic Aspergillus*, *Penicillium* et *Fusarium*) indique qu'une évaluation plus approfondie est nécessaire et que des mesures appropriées doivent tre prises.
- La présence confirmée d'au moins une espèce fongique dans un pourcentage important des échantillons d'air intérieur, qui ne se retrouve pas dans les échantillons d'air extérieur, révèle la présence d'un amplificateur fongique.
- La mycoflore «normale» de l'air est qualitativement analogue et quantitativement moindre que celle de l'air extérieur. Dans les immeubles fédéraux, on a mesuré une moyenne, étalée sur trois ans, d'environ 40 UFC/m<sup>3</sup> pour *Cladosporium*, *Alternaria* et pour des basidiomycètes non sporulants.

- une concentration de plus de 50 UFC/m<sup>3</sup>, si on était en présence d'une seule espèce autre que *Cladosporium* ou *Alternaria*, il pourrait y avoir des raisons de s'inquiéter. Des recherches plus poussées seraient alors nécessaires.
- Une concentration allant jusqu' 150 UFC/m<sup>3</sup> est acceptable s'il y a un mélange d'espèces correspondant aux spores de l'air extérieur. Si les dénombrements sont plus élevés, les filtres air sont probablement sales ou inefficaces, ou il y a d'autres problèmes.
- Une concentration allant jusqu' 500 UFC/m<sup>3</sup> est acceptable en été si les espèces présentes sont surtout *Cladosporium* ou d'autres champignons microscopiques d'arbres et de feuilles. Si les valeurs sont plus élevées, il se pourrait que les filtres ne fonctionnent pas correctement ou que le bâtiment soit contaminé.
- La présence d'une colonie visible de champignons dans des humidificateurs et dans les conduites des diffuseurs, et de moisissures sur les éléments du plafond et d'autres surfaces exige que l'on fasse une enquête et que l'on intervienne, quelle que soit la charge de spores aériennes.
- Il existe certains types de contamination fongique qui ne peuvent être facilement décelés au moyen des méthodes mentionnées dans le présent rapport. Si des symptômes du SÉH [syndrome des édifices hermétiques] persistent, il faut envisager de prélever des échantillons de poussière à l'aide d'un aspirateur et de les faire analyser pour déterminer s'ils contiennent des espèces fongiques.

## **ANNEXE C**

**Marche suivre normalisée : exemple d'une inspection visant déceler des cas de contamination de l'air intérieur par des agents mycologiques, et des mesures correctrices prises la suite de cette inspection**

## **Marche suivre normalisée : exemple d'une inspection visant déceler des cas de contamination de l'air intérieur par des agents mycologiques, et des mesures correctrices prises la suite de cette inspection**

Toute marche suivre comportant la manutention et la manipulation de matériaux potentiellement contaminés doit être confiée à un personnel formé, comme l'exigent le SIMDUT [Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail] et les lois provinciales sur la santé et la sécurité au travail. Ce personnel doit avoir reçu de l'information sur les dangers possibles ainsi que sur les stratégies efficaces lui permettant de se protéger et de protéger les occupants de l'immeuble. Il faut aussi lui rappeler qu'il doit porter un équipement de protection individuelle approprié pour pénétrer dans des zones contaminées. Dans le cas de travaux petite échelle, comme sur des superficies de 0,3 m<sup>2</sup> ou moins, on peut porter des gants bien ajustés et un masque qui offre une protection suffisante. Il faut décontaminer les matériaux contaminés avant de les enlever. Dans le cas de travaux échelle intermédiaire, par exemple sur des superficies de 3 m<sup>2</sup> ou moins, on conseille de porter des gants et un demi-masque respiratoire. Il y a lieu de noter qu'il est fortement recommandé de porter des gants et ce type de respirateur lors de l'application de mesures correctrices et ce, quelle que soit l'échelle des travaux, lorsqu'il y a présence certaine ou présumée de moisissures toxigènes. Dans le cas de marches suivre comportant des travaux grande échelle, par exemple sur une superficie de 10 m<sup>2</sup>, il y aura perturbation des matériaux contaminés qui sera peut-être suivie d'une redistribution des contaminants par le système de CVC (chauffage, ventilation et climatisation). Dans de tels cas, il faut physiquement isoler la zone en question (surtout pour ce qui est de la ventilation) à l'aide de feuilles de plastique et de ruban adhésif. Des mesures d'ingénierie, telles qu'une unité de ventilation par aspiration munie d'un filtre HEPA (filtre particules haute efficacité) et des aspirateurs à filtres HEPA sont nécessaires, surtout lorsque les mesures correctrices sont appliquées grande échelle. Il faut envisager l'évacuation des occupants de l'immeuble durant la mise en application de ces marches suivre. Une combinaison jetable protégeant complètement le corps de la tête aux orteils et comprenant un respirateur intégral, muni de cartouches filtrantes HEPA, constitue une protection acceptable. Il y a lieu de noter qu'en présence de concentrations élevées d'agents de blanchiment, le respirateur doit être muni d'une cartouche anti-chlore. En présence de matériaux très contaminés, on doit prendre des précautions supplémentaires pour éviter tout risque d'exposition lorsqu'on enlève l'équipement de protection individuelle. Il faut d'abord, avant d'enlever tout l'équipement, décontaminer sa surface ainsi que toutes les autres surfaces (telles que plancher, plafond ou tentures en plastique) se trouvant dans les zones isolées, à l'aide d'une solution renfermant 10 % d'un agent de blanchiment domestique (pour la lessive ou d'usage général contenant, avant dilution, environ 5,25 % de chlore disponible) à laquelle on peut facultativement ajouter 0,1-0,7 % d'un détergent non ionique pour améliorer l'action nettoyante et pénétrante. Les matériaux contaminés doivent être déposés dans un sac, lequel est ensuite déposé dans un second sac, puis ficelés et éliminés par incinération. Il est aussi recommandé de bien nettoyer et de décontaminer les zones adjacentes immédiates. Il faut décontaminer les accessoires d'échantillonnage ainsi que les outils entre chaque analyse pour éviter toute contamination croisée des échantillons, des salles et/ou des immeubles.

Il faut d'abord rendre inoffensif tout échantillon de contaminant présumé devant être transporté ailleurs, pendant l'inspection, des fins de diagnostic ou de consultation. Lorsqu'on n'est pas sûr qu'il s'agit d'un échantillon véritablement dangereux, on peut aussi, en vertu de la Loi sur le transport des marchandises dangereuses et de son Règlement, l'emballer et le transporter en tant que spécimen diagnostique. Toutefois, s'il a été établi que l'échantillon constitue un danger pour la santé humaine et la sécurité, il doit être emballé et transporté par une personne certifiée dans le domaine du TMD comme une matière de la classe 6.2.

## **Bibliographie**

New York City Department of Health, New York City Human Resources Administration, and Mount Sinai–Irving J. Selikoff Occupational Health Clinical Center. Guidelines on assessment and remediation of *Stachybotrys atra* in indoor environments. New York, NY (1993).

## **ANNEXE D**

**Méthodologie d'échantillonnage applicable aux bioaérosols fongiques et  
aux zones de prolifération dans les cas de présence présumée de moisissures  
l'intérieur des immeubles**

## **Méthodologie d'échantillonnage applicable aux bioaérosols fongiques et aux zones de prolifération dans les cas de présence présumée de moisissures l'intérieur des immeubles**

Les problèmes attribués aux moisissures dans l'air intérieur sont normalement liés à la présence de zones de prolifération fongique dans l'immeuble affecté. À quelques occasions seulement, on soupçonne que des conidies provenant de l'extérieur constituent des sources potentielles de symptômes. Les moisissures qui prolifèrent dans un immeuble se trouvent normalement dans des endroits isolés les uns des autres où le taux d'humidité et les conditions du substrat favorisent leur prolifération, tels que matières cellulosiques humides (par exemple panneau mural, papier peint, dessous de tapis, papiers humides), débris dans les conduites du système de ventilation, tapis, matelas ou meubles rembourrés, humidificateurs mal entretenus, isolants sur lesquels il y a accumulation d'une pellicule organique, surfaces peintes, calfeutrées ou en plastique qui sont constamment humides (rebords de fenêtre, cabines de douche, prises d'air froid), sols des plantes en pot. Les études diagnostiques portant sur les moisissures dans l'air intérieur ont comme buts ultimes :

- de déterminer si les propagules fongiques, plus particulièrement celles contenant des substances chimiques qui provoquent une irritation ou une immunosensibilisation, sont produites et dispersées en nombre suffisant dans l'immeuble pour expliquer (ou prévoir) les symptômes; et
- en présence d'une relation possible entre les moisissures et les symptômes, de repérer et d'éliminer les sites de prolifération fongique dans l'immeuble.

On atteint normalement ces buts en mettant en œuvre une des stratégies suivantes, ou les deux :

- prélèvement d'échantillons d'air (ou parfois de poussière) pour déterminer le niveau et les types de propagules fongiques viables dans les endroits qui constituent un problème dans l'immeuble et pour indiquer s'il y a présence à l'intérieur d'importants sites de croissance fongique («zones de prolifération»); et
- recherche physique de zones pouvant constituer un problème, afin de déceler les zones visibles de prolifération fongique.

Ces deux stratégies sont décrites de façon plus détaillée ci-après.

### **D.1 Échantillonnage visant à déterminer la présence de bioaérosols fongiques**

#### **D.1.1 Principales techniques de prélèvement d'échantillons mycologiques dans l'air**

L'échantillonnage de l'air en vue de déterminer la présence de structures fongiques comprend, au niveau le plus fondamental, des techniques basées sur la culture de propagules vivantes et des techniques basées sur le piégeage et la visualisation des matières vivantes ou mortes. La présente annexe porte principalement sur le premier type de techniques car, dans

les nombreuses situations où l'on soupçonne qu'il y a contamination de l'air intérieur, on trouve des genres de champignons allergéniques et toxigènes ainsi que des conidies minuscules et indéfinissables telles que celles de *Penicillium* et *Aspergillus*. Bien souvent, il est difficile d'évaluer ces genres avec précision l'aide de dispositifs de piégeage de particules, comme les échantillonneurs Rotorod et les pièges spores, car ces dispositifs ne permettent pas de procéder à une mise en culture et l'analyse des échantillons a tendance surtout à déceler des structures plus grosses possédant une forme distinctive ou une pigmentation foncée. Bien souvent, les champignons courants possédant de grosses propagules ou des propagules de couleur foncée, tels *Cladosporium*, *Alternaria*, *Pithomyces* et *Bipolaris*, sont relativement inoffensifs et proviennent surtout de sources situées à l'extérieur. D'autres allergènes manifestes, tels que les basidiospores du ganoderme *Ganoderma applanatum* et les téliosporés du charbon dégagés par les ustilaginales, peuvent être dénombrés avec une précision sans égal, mais, encore, ils proviennent de sources extérieures et ne s'appliquent guère aux principales questions examinées par le Groupe de travail. Toutefois, il y a lieu de noter que, selon Kozak et coll., l'échantillonneur Rotorod a été très utile pour visualiser les conidies de *Stachybotrys*, *Ulocladium* et *Alternaria* non viables dégagées par des tapis contaminés dans des maisons.<sup>1</sup> Même si ces auteurs avaient déjà localisé et identifié les moisissures responsables en procédant à des enquêtes sur les dommages causés par l'eau, à une inspection du site et à un échantillonnage direct des surfaces suspectes, ils estimaient que l'échantillonneur Rotorod pouvait constituer un élément important d'une évaluation détaillée. Ils en ont recommandé l'utilisation en combinaison avec un échantillonneur Andersen pour les propagules viables, un examen plus rigoureux du site, une étude des antécédents et l'échantillonnage direct.

Les techniques d'échantillonnage de l'air permettant de déceler les propagules vivantes peuvent être regroupées en deux catégories : celles faisant appel à la gravité pour déposer les propagules fongiques sur un milieu de culture et celles comprenant l'aspiration par pompage d'un volume déterminé d'air sur ou à travers un dispositif de prélèvement des propagules. La plaque de précipitation est un bon exemple de la première catégorie, tandis que la deuxième catégorie regroupe divers dispositifs d'échantillonnage. Nous examinerons d'abord les dispositifs de la première catégorie.

#### D.1.2 Plaques de précipitation

Un grand nombre de publications viennent confirmer le fait que les plaques de précipitation permettent de dénombrer un échantillon biaisé de propagules fongiques viables en suspension dans l'air<sup>2</sup> et ce, pour deux raisons. Premièrement, la vitesse de précipitation des propagules dépend de leur poids et de leur forme aérodynamique. Les plaques de précipitation sont particulièrement efficaces pour dénombrer les grosses conidies dans l'air intérieur, tandis qu'elles sous-estiment la proportion de conidies appartenant à des genres importants à petites spores, tels qu'*Aspergillus* et *Penicillium*. Deuxièmement, contrairement aux échantillonneurs à aspiration, qui provoquent une certaine perturbation de l'air, les plaques de précipitation sont immobiles. Normalement, il faut perturber l'air dans une certaine mesure pour remettre en suspension les conidies déposées qui, ordinairement, seraient remises en suspension par les activités humaines se produisant normalement dans les salles faisant l'objet d'une inspection.<sup>3</sup> De telles activités augmentent considérablement le nombre de champignons décelés, même lorsque le prélèvement est effectué

l'aide d'échantillonneurs à aspiration.

Malgré ces limitations, les plaques de précipitation sont toujours largement utilisées, du moins lors des études préliminaires, dans les endroits éloignés ou démunis, ou encore comme compléments à la recherche physique de zones de prolifération. En tant qu'échantillonneurs semi-quantitatifs, lorsqu'elles sont suffisamment bien exposées (selon un protocole couramment employé, on laisse les plaques pendant une heure à un niveau correspondant à celui d'une table, dans des conditions d'activités normales),<sup>4</sup> les plaques de précipitation peuvent être facilement utilisées pour détecter la présence possible d'importantes zones de prolifération fongique à l'intérieur des immeubles (sauf dans certains cas spéciaux, comme les zones de prolifération de *Stachybotrys*). Dans le cas d'une zone de prolifération fongique problématique comprenant des champignons à petites spores, tels qu'*Aspergillus* ou *Penicillium*, il y a production d'une quantité suffisamment grande de propagules en suspension dans l'air pour que ces espèces représentent une proportion importante des isolats apparaissant sur une plaque de précipitation. Le nombre élevé des conidies produites par une zone de prolifération quelconque (soumise aux perturbations normales) compense le biais de nature gravitationnelle jouant contre ces petites conidies.

Des chercheurs qui étudiaient des paramètres non applicables à la détection d'importantes zones de prolifération situées à l'intérieur ont attribué certaines faiblesses spécifiques de l'échantillonnage aux plaques de précipitation. Le fait que les champignons toxigènes ou allergènes importants du point de vue épidémiologique doivent, contrairement aux champignons invasivement pathogènes, être présents en grandes quantités constitue la force de cette technique. Les espèces fongiques vivant dans un habitat quelconque ont tendance à être distribuées quantitativement de façon inversement proportionnelle, c'est-à-dire qu'on observe un très grand nombre d'individus représentant quelques taxons prédominants et un très petit nombre d'individus représentant un nombre indéfiniment grand de taxons mineurs.<sup>5,6</sup> Ainsi, il n'est pas nécessairement utile sur le plan pratique de préciser que le nombre de taxons a tendance à être moindre sur les plaques de précipitation que sur les plaques sur lesquelles on projette un échantillon d'air, ou que les plaques de précipitation permettent de détecter les membres d'un groupe particulier de champignons dans des sites moins nombreux que ce deuxième type d'échantillonneurs.<sup>7</sup> Lorsque les durées d'exposition sont suffisantes, plus spécialement dans des conditions de faible turbulence à l'intérieur, les membres de la «queue» asymptotique des taxons mineurs seront très probablement les seuls à ne pas être décelés dans un habitat donné. Le temps nécessaire à l'obtention d'un échantillon approprié représentatif du plus petit type de spores d'intérêt pratique correspondrait à la meilleure définition générale d'une durée d'exposition adéquate. Dans le cas des études effectuées à l'intérieur, ce type de spores est bien souvent la conidie d'*Aspergillus/Penicillium*; l'auteur du présent document a constaté que la plupart des plaques de précipitation ayant servi à un prélèvement d'une durée d'une heure à l'intérieur et qui proviennent d'immeubles que l'on suppose contaminés par des moisissures portent, comme espèces prédominantes, des membres de ces taxons. Ces constatations inéluctables mais anecdotiques devraient être vérifiées par des études comparatives plus définitives.

Les études publiées qui comparent les techniques volumétriques et gravitationnelles sont souvent inadéquates. Sayer et coll. ont comparé des échantillons prélevés sur une période de 15 minutes à l'aide d'un échantillonneur aspirant 28,3 litres d'air par minute à des échantillons prélevés à l'aide de plaques de précipitation exposées pendant une période de 15 minutes, soit

une période totalement inadéquate, parallèle en durée seulement mais non continue.<sup>2</sup> Dans une étude mieux conçue, Solomon a constaté qu'il n'y avait guère de corrélation entre des échantillons prélevés à l'aide d'une plaque de précipitation sur une période de 30 minutes et des échantillons prélevés à l'aide d'un échantillonneur volumétrique Andersen sur une période allant de 1 à 10 minutes, et que les taxons petites spores, numériquement prédominants, n'étaient parfois pas décelés ou étaient mal représentés.<sup>8</sup> Toutefois, Verhoeff et coll. ont constaté qu'il y avait une étroite corrélation entre des échantillons prélevés avec un échantillonneur Andersen et des échantillons prélevés en double à l'aide d'une plaque de précipitation sur une période de 60 minutes, dans le cadre de deux études différentes.<sup>4,9</sup> Selon la moins récente de ces deux études,<sup>9</sup> le nombre d'espèces isolées sur les plaques de précipitation comportant une gélose classique à activité aqueuse élevée (gélose à extrait de malt) n'était pas significativement différent de celui obtenu avec quatre importants types d'échantillonneurs volumétriques. Selon l'étude la plus récente,<sup>4</sup> le nombre d'espèces isolées avec les plaques de précipitation était significativement moindre que le nombre isolé avec l'échantillonneur Andersen, mais on n'indiquait pas s'il s'agissait d'espèces relativement abondantes ou peu communes. Jusqu'ici, aucune étude n'a abandonné l'importance accordée à l'abondance et n'a précisé dans quelle mesure les différents types d'échantillons permettaient de reconnaître les indicateurs synécologiques révélant la présence et les types de zones de prolifération fongique à l'intérieur des immeubles. Ces indicateurs (par exemple, *Penicillium brevicompactum* et *Aspergillus versicolor* indiquent normalement la présence de papiers peints humides mais non saturés) sont visibles même dans un dépôt relativement léger de types petites spores sur une plaque de précipitation (ou dans une légère croissance de types de spores peu viables dans les échantillons prélevés à l'aide de techniques gravitationnelles ou volumétriques) et sont suffisants pour orienter d'autres inspections sur le site. La présence d'un dépôt en grande ou en petite quantité d'un tel indicateur révèle la présence probable d'une zone de prolifération plus grosse ou plus petite, plus rapprochée ou plus éloignée, exposée ou plus dissimulée, mais toujours non souhaitable. Des expositions de plus longue durée permettraient de détecter ces indicateurs; malgré cela, les plaques de précipitation sont le plus utiles lorsqu'elles sont utilisées en combinaison avec une bonne inspection du site réalisée dès le début en vue de déceler des sites de moisissures visibles à l'échelle macroscopique. (Vu la faible viabilité des propagules du type *Stachybotrys*, il faut prendre les mêmes précautions avec les échantillons volumétriques.) L'échantillonnage volumétrique doit être considéré comme une méthode de prélèvement supérieur et être utilisé chaque fois que cela est possible.

Au Canada, les espèces prédominantes dans les zones de prolifération fongique à l'intérieur des immeubles constituent ordinairement une proportion faible sinon négligeable des spores présentes dans les échantillons d'air extérieur (sauf à proximité des gros sites de compostage comme les aires de décharge de feuilles des municipalités ou aux endroits où de grandes quantités de récoltes alimentaires ou de bois sont entreposées). Les champignons *Aspergillus versicolor*, *A. fumigatus*, *A. niger*, des *Penicillium* du sous-genre *Penicillium* (quelques exceptions près) et les espèces de *Scopulariopsis* spores noires sont des exemples de moisissures étroitement associées à la prolifération à l'intérieur des immeubles. La réception de plaques de précipitation surtout colonisées par un nombre important de ces moisissures constitue un excellent indicateur de la présence d'une zone de prolifération intérieure susceptible d'être l'origine de problèmes. Il est fortement recommandé de faire appel aussi à des plaques

de précipitation témoins exposées à l'extérieur à une distance suffisante de l'immeuble étudié pour éviter tout risque de contamination par des bioaérosols provenant de l'intérieur; ces plaques n'indiquent pas normalement la présence de ces moisissures.

Dans le cas des immeubles où le nombre de zones de prolifération fongique est très restreint, où l'air bouge très peu dans des salles peu perturbées, où les moisissures qui prolifèrent sont des espèces difficilement cultivables (par exemple, *Stachybotrys chartarum* [= *atra*]) et où les moisissures qui prolifèrent sont des espèces qui ne se disséminent guère dans l'air (par exemple, *Aureobasidium* sur les rebords de fenêtre, *Cladosporium* sur les prises d'air froid revêtues de peinture, *Fusarium* ainsi que de nombreux autres champignons sporulés en milieu humide provenant de plantes intérieures, et possiblement *Chaetomium*), les plaques de précipitation peuvent donner des faux négatifs ou des résultats ambigus. Les effets sur la santé des espèces à faible dispersion dans l'air seraient négligeables, suggère-t-on;<sup>10</sup> cependant, comme il peut y avoir dispersion intermittente ou cumulative des matières séchées, certaines espèces sporulées en milieu humide peuvent avoir un effet assez important. *Stachybotrys* est un exemple de champignon sporulé en milieu humide pour lequel une importante dissémination dans l'air et des effets sur la santé sont bien établis. De plus, certains champignons sporulés en milieu humide peuvent produire des composés volatils nocifs. Toutefois, on ne connaît guère les effets sur la santé des composés volatils dégagés par les champignons sporulés en milieu humide présents à l'intérieur des immeubles; parmi ces espèces, nombreuses sont celles qui ne dégagent aucune odeur perceptible par olfaction.

Avec les plaques de précipitation, comme avec tout autre moyen de culture de moisissures en suspension dans l'air, le niveau d'interprétation le plus informatif exige normalement que l'analyste puisse reconnaître les espèces prédominantes et les espèces-groupes des genres *Penicillium* et *Aspergillus*, ainsi que d'autres groupes fongiques relativement complexes. De plus, si les témoins utilisés dans l'air extérieur sont inadéquats, l'analyste doit suffisamment bien connaître l'écologie locale des moisissures et des levures pour déceler tout écart de leur fréquence saisonnière normale dans l'air extérieur. À Toronto, par exemple, la présence d'un grand nombre de colonies de *Penicillium* du sous-genre *Aspergilloides* sur une plaque de précipitation exposée dans un milieu domestique en hiver constitue un excellent indicateur de prolifération fongique à l'intérieur; l'obtention du même résultat en septembre pourrait n'avoir aucune valeur diagnostique. Pour interpréter de tels résultats obtenus en l'absence de témoins, il faut faire appel à un mycologue possédant certaines données aérobiologiques de base.

Comme toute analyse utile des plaques de précipitation repose principalement sur l'identification de l'ensemble synécologique d'isolats correspondant à la présence à l'intérieur de zones de prolifération fongique et ne comporte qu'à titre secondaire la détermination du nombre réel de colonies, on ne peut résoudre le problème de savoir ce qui constitue un nombre acceptable et un nombre inacceptable de colonies dans les échantillons prélevés à l'intérieur. La mise en œuvre de mesures visant les zones de prolifération à l'intérieur doit donc être déclenchée par des facteurs autres que l'obtention d'une valeur seuil à la suite d'un dénombrement. La localisation et l'examen de toute zone de prolifération fongique non décelée au cours de l'inspection préliminaire constituent un suivi logique à la détection de telles zones à l'aide de plaques de précipitation. Normalement, on peut déterminer la nature du substrat à partir de la plaque de précipitation. Par exemple, *Stachybotrys* indique la présence de cellulose

très humide, bien souvent dans un matériau qui a déjà été inondé ou imbibé d'eau, ce qui n'est pas rare dans les endroits protégés comme l'arrière de papiers peints ou de panneaux muraux, où le champignon croît au contact de la colle. *Penicillium chrysogenum* laisse supposer qu'il y a présence de miettes; *Eurotium* indique, entre autres, la présence d'un tapis et l'accumulation de squames et de poussière; *Aspergillus versicolor* suggère la présence d'un panneau mural humide ou d'autre cellulose humide, y compris la poussière cellulosique dans les conduites; et ainsi de suite.

En pratique, on sait qu'il y a lieu de caractériser les zones de prolifération décelées et de prendre des mesures correctrices lorsque l'on constate la présence de symptômes correspondant à une réaction néfaste due à la présence de moisissures à l'intérieur, ou lorsque la direction ou l'administration de l'immeuble craint que ces zones de prolifération n'en viennent éventuellement à provoquer des symptômes, à signaler l'amorce ou l'aggravation d'une dégradation des matériaux ou encore à entraîner une situation difficile, que ce soit simplement en raison d'odeurs désagréables ou pour des raisons qui ont à voir avec les conséquences cosmétiques, esthétiques, psychologiques ou même politiques de la présence évidente de matières en décomposition. Ordinairement, la détection de zones de prolifération fongique incite fortement les gestionnaires à procéder à un nettoyage.

### D.1.3 Échantillonneurs à aspiration/mise en culture (échantillonneurs à pompe)

Les échantillonneurs à pompe utilisés pour prélever des propagules viables se divisent en trois catégories: (1) les échantillonneurs projetant un jet d'air sur la surface d'un milieu de culture fongique; (2) les échantillonneurs piégeant dans un liquide visqueux les propagules dans un jet d'air, qui peuvent ensuite être déposées sur un milieu de culture; et (3) les échantillonneurs piégeant les propagules sur une membrane filtrante, dont le contenu peut ensuite être élué sur un milieu de culture. Dans la catégorie n° 1, on trouve les échantillonneurs directs comme l'échantillonneur direct New Brunswick, les impacteurs à tamis comme les échantillonneurs Andersen et SAS et les impacteurs centrifuges comme l'échantillonneur Reuter (des précisions relatives à l'échantillonnage avec ces dispositifs sont données par Muilenberg; de plus, se reporter au Glossaire pour obtenir plus d'informations sur l'échantillonneur Andersen, l'échantillonneur centrifuge Reuter et l'échantillonneur direct; on trouvera dans Verhoeff et coll. un tableau indiquant les débits d'aspiration, les durées normales de prélèvement et les contraintes relatives à la taille des particules pour les dispositifs et les techniques d'échantillonnage volumétriques et non volumétriques).<sup>9,11</sup> Dans la catégorie n° 2, on trouve les impacteurs à liquide et les variantes des échantillonneurs directs qui permettent de déposer les propagules sur des gels facilement fusibles de glycérol/gélatine.<sup>12</sup> La catégorie n° 3 comprend les divers ensembles de pompes et de cassettes filtrantes permettant d'aspirer des quantités mesurées d'air à travers des filtres à membrane imperméables aux conidies fongiques.

Il existe de nombreuses publications comparant l'efficacité de ces échantillonneurs. En effet, récemment encore, ces études prédominaient considérablement sur les autres types d'études possédant une valeur prévisionnelle dans l'analyse des problèmes de moisissures à l'intérieur des immeubles, par exemple des études sur les effets biologiques d'une exposition à des conidies de moisissure ou encore des études de la composition des communautés fongiques associées à la prolifération à l'intérieur et aux symptômes qu'elles provoquent. Même si l'analyse des

dispositifs d'échantillonnage a permis d'obtenir beaucoup de renseignements utiles et s'il est important que l'échantillonnage soit précis, ce serait une erreur de surestimer la valeur de cet aspect essentiellement non biologique. Actuellement, même si nous connaissions avec une précision absolue les concentrations de propagules dans l'atmosphère l'intérieur des immeubles, nous ne serions guère plus avancés dans notre compréhension de l'association entre ces chiffres et les symptômes (en supposant qu'une telle association existe) et dans la détermination de l'emplacement des sites de prolifération fongique ou des mesures correctrices à prendre. Quoi qu'il en soit, les statistiques de corrélation devraient permettre, à l'aide de tout échantillonneur modérément imparfait mais donnant des résultats raisonnablement uniformes, d'obtenir des données qui pourraient être utilement comparées aux symptômes, aux niveaux de toxine et aux divers paramètres apparentés. Il faut réunir ces données par groupe fongique et non pas les signaler sous forme d'unités formant colonie (UFC) totales, car la totalité de spores comprend diverses proportions de particules potentiellement irritantes et relativement bénignes. (À titre de comparaison, imaginez qu'il faut évaluer le risque de contracter la malaria en dénombrant simplement le «nombre total de moustiques» dans un habitat donné.)

Récemment, plusieurs études ont comparé l'efficacité d'échantillonnage de divers échantillonneurs à pompe. La plupart de ces études incorporaient certaines variables non contrôlées: par exemple, dans certaines études, la durée et le volume d'échantillonnage n'étaient pas normalisés, et dans de nombreux cas les données étaient obtenues à la suite du prélèvement d'échantillons d'air dans des salles dont l'inhomogénéité était imprévisible. Il faut donc faire preuve de beaucoup de prudence lors de l'interprétation de ces études, et les personnes qui s'y intéressent devraient procéder à un examen plus détaillé que ne le fait le présent document. Il y a lieu de mentionner quelques études récentes, mais il ne faudrait pas nécessairement accepter telles quelles les conclusions données plus bas. Buttner et Stetzenbach ont analysé l'efficacité des plaques de précipitation et des échantillonneurs à six étages Andersen, SAS et Burkard (impacteur à fente d'aspiration pour examen direct des particules) dans une salle contrôlée où la concentration de conidies de *Penicillium chrysogenum* était connue.<sup>3</sup> C'est l'échantillonneur Andersen qui donnait les résultats les plus précis et les plus uniformes, mais la différence entre cet échantillonneur et les autres échantillonneurs volumétriques était marginale. Verhoeff et coll. ont effectué dans des maisons des études comparatives *in situ* à l'aide d'un échantillonneur direct, d'un échantillonneur Andersen à un étage (N6), d'un échantillonneur centrifuge Reuter et d'un échantillonneur SAS.<sup>9</sup> L'échantillonneur direct et l'échantillonneur Andersen étaient, ont-ils conclu, les plus précis. Toutefois, cette étude a fait l'objet de critiques<sup>13</sup> parce qu'elle ne tenait pas compte de la variation attribuable à la discontinuité de la masse d'air au cours des diverses périodes d'échantillonnage utilisées. (Le volume total d'air échantillonné était normalisé aux dépens d'une durée d'échantillonnage variable.) Smid et coll. ont comparé de la même façon les échantillonneurs à un étage Andersen, direct, Reuter et SAS.<sup>14</sup> Encore, ce sont l'échantillonneur Andersen et l'échantillonneur direct qui, signale-t-on, ont donné les meilleurs résultats, tandis que l'échantillonneur centrifuge Reuter donnait des résultats raisonnablement comparables; l'échantillonneur SAS sous-estimait la valeur UFC d'environ 50 %. Ces auteurs ont conclu que l'échantillonneur centrifuge Reuter conservait son utilité en raison de sa facilité d'utilisation et de sa précision acceptable.

Dans les environnements fortement contaminés (par exemple dans les étables), une surexposition peut nuire aux échantillonneurs Andersen, car plusieurs propagules sont alors comptées comme une seule après pénétration dans un m<sup>e</sup> trou sur le tamis, puis ultérieurement formation d'une colonie. Des facteurs de correction ont été publiés pour des plaques modérément surexposées, mais ils ne valent pas dans le cas de plaques soumises à une forte surexposition. On pourrait diminuer la durée d'échantillonnage, mais les discontinuités spatiales/temporelles dans la distribution des propagules fongiques en suspension dans l'air fausseraient les résultats. Par exemple, une exposition d'une durée de 30 secondes pourrait, par hasard, se faire lorsque passe un courant d'air relativement propre provenant d'une fenêtre, ce qui donnerait des résultats non représentatifs en général de l'air de la pièce contaminée; de même, une exposition de courte durée pourrait se faire à un moment où la perturbation d'une zone de prolifération fongique ou d'un réservoir de moisissures a soudainement augmenté la concentration des conidies, ce qui donnerait des résultats bien supérieurs à ceux normalement obtenus. C'est pour cette raison que les dispositifs piégeant les propagules dans un liquide peuvent être plus précis dans les environnements fortement contaminés. Ces échantillonneurs permettent de procéder à des échantillonnages de plus longue durée sans surcharger la capacité analytique du système. Thorne et coll. ont constaté que les échantillonneurs à impacteur et les échantillonneurs à filtre Nucléopore élué étaient plus précis que les échantillonneurs Andersen dans les étables où logeaient des porcs.<sup>15</sup> Blomquist et coll. ont modifié un échantillonneur direct pour déposer des spores sur de la gélose ou sur des gels de glycérol/gélatine, puis ils ont homogénéisé ou liquéfié ces gels qu'ils ont ensuite ensemencés dans une série de dilution classique.<sup>12</sup> Les résultats obtenus avec les gels de glycérol/gélatine ont ensuite été comparés à ceux obtenus avec des filtres Nucléopore élués.

Les impacteurs n'ont pas été largement acceptés pour les travaux ordinaires d'échantillonnage visant à déceler la présence de moisissures à l'intérieur. La plupart des moisissures en suspension dans l'air susceptibles de constituer un problème ont des conidies très hydrofuges qui, au contact d'un milieu aqueux, ont tendance à adhérer aux pellicules superficielles et aux surfaces hydrophobes et s'agglomérer dans de minuscules poches d'air. Le piégeage de ces particules hydrophobes dans des impacteurs n'est pas efficace.<sup>11</sup> Lors d'une étude comparative des échantillonneurs Andersen et des échantillonneurs à impacteur réalisée dans un hôpital en cours de rénovation, les impacteurs sous-estimaient de 90 % ou plus le nombre d'UFC (R.C. Summerbell, ministère de la Santé de l'Ontario, communication personnelle).

En conclusion, divers échantillonneurs directs, à tamis et centrifuges devraient donner des résultats comparables dans des immeubles publics. Le nombre absolu de propagules n'est pas un critère unique réaliste en ce qui concerne l'application de mesures correctrices, car l'air extérieur peut contenir un grand nombre de conidies à certaines périodes de l'année, particulièrement dans les immeubles dont les fenêtres peuvent s'ouvrir ou qui sont munis de filtres à air ne retenant pas les petites conidies fongiques. La détection des conidies libérées par les zones de prolifération fongique situées à l'intérieur devrait constituer, peut-on soutenir, l'utilisation la plus efficace des échantillonneurs. Les conidies ainsi libérées peuvent très bien augmenter les valeurs UFC, et ces valeurs élevées auront généralement plus d'importance que des valeurs UFC faibles; néanmoins, certains facteurs pourraient donner lieu, dans le cas de zones de prolifération véritablement problématiques, à des valeurs UFC allant de faibles

modérées, par exemple lorsque l'échantillonnage est réalisé à une certaine distance de la zone de prolifération, lorsque le mode de distribution de l'air est trompeur et lorsque la viabilité des conidies est faible. Pasanen et coll. ont constaté que le nombre de spores viables représentait parfois moins de 25 % du nombre total des spores détectées par microscopie électronique balayage dans les maisons de ferme et les maisons urbaines.<sup>16</sup> Miller fait état d'autres difficultés.<sup>17</sup> Ces données plaident en faveur de l'utilisation de l'échantillonnage de l'air comme méthode de détection des zones de prolifération fongique et comme indicateur de la densité approximative des bioaérosols, plutôt que comme méthode absolue d'évaluation de la qualité de l'air intérieur.

Le dénombrement des spores a le plus d'importance en présence d'une zone de prolifération diffuse et difficile d'accès. La présence de moisissures dans les conduites de ventilation d'immeubles munis de systèmes autonomes de recirculation et la présence de moisissures apparemment associées à une multiplicité de livres légèrement et sporadiquement contaminés dans une bibliothèque en sont deux exemples. Dans ces cas, la détection d'une zone de prolifération et son élimination, qui seraient la solution pratique dans la grande majorité des problèmes de moisissures à l'intérieur, peuvent être difficiles. Même si les conduites ou les livres fortement contaminés doivent évidemment être nettoyés ou subir un traitement quelconque (tout comme les conduites et les livres sur lesquels on a confirmé la présence de colonies de *Stachybotrys*), la possibilité d'environnements légèrement contaminés est évidente. La question traditionnelle de savoir à partir de quel niveau de contamination de l'air il faut intervenir est pertinente.

De toute évidence, on simplifie le processus en limitant l'analyse aux champignons associés aux zones de prolifération et en excluant ceux qui sont présents dans l'air extérieur. (Il est peu probable que les types présents à l'intérieur et ceux présents à l'extérieur aient un effet additif, car la chimie de leur toxine ainsi que leur antigénicité seront largement distinctes; la possibilité d'effets additifs dans le cas du glucane devra faire l'objet d'autres études.) La difficulté est de savoir avec quel facteur il faut corrélérer le nombre de propagules de moisissures libérées à l'intérieur pour attribuer aux résultats une valeur liée à la santé. Pour toutes les moisissures, nous ne disposons pas des informations dose-réponse essentielles, nécessaires pour mettre en corrélation le nombre de propagules fongiques présentant une composition chimique particulière et les effets sur la santé humaine; de plus, comme la tolérance aux moisissures semble varier biologiquement d'un individu à un autre et semble être liée, du moins en partie, aux caprices de la sensibilisation allergique, il serait sans doute difficile d'obtenir des informations sur une dose acceptable, même si l'on pouvait élaborer des tests acceptables sur le plan de l'éthique. Les tests de remplacement, comme les tests *in vitro* visant à déterminer la réaction dans les cellules humaines (macrophages alvéolaires, par exemple), n'en sont qu'aux débuts et les animaux ne peuvent confirmer ou infirmer la présence des symptômes subjectifs persistants couramment signalés dans les cas de prolifération fongique à l'intérieur. On a grand besoin de mesures objectives des réactions néfastes provoquées par l'inhalation de moisissures; l'obtention de telles mesures constituerait une étape importante de la détermination de corrélats scientifiques entre le nombre de spores et la nécessité d'intervenir.

Les méthodes d'échantillonnage direct de l'air et des poussières applicables aux produits biochimiques des champignons ne sont pas abordées dans la présente annexe. Les méthodes permettant de déceler des matières fongiques générales, comme la chitine, le glucane et

l'ergostérol, ne peuvent pas distinguer les éléments fongiques provenant de sources intérieures de ceux provenant de sources extérieures. Elles auront donc tendance à donner des résultats concernant un seul cas interprétables sans ambiguïté (contrairement aux tendances statistiques à plusieurs cas) seulement dans les cas où il y a accumulation extrême à l'intérieur et où l'accumulation à l'intérieur de matières fongiques provenant de sources extérieures est par ailleurs négligeable. Les tests permettant de détecter des toxines ou des substances volatiles spécifiques peuvent être très utiles, mais en raison de leur spécificité ils débordent le cadre du présent document. Voir Miller pour un résumé de certaines des limitations des méthodes d'échantillonnage applicables aux matières volatiles.<sup>17</sup>

On peut remplacer les échantillons d'air par des échantillons de poussière, des échantillons de tapis ou des échantillons prélevés à l'aide d'un coton-tige, mais ces échantillons renferment normalement des éléments précipités (par exemple des mucorales; aussi *Fusarium* autres que les espèces prédominantes sur les cultures agricoles locales) qui, bien souvent, ne sont pas présents en quantités significatives dans l'air. D'autre part, les échantillons de poussière ont l'avantage de renseigner sur une période relativement longue des antécédents de précipitation de matières fongiques dans un immeuble et peuvent donc permettre aux inspecteurs d'éviter les problèmes posés par la variabilité des bioaérosols contenus dans différents courants d'air que représentent les échantillons de poussière prélevés sur une courte période. Il faudra effectuer d'autres études pour établir des critères permettant d'interpréter les résultats obtenus avec les échantillons de poussière, mais les résultats obtenus jusqu'ici semblent assez prometteurs. Les cotons-tiges peuvent jouer un rôle utile dans l'échantillonnage de plaques de moisissures détectées à l'œil nu, mais les échantillons qu'ils permettent de prélever sont de qualité inférieure aux échantillons prélevés par raclage, car les cotons-tiges ont tendance à prélever les spores et à laisser sur la surface les conidiophores, les pycnides et les ascomes.

#### D.1.4 Milieux utilisés pour l'échantillonnage

Divers milieux sont utilisés pour l'échantillonnage de l'air et de la poussière contenant des spores fongiques. Ces milieux appartiennent à plusieurs catégories distinctes : milieux «permissifs» possédant une activité aqueuse élevée, conçus pour la culture et l'identification *in situ* d'une grande gamme de champignons (par exemple gélose de Sabouraud, gélose contenant 2 % d'extrait de malt, gélose au V-8); milieux généralement «permissifs» renfermant des constituants limitant le diamètre des colonies («milieux restrictifs»), réduisant la croissance des colonies et permettant l'identification *in situ* d'au moins certains champignons (par exemple gélose au rose bengale, divers milieux à activité aqueuse élevée contenant du dichloran, gélose à la bile de boeuf de Littman); milieux possédant une faible activité aqueuse, avec ou sans facteur limitant le diamètre des colonies, permettant d'isoler des champignons allant de modérément osmotolérants xérophiles (par exemple gélose au dichloran renfermant 18 % de glycérol, gélose constituée de Czapek's + 40 % de saccharose, gélose contenant 2 % d'extrait de malt + 10 % de sel [gélose «malt et sel»]); et milieux sélectifs par rapport à des groupes particuliers de champignons («milieux sélectifs» : par exemple milieu de Sabouraud/au cycloheximide, utilisable pour la majorité des pathogènes humains, Onygenales, Herpotrichiellaceae et Ophiostomatales; milieux renfermant du bénomyl, utilisés pour les basidiomycètes, les zygomycètes, les endomycètes, les anamorphes *Pleospora/Cochliobolus* et Microascaceae). La personne qui tente de choisir un seul milieu de culture destiné à servir lors d'une étude portant sur les champignons à l'intérieur est confrontée au moins deux dichotomies apparemment inconciliables : premièrement, aucun milieu ne peut à lui seul optimiser la croissance à la fois des

champignons importants adaptés une activité aqueuse élevée sur le substrat (par exemple *Stachybotrys*) et des champignons importants exigeant une faible activité aqueuse (par exemple *Eurotium*, *Wallemia*); deuxièmement, les milieux qui conviennent le mieux l'identification des organismes *in situ* sont aussi ceux qui causent le plus de problèmes relativement la croissance des colonies et la formation de fausses colonies satellites lors de l'expédition et de la manipulation.

Actuellement, les milieux de culture les plus largement utilisés pour l'échantillonnage général sont la gélose l'extrait de malt (gélose MEA) et la gélose au dichloran contenant 18 % de glycérol (gélose DG18). La première a été recommandée par l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (Burge et coll.)<sup>18</sup>, tandis que l'autre s'est avérée utile dans diverses études récentes (par exemple Verhoeff et coll.)<sup>9</sup>. La gélose MEA possède des limitations: en effet, elle permet aux colonies de croître considérablement et n'entretient guère les champignons osmophiles; la gélose DG18 entretient bien les champignons osmophiles et facilite la croissance des champignons modérément osmotolérants qui constituent la plus grande partie des espèces suscitant de l'inquiétude présentes l'intérieur (*Penicillium*, *Aspergillus*), mais elle entretient difficilement la croissance des champignons modérément osmointolérants comme *Scopulariopsis* (van Reenen-Hoekstra et coll.)<sup>19</sup> et peut entretenir faiblement sinon aucunement la croissance de *Stachybotrys* et d'autres espèces très osmointolérantes (R.A. Samson, communication personnelle). Un protocole d'échantillonnage presque idéal devrait faire appel ces deux types de milieux. La gélose «malt et sel» peut constituer un bon substitut de la gélose DG18: employée depuis longtemps pour isoler les champignons osmotolérants, elle entretient aussi la croissance de *Stachybotrys chartarum* (J.D. Miller, communication personnelle). Bien que leur diamètre soit limité, les colonies de ce champignon sont facilement visibles.

En général, les personnes qui, pour des raisons pratiques, préfèrent n'utiliser qu'un seul milieu de culture ne doivent pas oublier que certains types de champignons seront exclus de leurs données.

Comme la plupart des environnements intérieurs contiennent diverses espèces osmophiles d'*Aspergillus*, la gélose DG18 a souvent tendance isoler le plus grand nombre d'espèces lors de tests de comparaison (par exemple Verhoeff et coll.)<sup>9</sup>; s'il faut choisir un milieu de culture, la gélose DG18 constitue peut-être la gélose optimale, mais elle ne devrait pas être utilisée seule, sauf lorsqu'on procède aussi un examen exhaustif l'il nu et au microscope, dans le but de déceler les types fongiques exclus, plus spécialement *Stachybotrys*. On recommande de procéder une telle recherche physique de *Stachybotrys* dans tous les cas, car *Stachybotrys* peut être représenté dans l'environnement principalement par des conidies non viables. Malgré cela, il n'est pas rare de prélever *Stachybotrys* dans des échantillons d'air, et tous ceux qui désirent rendre maximale la probabilité de détecter des zones de prolifération de *Stachybotrys* doivent envisager l'échantillonnage de l'air l'aide d'un milieu de culture approprié.

L'auteur du présent document utilise considérablement la gélose la bile de bœuf de Littman, principalement en raison de la tendance de cette gélose empêcher la sporulation et prévenir la formation de colonies satellites et la croissance de colonies pendant l'expédition et la manipulation entre le point de prélèvement et le laboratoire. Ce milieu de culture assure

une bonne croissance de *Stachybotrys*, permet, a-t-on observé, de cultiver en grand nombre *Eurotium* (*Aspergillus glaucus* et les espèces voisines), du moins dans certains cas (R.C. Summerbell, données non publiées), permet l'occasion de cultiver *Wallemia* (mais probablement pas d'une façon qui représente bien la prédominance véritable de sa population) et n'assure pas la croissance d'*Aspergillus restrictus* et des espèces voisines. Lors du seul test de comparaison formelle en tant que milieu d'échantillonnage de moisissures, ce milieu avait produit considérablement moins de colonies que trois autres milieux, dont la gélose de Sabouraud, au sixième jour d'incubation (Morring et coll.).<sup>20</sup> Toutefois, les auteurs admettaient que cette période était trop courte pour faire une évaluation complète. Littman a montré que le milieu éponyme surclassait la gélose de Sabouraud lors d'incubations de plus longue durée.<sup>21</sup> La gélose la bile de b u f de Littman, bien qu'utile dans les cas où l'échantillon est expédié, demande beaucoup de travail, car il faut, des fins d'identification, procéder à un repiquage de la plupart des types de colonies. De plus, les repiquages doivent être faits peu de temps après la réception, car les colonies, étant des colonies non sporulées, peuvent devenir non viables après deux ou trois semaines. Ce milieu serait donc un choix sous-optimal dans les cas de personnes procédant, un ou deux jours après l'exposition, à leur propre échantillonnage et analyse mycologique sur des plaques ou des bandes de prélèvement.

La gélose au rose bengale ou sa variante additionnée de dichloran limite aussi la croissance; de plus, bien qu'elle retarde ou empêche la sporulation à un moindre degré par rapport à la gélose la bile de b u f de Littman, elle peut être relativement résistante lors de l'expédition, tout en permettant d'atteindre un niveau assez élevé d'identification *in situ*. Il y a lieu de ne pas oublier que la gélose au rose bengale produit des espèces oxygénées fortement réactives lorsqu'elle est exposée à la lumière; l'éclairage d'un milieu peut donc tuer les champignons qui s'y trouvent. La gélose au rose bengale au dichloran a donné considérablement moins de colonies que les autres milieux lors d'au moins une étude,<sup>9</sup> bien que cet effet n'ait pas été observé dans d'autres études (par exemple, Smid et coll.).<sup>14</sup> Malheureusement, Verhoeff et coll. n'ont pas noté la durée de la période d'incubation.<sup>9</sup> En général, les milieux «restrictifs» diminuent le taux de croissance des colonies et il faudrait, pour procéder à un test biologique impartial (par opposition à un test purement pratique), examiner ces milieux uniquement après une période d'incubation de durée suffisante pour que la croissance des colonies soit maximale. Un test effectué dans nos propres installations a montré que la gélose la bile de b u f de Littman donnait des nombres de colonies équivalant à ceux obtenus sur une gélose MEA avec des échantillons d'air prélevés dans un hôpital en cours de rénovation et incubés pendant quatorze jours (R.C. Summerbell, données non publiées).

Le fait que tous les milieux existants servant à l'échantillonnage fongique possèdent des défauts vient ébranler l'idéal aérobiologique voulant qu'on utilise un dispositif d'échantillonnage perfectionné et normalisé avec un milieu de culture perfectionné et normalisé pour évaluer les problèmes potentiels d'aérosols fongiques en se basant sur des recommandations définissant un nombre acceptable d'UFC. Cet idéal, qui a toujours reposé sur la réduction de tous les membres des trois principaux phylums fongiques terrestres à une seule substance «alchimique», doit évidemment céder devant la réalité de la diversité biologique. Au fur et à mesure que s'amélioreront nos connaissances sur les substances dangereuses véritables associées aux matières fongiques en suspension dans l'air, des méthodes permettant de déterminer la présence réelle ou possible de ces substances seront élaborées. Entre-temps, les personnes s'occupant de déceler

les zones de prolifération potentiellement importantes doivent simplement utiliser une diversité suffisante de techniques pour déceler les diverses zones de prolifération possible.

## **D.2 Détection directe de zones de prolifération**

On peut appliquer les marches suivre permettant de déceler directement les zones de prolifération fongique lorsque la présence d'une telle zone est prévue par un échantillon d'air ou lorsqu'on désire effectuer une inspection préliminaire. Voici les endroits courants où un examen visuel permet de repérer d'importantes zones de prolifération : murs endommagés par l'eau sur ou sous un papier peint ou un papier de panneau mural (revêtement ou non d'une peinture), dessous de tapis endommagés par l'eau, serpentins, plateaux, pales, etc. du système de climatisation (CVC), papiers humides (par exemple après une inondation, y compris une inondation découlant de la lutte contre un incendie), intérieur de gros réfrigérateurs et incubateurs, et toute matière organique humide, y compris tout objet humide constitué de cellulose. On peut aussi voir des zones de prolifération fongique sur le bord des fenêtres, ainsi que dans les cabines de douche ou sur la robinetterie de salle de bains.<sup>7</sup> Les zones de prolifération se trouvant sur le bord des fenêtres et dans des salles de bains et qui sont petites et ne comportent aucune matière cellulosique (c'est-à-dire moisissures croissant sur un revêtement de peinture, sur de la céramique, du coulis pour jointoiement ou du plastique) constituent rarement un problème. La présence de plus grandes zones de prolifération dans ces endroits peut constituer un problème; et même des cas de pneumopathie d'hypersensibilité, qui normalement exigent une exposition longue et intense avant de se manifester, ont même de rares occasions, été liés à la croissance en grande quantité de champignons dans une douche ou dans d'autres zones de prolifération situées dans une salle de bains.

On peut déceler d'autres zones de prolifération fongique en prélevant des échantillons microscopiques. Voici les méthodes couramment utilisées : prélèvement d'échantillons de l'intérieur de conduites à l'aide d'un ruban transparent, examen de lames portant des matières prélevées dans le réservoir d'humidificateurs, examen de petits échantillons de fibres prélevés par découpage ou arrachage dans des filtres ou des dessous de tapis où l'on soupçonne la présence de moisissures. On peut aussi déceler des zones de prolifération fongique en procédant à une mise en culture, par exemple en déposant sur un milieu de culture des échantillons de liquide prélevés dans un humidificateur et des échantillons prélevés par raclage ou à l'aide de cotons-tiges sur des murs ou d'autres surfaces où il y a présence réelle ou présumée de moisissures.

## **D.3 Bibliographie**

1. Kozak, P.P., Gallup, J., Commins, L.H. et Gillman, S.A. Currently available methods for home mold surveys. II. Examples of problem homes surveyed. *Ann. Allergy*, 45 : 167 (1980).
2. Sayer, W., Shean, D.B. et Ghossein, J. Estimation of airborne fungal flora by the Andersen sampler versus the gravity settling culture plate. *J. Allergy*, 44 : 214 (1969).

3. Buttner, M.P. et Stetzenbach, L.D. Monitoring airborne fungal spores in an experimental indoor environment to evaluate sampling methods and the effects of human activity on air sampling. *Appl. Environ. Microbiol.*, 59 : 219 (1993) [avis d'erratum: *Appl. Environ. Microbiol.*, 59 : 1694 (1993)].
4. Verhoeff, A.P., van Wijnen, J.H., Brunekreef, B., Fischer, P., van Reenen-Hoekstra, E.S. et Samson, R.A. Presence of viable mold propagules in indoor air in relation to house damp and outdoor air. *Allergy*, 47 : 83 (1992).
5. Good, I.J. The population frequencies of species and the estimation of population parameters. *Biometrika*, 40 : 237 (1953).
6. Gochenaur, S.E. Fungi of a Long Island oak–birch forest. II. Population dynamics and hydrolase patterns of the soil penicillia. *Mycologia*, 76 : 218 (1984).
7. Hyvärinen, A., Reponen, T., Husman, T., Ruuskanen, J. et Nevalainen, A. Composition of fungal flora in mold problem houses determined with four different methods. Dans : *Indoor air '93, Proceedings of the 6th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*. volume 4. Particles, microbes, radon. P. Kalliokoski, M. Jantunen, et O. Seppänen (dir. de publ.). Helsinki. p. 273 (1993).
8. Solomon, W.R. Assessing fungus prevalence in domestic interiors. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 56 : 235 (1975).
9. Verhoeff, A.P., van Wijnen, J.H., Boleij, J.S.M., Brunekreef, B., van Reenen-Hoekstra, E.S. et Samson, R.A. Enumeration and identification of airborne viable mold propagules in houses: a field comparison of selected techniques. *Allergy*, 45 : 275 (1990).
10. Kapyla, M. Frame fungi on insulated windows. *Allergy*, 40 : 558 (1985).
11. Muilenberg, M.L. Aeroallergen assessment by microscopy and culture. *Immunol. Allergy Clin. N. Am.*, 9 : 245 (1989).
12. Blomquist, G., Palmgren, V. et Ström, G. Improved techniques for sampling airborne fungal particles in highly contaminated environments. *Scand. J. Work Environ. Health*, 10 : 253 (1984).
13. Miller, J.D. Fungi and the building engineer. Dans : *IAQ '92, Environments for people*. M. Geshwiler (dir. de publ.). ASHRAE, Atlanta, GA (1993).
14. Smid, T., Schokkin, E., Boleij, J.S. et Heederik, D. Enumeration of viable fungi in occupational environments: a comparison of samplers and media. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 50 : 235 (1989).

15. Thorne, P.S., Kiekenhaefer, M.S., Whitten, P. et Donham, K.J. Comparison of bioaerosol sampling methods in barns housing swine. *Appl. Environ. Microbiol.*, 58 : 2543 (1992).
16. Pasanen, A.L., Kalliokoski, O., Pasanen, P., Salmi, T. et Tossavainen, A. Fungi carried from farmers' work into farm homes. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 50 : 631 (1989).
17. Miller, J.D. Fungi as contaminants in indoor air. *Atmos. Environ.*, 26A : 2163 (1992).
18. Burge, H.A., Chatigny, M., Feeley, J., Kreiss, K., Morey, P., Otten, J. et Petersen, K. Guidelines for assessment and sampling of saprophytic bioaerosols in the indoor environment. *Appl. Ind. Hyg.*, 9 : 10 (1987).
19. van Reenen-Hoekstra, E.S., Samson, R.A., Verhoeff, A.P., van Wijnen, J.H. et Brunekreef, B. Detection and identification of moulds in Dutch houses and non-industrial working environments. *Grana*, 30 : 418 (1991).
20. Moring, K.L., Sorenson, W.G. et Attfield, M.D. Sampling for airborne fungi: a statistical comparison of media. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 44 : 662 (1983).
21. Littman, M.L. Growth of pathogenic fungi on a new culture medium. *Tech. Bull. Reg. Med. Tech.*, 18 : 409 (1948).