



Substances chimiques et agents biologiques

Études et recherches

GUIDE TECHNIQUE RG-088



Guide de prévention contre la prolifération microbienne dans les systèmes de ventilation

*Jacques Lavoie
Louis Lazure*



Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

NOS RECHERCHES

travaillent pour vous !

Mission

Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.

Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.

Assurer la diffusion des connaissances, jouer un rôle de référence scientifique et d'expert.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission de la santé et de la sécurité du travail.

Pour en savoir plus

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement. www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine Prévention au travail, publié conjointement par l'Institut et la CSST. Abonnement : 1-877-221-7046 <http://www.irsst.qc.ca/en/pat-abonnement.html>

Dépôt légal

Bibliothèque et Archives nationales
1994
ISBN : 2-551-13374-2
ISSN : 0820-8395

IRSST - Direction des communications
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : 514 288-1551
Télécopieur : 514 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca

© Institut de recherche Robert-Sauvé
en santé et en sécurité du travail,
octobre 1994



Substances chimiques et agents biologiques

Études et recherches

GUIDE TECHNIQUE **RG-088**

Guide de prévention contre la prolifération microbienne dans les systèmes de ventilation

Avis de non-responsabilité

L'IRSST ne donne aucune garantie relative à l'exactitude, la fiabilité ou le caractère exhaustif de l'information contenue dans ce document. En aucun cas l'IRSST ne saurait être tenu responsable pour tout dommage corporel, moral ou matériel résultant de l'utilisation de cette information.

Notez que les contenus des documents sont protégés par les législations canadiennes applicables en matière de propriété intellectuelle.

*Jacques Lavoie,
Service de la recherche, IRSST*

*Louis Lazure,
Service valorisation et relations avec les partenaires, IRSST*

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca



Cette publication est disponible
en version PDF
sur le site Web de l'IRSST.

CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSST

Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document
ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier madame France C. Lafontaine de l'IRSST pour l'excellent travail de secrétariat accompli ainsi que messieurs Roland Pelletier et François Chamberland de la STCUM, René Beauchemin de l'UQAM, Sylvain Dubé, Pierre Bourdeau et Vincent Dilalla de Bell Canada, Charles Prévost de la CSN, Sylvain Allaire du CLSC Haute-Ville, Michel Legris du CLSC Chutes-de-la-Chaudière-Desjardins, Gilles Paquette de l'Institut Armand-Frappier, Michel Bolduc de la CSST et Maurice Beaudet de Beaulier inc. pour leur travail de révision. Nous tenons également à souligner la collaboration de mesdames Dominique Desjardins et Marjolaine Thibeault de l'IRSST, de messieurs Yves Lacharité de la SIQ, et Serge Rivard de la CUM.

Préface

Issu de l'alliance de deux disciplines complémentaires, l'ingénierie et la biologie, le présent guide permettra aux intervenants impliqués, de la phase conceptuelle à l'opération des systèmes de ventilation, de mieux comprendre les relations qui existent entre le fonctionnement et l'apparition de conditions favorables au développement de microorganismes et les moyens pour en contrôler la prolifération.

La production de ce document a nécessité au préalable une révision complète de l'information technique relative au sujet, l'analyse des rapports de recherche disponibles et la consultation des publications émanant de divers organismes et associations. Au total, plus d'une centaine de documents ont été consultés.

Afin d'en assurer l'intégration auprès des utilisateurs, le guide a été conçu et rédigé de manière à illustrer le mieux possible les situations caractéristiques de notre environnement et, à cet égard, les photos prises lors de visites sur le terrain témoignent des réalités avec lesquelles les intervenants sont familiers. Au terme de la rédaction, le guide a été validé auprès d'utilisateurs potentiels et révisé en fonction des commentaires apportés. De plus, des fiches d'intervention terrains ont été jointes dans le but de faciliter l'utilisation pratique du document.

Compte tenu de l'évolution rapide des connaissances dans ce champ d'expertise, une mise à jour périodique est prévue.

Table des matières

	pages
INTRODUCTION	IX
1. LES MICROORGANISMES	1.1
1.1 Les virus	1.3
1.2 Les bactéries	1.3
1.2.1 Les endotoxines	1.4
1.3 Les champignons	1.4
1.3.1 Les mycotoxines	1.4
1.4 Les protozoaires	1.5
1.5 Les antigènes	1.5
Bibliographie sur les microorganismes	1.7
2. SYSTÈMES DE TRAITEMENT DE L'AIR	2.1
2.1 Composantes	2.1
2.2 Procédés de conditionnement d'air	2.2
2.2.1 Refroidissement et déshumidification	2.4
2.2.2 Chauffage	2.4
2.2.3 Humidification	2.4
Bibliographie sur les systèmes de traitement de l'air	2.5
3. BIOCONTAMINATION DES COMPOSANTES	3.1
3.1 Prises d'air extérieur	3.1
3.2 Plénum de mélange	3.2
3.3 Unité de filtration	3.2
3.4 Serpentins de refroidissement et de chauffage	3.4
3.5 Humidificateurs	3.5
3.5.1 Humidificateurs à bac évaporatif	3.5
3.5.2 Humidificateurs de type à injection de vapeur saturée	3.7
3.5.3 Humidificateurs à atomisation	3.8
3.5.4 Humidificateurs à gicleurs	3.10
3.6 Ventilateurs	3.12
3.7 Conduits d'alimentation et de reprise d'air	3.12
3.8 Silencieux	3.13
3.9 Diffuseurs et unités périphériques	3.14
3.10 Sources internes	3.14
Bibliographie sur la biocontamination des composantes	3.16

4.	INSPECTION VISUELLE ET PRÉLÈVEMENT	4.1
4.1	Inspection visuelle	4.1
4.2	Le prélèvement des microorganismes	4.4
4.3	Valeurs guides	4.7
	Bibliographie sur l'inspection visuelle et le prélèvement	4.8
5.	PROCÉDURES D'ENTRETIEN ET DE CONTRÔLE	5.1
5.1	Méthodes de nettoyage	5.1
5.1.1	Les désinfectants	5.1
5.1.2	L'aspiration des saletés	5.3
5.1.3	Autres méthodes	5.5
5.1.4	Séquence d'exécution des travaux	5.7
5.2	Programme d'entretien préventif	5.7
	Bibliographie sur les procédures d'entretien et de contrôle	5.12
6.	MESURES PRÉVENTIVES ET RÉGLEMENTATION	6.1
6.1	Prises d'air extérieur	6.1
6.2	Plénum de mélange	6.2
6.3	Filtration	6.3
6.4	Serpentin de refroidissement	6.5
6.5	Humidificateurs	6.6
6.6	Conduits d'alimentation et de reprise d'air	6.7
6.7	Sources internes de contamination	6.8
6.7.1	Condensation de surface	6.8
6.7.2	Condensation cachée	6.9
6.7.3	Contrôle de l'humidité	6.10
	Bibliographie sur les mesures préventives et la réglementation	6.11
	CONCLUSION	6.12
7.	SCHÉMA: BIOCONTAMINATION DES SYSTÈMES DE CHAUFFAGE, VENTILATION ET CONDITIONNEMENT D'AIR (CVCA)	7.1
8.	AUTRES	
	Copie de devis type de nettoyage de conduits de ventilation	
	Copies de liste d'inspection	

Liste des figures

	pages
Figure 1.1	Classification des microorganismes dans le monde des protistes 1.1
Figure 1.2	Aérosols typiques et taille des particules 1.2
Figure 2.1	Installation mécanique de ventilation 2.1
Figure 2.2	Diagramme psychrométrique 2.2
Figure 2.3	Processus fondamentaux de climatisation 2.3
Figure 3.1	Prise d'air extérieur située sous le niveau du sol 3.1
Figure 3.2	Air vicié provenant des aires d'entreposage 3.2
Figure 3.3	Accumulation de débris et de rouille sur les parois d'un plénum de mélange 3.3
Figure 3.4	Filtres endommagés par les conditions environnementales extérieures 3.4
Figure 3.5	Bassin de récupération d'un serpentin de refroidissement 3.5
Figure 3.6	Schéma d'humidificateur à bac évaporatif 3.6
Figure 3.7	Humidificateur à bac évaporatif 3.6
Figure 3.8	Schéma d'humidificateur à injection de vapeur sèche 3.7
Figure 3.9	Schéma d'humidificateur à injection de vapeur par électrolyse 3.8
Figure 3.10	Humidificateur à injection de vapeur par électrolyse 3.9
Figure 3.11	Schéma d'humidificateur à atomisation 3.9
Figure 3.12	Schéma d'humidificateur à gicleurs 3.10
Figure 3.13	Humidificateur à gicleurs 3.11
Figure 3.14	Accumulation de saletés à l'intérieur de l'humidificateur 3.11
Figure 3.15	Accumulation de saletés au niveau du ventilateur 3.12
Figure 3.16	Isolant acoustique contaminé 3.13
Figure 3.17	Moisissures apparentes sur une tuile de plafond 3.15
Figure 4.1	Endoscope rigide 4.1
Figure 4.2	Détérioration de filtres à sacs par frottement 4.3
Figure 4.3	Sac filtrant 4.4
Figure 4.4	Panneau filtrant 4.4
Figure 4.5	Méthode de prélèvement et d'analyse utilisée à l'IRSST 4.5
Figure 5.1	Aspiration par contact 5.4
Figure 5.2	Méthode de lavage à l'air 5.5
Figure 5.3	Méthode de brossage mécanique 5.6
Figure 5.4	Séquence de nettoyage des composantes du système de ventilation 5.7
Figure 6.1	Pont thermique formé par un poteau en acier de l'enveloppe du bâtiment 6.9
Figure 6.2	Condensation cachée 6.10

Liste des tableaux

	pages
Tableau 1.1	Caractéristiques de quelques microorganismes communs 1.6
Tableau 4.1	Liste d'inspection 4.2
Tableau 4.2	Échantillonneurs utilisés dans le prélèvement des bioaérosols 4.6
Tableau 5.1	Caractéristiques de quelques biocides communs 5.3
Tableau 5.2	Devis type de nettoyage de conduits de ventilation 5.8
Tableau 6.1	Comparaison de pourcentage de filtration et applications 6.4

INTRODUCTION

Le présent guide s'adresse aux différents intervenants impliqués au niveau de la conception, de la gestion, de l'entretien et de l'évaluation des systèmes de ventilation. Il vise à définir les éléments nécessaires permettant d'anticiper, de prévenir et de contrôler les conditions favorables à la prolifération microbienne.

La démarche proposée a été développée à partir des informations recueillies lors d'expertises et de projets de R et D réalisés à l'IRSST et celles contenues dans la littérature scientifique et technique.

Le premier chapitre présente brièvement les microorganismes susceptibles de se développer dans l'environnement des systèmes de ventilation et un résumé des connaissances actuelles concernant leurs effets sur la santé. Le deuxième chapitre explique les différentes composantes des systèmes de ventilation et leur fonctionnement. Le chapitre 3 décrit comment les microorganismes peuvent s'y disperser et s'y développer. Le quatrième chapitre décrit les procédures permettant d'identifier et de quantifier les problèmes de prolifération microbienne alors que le chapitre 5 donne les moyens pour les éliminer. Le chapitre 6 présente les moyens à prendre pour en prévenir l'apparition ainsi que les recommandations et réglementations applicables.

1. LES MICROORGANISMES

Sur la planète, la vaste majorité des microorganismes connus sont inoffensifs et contribuent au recyclage de la matière organique et inorganique dans les sols et les eaux. Les animaux contiennent des quantités importantes de bactéries au niveau de leur tractus intestinal. Plusieurs vecteurs, dont les animaux et les humains, transportent les microorganismes dans les environnements intérieurs. Sur les surfaces inanimées et dans l'air, il existe donc une certaine microflore normale qui varie en fonction des conditions.

Les microorganismes rencontrés dans un édifice ou un milieu de travail sont les virus, les bactéries et leurs composantes tels les endotoxines, les champignons et leurs produits métaboliques tels les mycotoxines, les protozoaires et les antigènes. Les voies d'exposition aux microorganismes et à leurs produits sont: la voie orale, la voie par inhalation, la pénétration à travers la peau et les muqueuses. La voie par inhalation est la plus importante (65 à 75% des infections et

allergies). La classification des microorganismes dans le monde des protistes (organismes vivants unicellulaires) est donnée à la figure 1.1.

La majorité des microorganismes sont complexes. Par exemple, les fines particules de l'épidémie humaine aéroportées ou les gouttelettes produites par un éternuement transportent des virus et des bactéries. De la même façon, un humidificateur contaminé peut contenir différentes sortes de cellules bactériennes et endotoxines, plusieurs types de spores fongiques, des antigènes et des mycotoxines. La figure 1.2 donne les dimensions de différentes particules aéroportées, dont certains microorganismes.

Comme nous l'avons dit précédemment, les microorganismes sont retrouvés dans des réservoirs naturels, habituellement dans les matières organiques extérieures, et peuvent être amplifiés et disséminés de ces réservoirs vers les environnements intérieurs. La moisissure *Aspergillus flavus* est un exemple d'un organisme saprophyte (organisme qui vit aux dépens de la matière

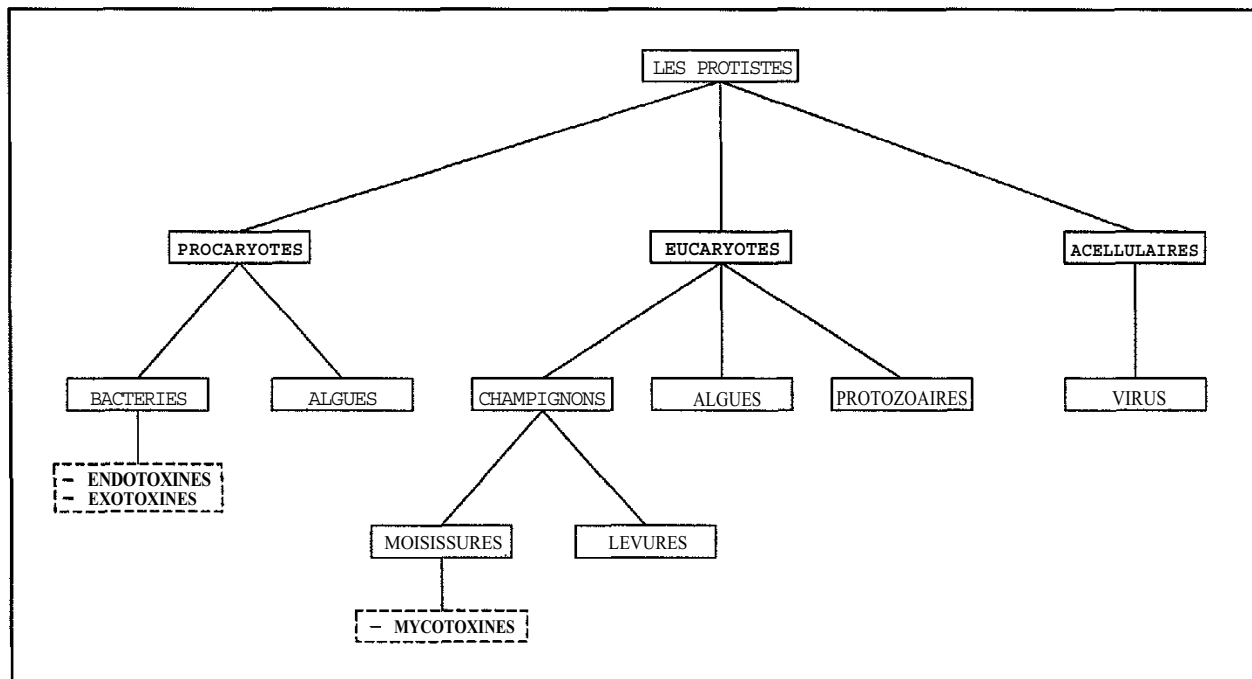


Figure 1.1: Classification des microorganismes dans le monde des protistes

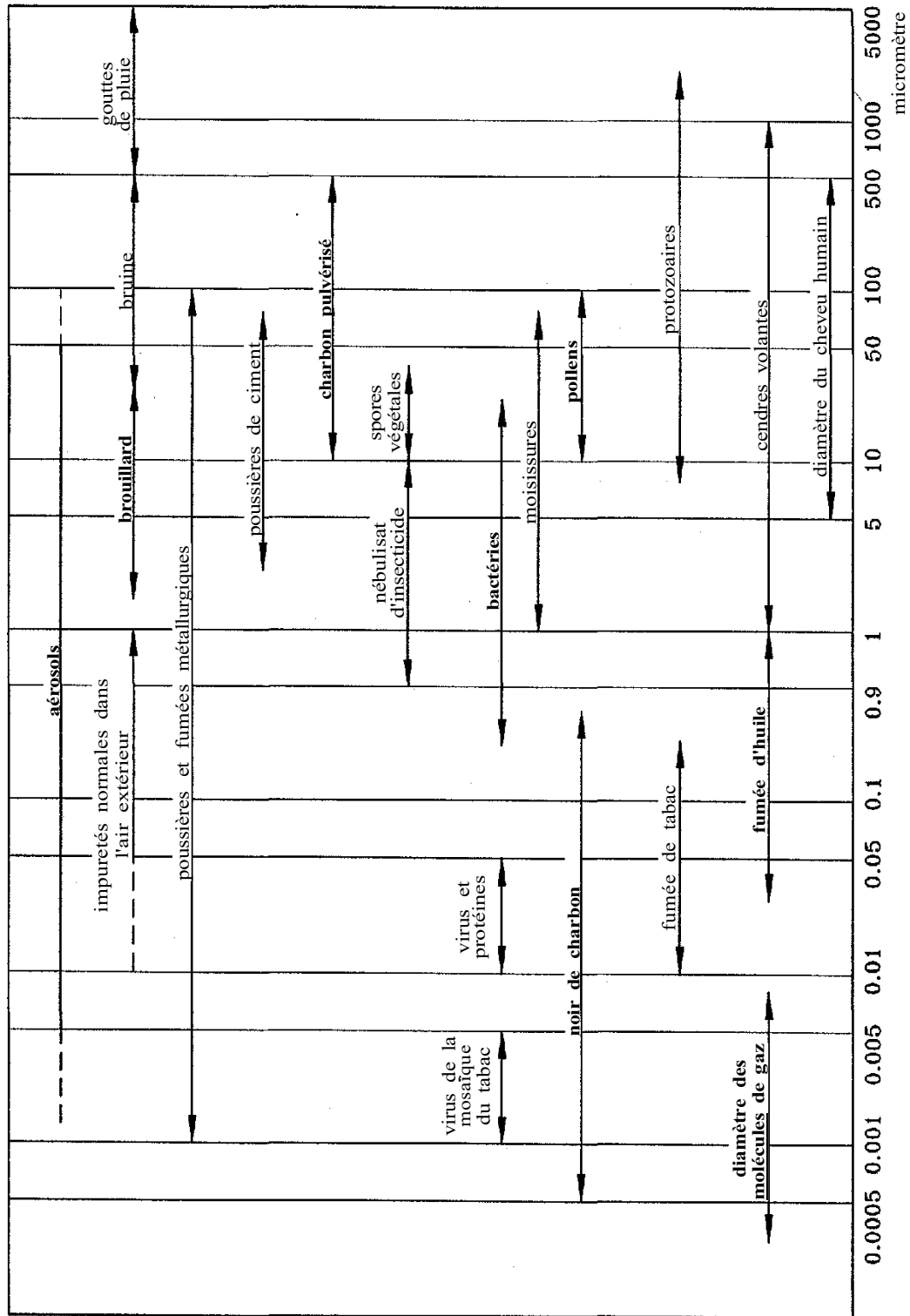


Figure 1.2: Aérosols typiques et taille des particules

organique) retrouvé dans l'environnement extérieur et qui peut croître dans des substrats intérieurs comme des tapis, etc. En effet, certaines bactéries peuvent se reproduire à toutes les vingt minutes dans des conditions idéales en laboratoire. Nous n'avons habituellement aucun contrôle sur la majorité des microorganismes dans l'environnement extérieur. Cependant, nous pouvons souvent contrôler leur présence dans l'environnement intérieur.

Les microorganismes sont présents dans l'air extérieur durant toute la période saisonnière de croissance. Les concentrations fluctuent de 100 colonies ou microorganismes par mètre cube d'air (unités formatrices de colonies (UFC/m³)) à 100 000 UFC/m³ d'air dans des environnements urbains. Dans d'autres types d'environnement comme celui de l'agriculture, les concentrations peuvent atteindre 10⁸ UFC/m³ d'air. Selon l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) (1989) la présence de concentrations anormalement élevées de microorganismes dans l'air intérieur se produit:

- quand les microorganismes de l'air extérieur pénètrent dans les édifices (ex.: les moisissures);
- quand les composantes architecturales des édifices deviennent contaminées;
- quand les microorganismes d'origine humaine ou animale (ex.: les bactéries) s'accumulent dans les intérieurs mal entretenus et mal ventilés.

1.1 Les virus

La dimension des virus varie de 0,004 à 0,1 micromètre (µm). Les virus ne peuvent survivre longtemps dans l'environnement.

La transmission se fait habituellement de personne à personne par des gouttelettes ou projections. Les prélèvements d'air ne sont pas des techniques de prélèvement couramment utilisées. La présence de symptômes ou de la maladie chez l'hôte est une démonstration suffisante de la présence du virus. De plus, il n'existe pas d'allergie associée aux virus. Ils requièrent une

cellule hôte vivante pour pouvoir se reproduire. Ils sont rapidement inactivés dans le milieu ambiant. Ils ne s'amplifieront pas dans l'eau et sur les substrats organiques des systèmes de ventilation comme le font les bactéries et moisissures.

1.2 Les bactéries

Le diamètre des bactéries varie d'environ 1 à 20 µm. Les bactéries sont classées par leur réaction à la coloration au cristal de violet, leur morphologie, leur demande en oxygène, leur aptitude à produire des spores de résistance, à utiliser des substrats spécifiques, à produire des métabolites spécifiques et à causer des maladies spécifiques. Les bactéries Gram-positives retiennent la coloration au cristal de violet. Les bactéries incapables de retenir le cristal de violet sont classées Gram-négatives. Les bactéries pathogènes (qui peuvent causer des maladies chez l'homme) sont souvent classées selon cette coloration. La majorité des environnements contiennent une grande variété de bactéries. Dans la plupart des cas, le contenu bactérien dans la nature ne cause pas de maladie. Les risques augmentent seulement quand la bactérie pathogène est amplifiée dans un réservoir environnemental et que ces organismes ou leurs sous-produits sont mis en suspension et aéroportés avec succès vers la zone respiratoire. La maladie du Légionnaire, certaines pneumonies, la tuberculose sont des maladies infectieuses aéroportées causées par des bactéries (tableau 1.1). Elles peuvent aussi causer la fièvre des humidificateurs et la pneumonite d'hypersensibilité. De plus, chez les bactéries Gram-négatives, la cellule comporte un constituant qui est une endotoxine.

1. 2. 1 Les endotoxines

Les endotoxines sont une composante de la membrane extérieure des bactéries Gram-négatives. Des niveaux d'endotoxines aéroportées ont été rapportés dans une multitude d'environnements de travail, incluant les bureaux et les laboratoires. Le niveau rapporté le plus élevé ($102 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a été associé avec la manipulation du coton brut contaminé et des produits fécaux comme ceux de l'agriculture et du traitement des déchets. Elles peuvent causer de la fièvre et des malaises, des modifications dans le nombre de globules blancs, des problèmes respiratoires et gastro-intestinaux (tableau 1. 1).

1. 3 Les champignons

Selon Miller (1992), il existe au moins 100 000 espèces connues de champignons sur la planète. Les champignons microscopiques comprennent les levures et les moisissures. La majorité des champignons produisent des spores (structures dont le rôle est la propagation) qui sont transportées dans l'air. Le diamètre de ces spores varie d'environ de 1 à 60 μm . Dans le processus de dégradation des substrats, les champignons produisent différents produits métaboliques dont certains peuvent affecter la qualité de l'air des milieux de travail. La plupart des substances contenant du carbone (abondantes dans les environnements intérieurs et extérieurs) peuvent servir de nutriment pour les moisissures. L'intrusion de l'eau dans l'environnement intérieur est le facteur le plus important à contrôler pour éviter la prolifération fongique.

Seulement quelques champignons peuvent envahir les cellules vivantes et causer des maladies infectieuses. De telles infections surviennent habituellement chez les individus immunodéficients. Cependant, plusieurs moisissures produisent des protéines ou glycoprotéines qui sont très antigéniques (capables de produire une réponse immunitaire) et peuvent produire des maladies d'hypersensibilité (allergies) chez les individus susceptibles. Ces réactions allergiques comprennent la rhinite, l'asthme allergique et les alvéolites allergiques extrinsèques. Les moisissures en croissance peuvent aussi produire plusieurs composés organiques volatils. Ces composés volatils causent, entre autres, les odeurs caractéristiques de moisi.

Selon l'ACGIH (1989), parce que la relation dose-effet n'est pas connue pour l'exposition aux moisissures, les concentrations intérieures doivent être interprétées en fonction d'environnements de référence comme l'air extérieur.

1. 3. 1 Les mycotoxines

Les mycotoxines sont des substances produites dans des conditions particulières par certaines moisissures. Ces toxines peuvent causer des problèmes de santé chez les humains et les animaux lorsque ingérées. Depuis peu, certains travaux rapportent des données sur l'inhalation de spores de moisissures toxiques. Les spores de moisissures toxiques peuvent contenir de grandes concentrations de toxines. Par exemple, les spores *d'Aspergillus flavus* peuvent contenir des concentrations plus grandes que 600 parties par million (ppm) d'aflatoxine, une substance cancérigène pour l'homme. Selon Jarvis (1990), la relation dose-effet n'a pas encore été clairement démontrée. D'après ce même auteur, seulement les expositions dans le milieu de travail aux spores *d'A. flavus/A. parasiticus* constituent des circonstances définitives de problèmes de santé suite à des expositions par inhalation.

En plus des mycotoxines, les spores fongiques contiennent un composé à faible poids moléculaire, le beta-1,3 D-glucan. Selon Rylander et coll. (1992), une relation dose-effet a été trouvée entre les niveaux de beta-1,3 D-glucan et les symptômes tels maux de tête, problèmes cutanés, etc. ressentis chez des occupants d'édifices hermétiques. Selon Auger et coll. (1994), les symptômes ou le syndrome de fatigue chronique chez les individus exposés aux moisissures toxiques disparaissent une fois que les foyers de prolifération ont été enlevés.

1.4 Les protozoaires

La majorité des protozoaires est microscopique et formée de cellules simples. Il existe des milliers d'espèces de protozoaires variant dans leur dimension, structure, morphologie et caractéristique physiologique. La plupart sont inoffensifs, plusieurs sont utilisés en biotechnologie et d'autres sont capables de causer des maladies dans le monde végétal et animal.

Ces organismes sont retrouvés dans les usines de traitement d'eau, dans les effluents thermiques, les systèmes de refroidissement, les humidificateurs, poussières, etc... Ils peuvent vivre en symbiose avec des bactéries (ex. *Legionella*) ou des moisissures. En plus des rares cas d'infections chez les individus susceptibles, l'exposition aux *Naegleria* peut aussi provoquer des réactions d'hypersensibilité. Une étude a démontré que la fièvre des humidificateurs chez des travailleurs de bureau était probablement causée par des antigènes de *Naegleria* aérosolisés par un humidificateur (ACGIH, (1989)).

1.5 Les antigènes

Les antigènes sont des substances organiques capables de produire une réponse immunitaire chez l'humain. Pratiquement tous les organismes vivants contiennent des protéines, des glycoprotéines ou des polysaccharides à potentiel antigénique. C'est pourquoi nous retrouvons plusieurs microorganismes (bactéries, champignons, protozoaires, acariens, etc.) pouvant causer des effets sur la santé via l'action d'antigènes sur le système immunitaire.

Les maladies allergiques dépendent de la production d'antigènes qui stimulent des anticorps spécifiques. Une personne non sensibilisée peut le devenir suite à un ou plusieurs contacts avec la substance antigénique. Après une ou plusieurs séries d'expositions, le corps humain développe des anticorps pour cet antigène. Ces anticorps servent de mécanisme de défense contre les futurs contacts avec la substance. Une fois que le corps a développé des anticorps, les rencontres

subséquentes produiront des réponses sous forme d'inflammation, de rougeurs aux yeux ou d'irritation. De toutes les maladies d'hypersensibilité, seulement la pneumonite d'hypersensibilité, l'asthme allergique, la rhinite allergique et l'aspergillose allergique sont connus comme étant le résultat d'exposition à des antigènes aéroportés. La relation cause-effet pour les allergènes microbiens est bien connue mais la caractérisation complète de la relation dose-réponse ne l'est pas.

Les composantes des systèmes de ventilation notamment certains types d'humidificateurs, peuvent aérosoliser des gouttelettes à partir de réservoirs d'eau et deviennent donc d'intérêt particulier à cause de la production des petites particules antigéniques (en-dessous de 2-3 μm). Des épidémies de pneumonites d'hypersensibilité se sont produites chez des individus quand les systèmes d'humidification d'édifices étaient contaminés. Dans les résidences, les sources d'antigènes les plus importantes affectant la santé des humains sont les mites, les chats, les blattes et les moisissures. Tous ces organismes produisent des antigènes qui peuvent causer de l'asthme allergique et de la rhinite allergique. Les mites de poussières (acariens) et leurs excréments accumulés dans la literie, les meubles ou dans les endroits où l'humidité relative et la température sont favorables produisent aussi des antigènes.

Quelques caractéristiques de certains microorganismes sont données au tableau 1.1.

1.6 Guide de prévention contre la prolifération microbienne dans les systèmes de ventilation - IRSST

Tableau 1.1: Caractéristiques de quelques microorganismes communs
(Adapté de l'ACGIH (1989))

ORGANISME	COMPOSANTE	EXEMPLE	EFFETS SUR LA SANTÉ	TYPE DE VIE	PRINCIPALES SOURCES INTÉRIEURES
Bactéries	Organismes	<i>Legionella</i>	Pneumonie	Parasite facultatif	Tours de refroidissement
	Spores	Thermoactinomyètes	Pneumonite d'hypersensibilité (P.H.)	Saprophytes	Eaux ou surfaces chaudes et humides
	Produits	Endotoxines Protéases	Fièvre Asthme		Réservoirs d'eau Procédés industriels
Champignons	Organismes	<i>Sporobolomycetes</i>	P.H.	Saprophytes	Surfaces humides
	Spores	<i>Alternaria</i>	Asthme, rhinite	Saprophytes	Air extérieur
	Spores	<i>Histoplasma</i>	Infections	Parasite facultatif	Oiseaux
	Antigènes	Glycoprotéines	Asthme, rhinite		Air extérieur
	Toxines	Aflatoxines	Cancer		Surfaces humides
	Volatils	Aldéhydes	Irritants		Surfaces humides
Protozoaires	Organismes	<i>Naegleria</i>	Infection	Parasite facultatif	Réservoirs d'eau
	Antigènes	<i>Acanthamoeba</i>	P.H.		Réservoirs d'eau
Virus	Organismes	Influenza	Infection	Parasite obligatoire	Réservoirs d'eau
Algues	Organismes	<i>Chlorococcus</i>	Asthme, rhinite	Autotrophique	Air extérieur
Plantes vertes	Pollen	<i>Ambrosia</i>	Asthme, rhinite	Autotrophique	Air extérieur
Arthropodes	Excréments	Mites	Asthme, rhinite	Phagotrophique	Poussières
Mammifères	Épiderme	Chevaux	Asthme, rhinite	Phagotrophique	Chevaux
	Salive	Chats	Asthme, rhinite	Phagotrophique	Chats

Bibliographie sur les microorganismes

ACGIH.: Guidelines for the Assessment of Bioaerosols in the Indoor Environment. Cincinnati, Ohio, 1989.

Ager, B.P., Tickner, J.A.: The Control of Microbiological Hazards Associated with Air-Conditioning and Ventilation Systems. Ann. Occup. Hyg. 27(4):341, 1983.

American Public Health Association.: Control of Communicable Diseases in Man. Abram S. Benenson editor, Washington, D.C., 5^e éd., 485 p., 1985.

Auger, P.L., Gourdeau, P., Miller, J.D.: Clinical Experience with Patients Suffering from a Chronic Fatigue-Like Syndrome and Repeated Upper Respiratory Infections in Relation to Airborne Molds. Am. Journ. Ind. Medicine 25:41, 1994.

Brief, R.S., Bernath, T.: Indoor Pollution. Guidelines for Prevention and Control of Microbiological Respiratory Hazards Associated with Air Conditioning and Ventilation Systems. Appl. Ind. Hyg. (3)4: 5, 1988.

Burge, H.A.: Approaches to the Control of Indoor Microbial Contamination. Proceedings of the ASHRAE Conference, May 18-20, Arlington, Virginia, pp. 33-37, 1987.

Edwards, J.H.: Microbial and Immunological Investigations and Remedial Action after an Outbreak of Humidifier Fever. Br. J. Ind. Med. 37:55, 1980.

Fink, J.: Hypersensitivity Pneumonitis. In: Allergy. Principles and Practice. Vol. 1, E. Middleton, C. Reed, E. Ellis, Eds., C.V. Mosby, St-Louis, MO 1983.

Friedman, S. et al.: Pontiac Fever Outbreak Associated with a Cooling Tower. Am. J. Public Health 77:568, 1987.

Haug R.T.: The Practical Handbook of Compost Engineering. Lewis Publishers, Ann Arbor, 717 p., 1993.

Hodgson, M.J., Morey, P.R., Simon, J.S. et al.: An Outbreak of Recurrent Acute and Chronic Hypersensitivity Pneumonitis in Office Workers. Am. J. Epidemiol. 125(4):631, 1987.

Institute of Medicine of the US National Academy of Sciences.: Indoor Allergens: Assessing and Controlling Adverse Health Effects. National Academy Press, Washington, DC, 308 p., 1993.

Ishizaka, K., Ishizaka, T.: Immunology of IgE-mediated Hypersensitivity. In: Allergy. Principles and Practice. Vol. 1, E. Middleton, C. Reed, E. Ellis, Eds, C.V. Mosby, St-Louis, Mo, 1983.

Jarvis, B.J.: Mycotoxins and Indoor Air Quality, in: Biological Contaminants in Indoor Environments, Morey, Feely and Otten editors, ASTM STP 1071, Philadelphia, PA, 244 p., 1990.

Kaufmann, A.F. et al.: Pontiac Fever: Isolation of the Etiologic Agent (*Legionella pneumophila*) and Demonstration of its Mode of Transmission. Am. J. Epidemiol. 114:337, 1981.

Loyd, S.: L'hygiène dans les systèmes de ventilation. Compte rendu. Note technique TN 18/92, The Building Services Research and Information Association, Royaume-Uni, 31 p., 1992.

Miller, J.D.: Fungi as Contaminants in Indoor Air. Atmospheric Environment 26A(12):2163, 1992.

Miller, J.D.: Microbial Contamination of Indoor Air. Actes de la cinquième conférence internationale Jacques Cartier, pp. 1-11, Montréal, Canada, 1992.

Moodward, E.D. et al.: Outbreak of Hypersensitivity Pneumonitis in an Industrial Setting. JAMA 259(13): 1965, 1988.

Morey, P. R., Hodgson, M. J., Sorenson, W. J., et al.: Environmental Studies in Moldy Office Buildings: Biological Agents. Sources. Preventive Measures. Ann. Am. Conf. Govt. Ind. Hyg. 10:21, 1984.

Rylander, R., Morey, P.: Airborne Endotoxin in Industry Processing Vegetable Fibers. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 43:811, 1982.

Rylander, R., Snella, M.C.: Endotoxins and the Lungs: Cellular Reactions and Risks for Diseases. Prog. Allergy 33:332, 1983.

Rylander, R., Persson, K., Goto, H., Yuasa, K., Tanaka, S.: Airborne Beta-1.3-D-Glucan May Be Related to Symptoms in Sick Buildings. Indoor Environ. 1:263, 1992.

Santé et bien-être social du Canada.: Signification de la présence des champignons dans l'air intérieur des édifices: Rapport d'un groupe de travail. Groupe de travail sur les champignons dans l'air des maisons, revue canadienne de la santé publique, mars/avril 1987, 16 p.

World Health Organization.: Indoor Air Pollutants. Copenhagen, 1983.

Zweiman, B., Levinson, A.L.: Cell-mediated Immunity. In: Allergy. Principles and Practice. Vol. 1, E. Middleton, C. Reed, E. Ellis, Eds., C.V. Mosby, St-Louis, MO, 1983.

2. SYSTEMES DE TRAITEMENT DE L'AIR

Dans les édifices modernes, les systèmes de ventilation, chauffage et conditionnement d'air (CVCA) agissent comme systèmes de traitement de l'air et influencent directement la qualité du milieu de travail. Non seulement les composantes de ces systèmes doivent être maintenues dans des conditions optimales de fonctionnement, mais également dans des conditions de salubrité qui minimisent le risque d'apparition des sources de contamination de l'air ambiant.

Afin d'identifier les sites potentiels de croissance de microorganismes et d'en limiter le développement il importe de connaître le rôle de chaque composante des systèmes de ventilation et leurs conditions psychrométriques d'opération.

2.1 Composantes

Bien qu'il existe plusieurs types de systèmes de distribution, à simple ou à double conduits, à débit constant (CV) ou à débit variable (VAV), à température constante ou à température variable, on observe, de façon générale, que l'unité centrale de traitement d'air (figure 2.1) est composée en totalité ou en partie des éléments suivants:

- prise d'air extérieur;
- plénum de mélange;
- ventilateur(s);
- unité de filtration;
- serpentins de chauffage, refroidissement et déshumidification;
- humidificateur;
- registres;
- silencieux;
- conduits;
- dispositifs de régulation de température, d'humidité et de débit;
- récupérateur de chaleur.

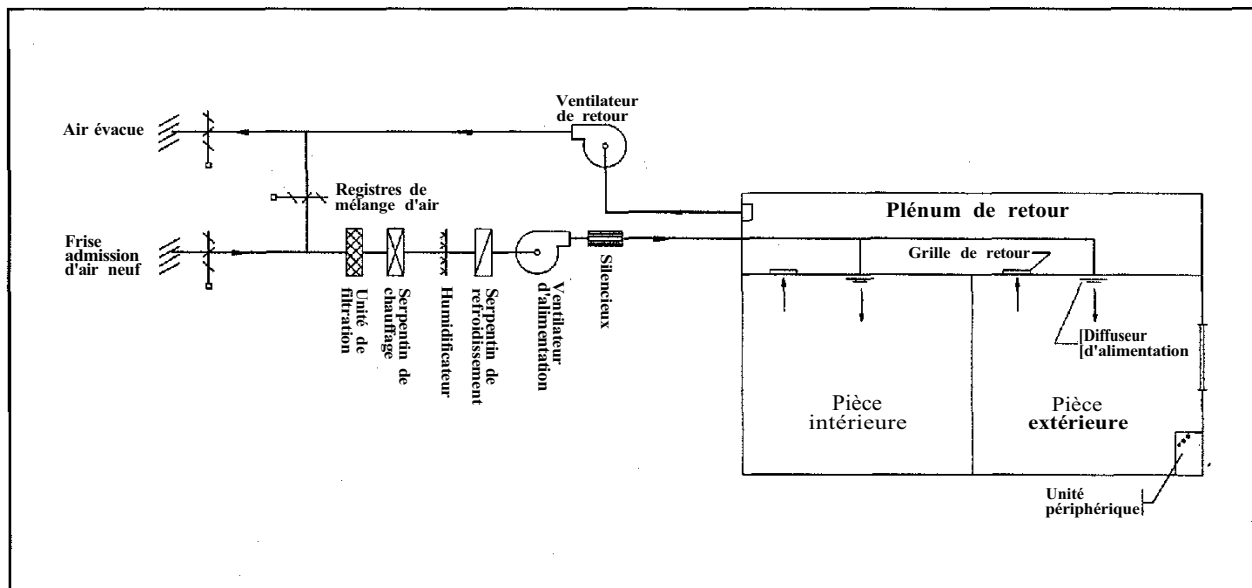


Figure 2.1 : Installation mécanique de ventilation

Les réseaux d'alimentation et de reprise d'air sont constitués en totalité ou en partie des éléments suivants:

- conduits;
- isolants thermique ou acoustique;
- humidificateur(s);
- registres;
- boîtes terminales et bouches d'admission;
- grilles de reprise;
- dispositifs de régulation;
- unités périphériques.

La présence d'eau dans les systèmes de ventilation constitue un facteur déterminant dans le développement des microorganismes puisqu'elle en favorise la croissance. Dans les conditions dynamiques d'opération, les composantes d'un système de ventilation sont exposées à des niveaux de température et d'humidité qui varient en fonction de la configuration du système et des procédés de conditionnement d'air.

2.2 Procédés de conditionnement d'air

Quatre (4) procédés permettent d'assurer le conditionnement d'air, soit le refroidissement, le chauffage, l'humidification et la déshumidification. Selon la conception du système CVCA, le conditionnement peut s'effectuer soit au niveau de l'unité centrale ou se localiser sur le réseau de distribution. Les différentes phases de conditionnement engendrent des variations des propriétés de l'air, entre autres au niveau de la température, de l'humidité relative et de l'enthalpie. La représentation graphique de ces propriétés peut être observée sur le diagramme psychrométrique (fig. 2.2) qui permet de plus de visualiser les différents processus de climatisation de l'air humide (fig. 2.3).

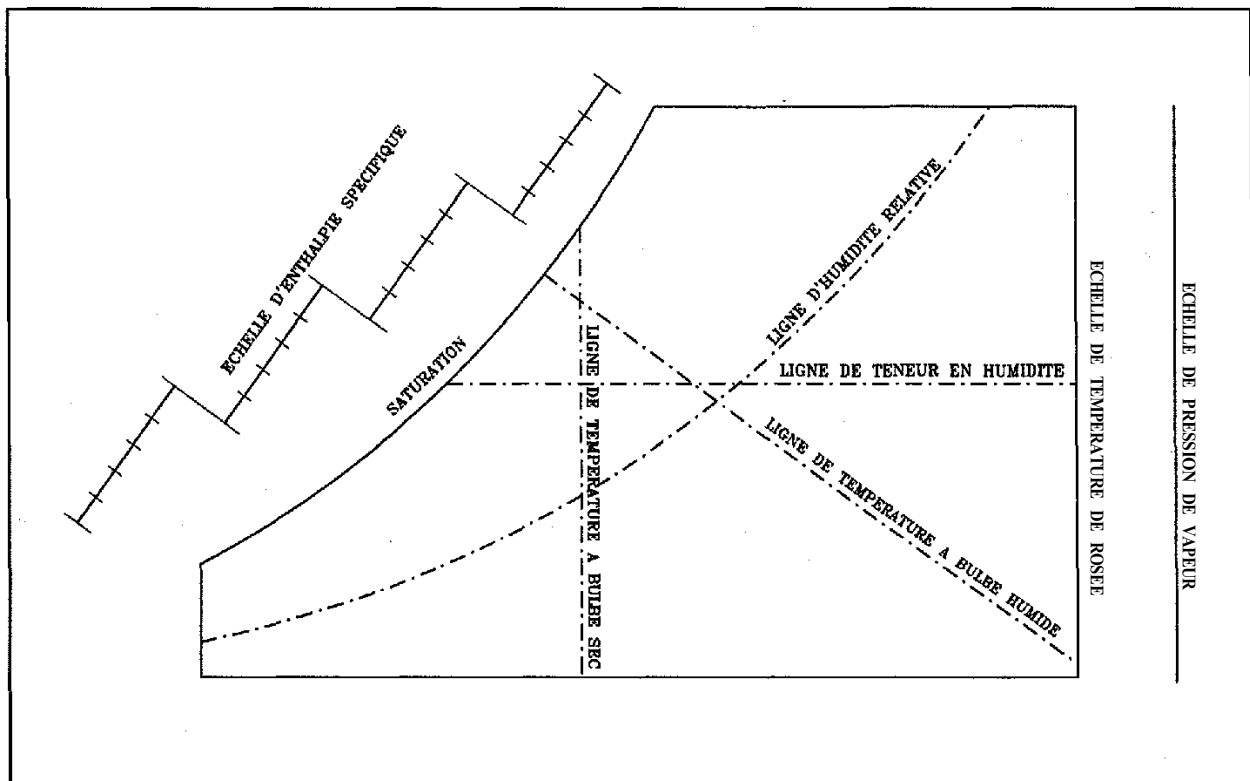


Figure 2.2: Diagramme psychrométrique

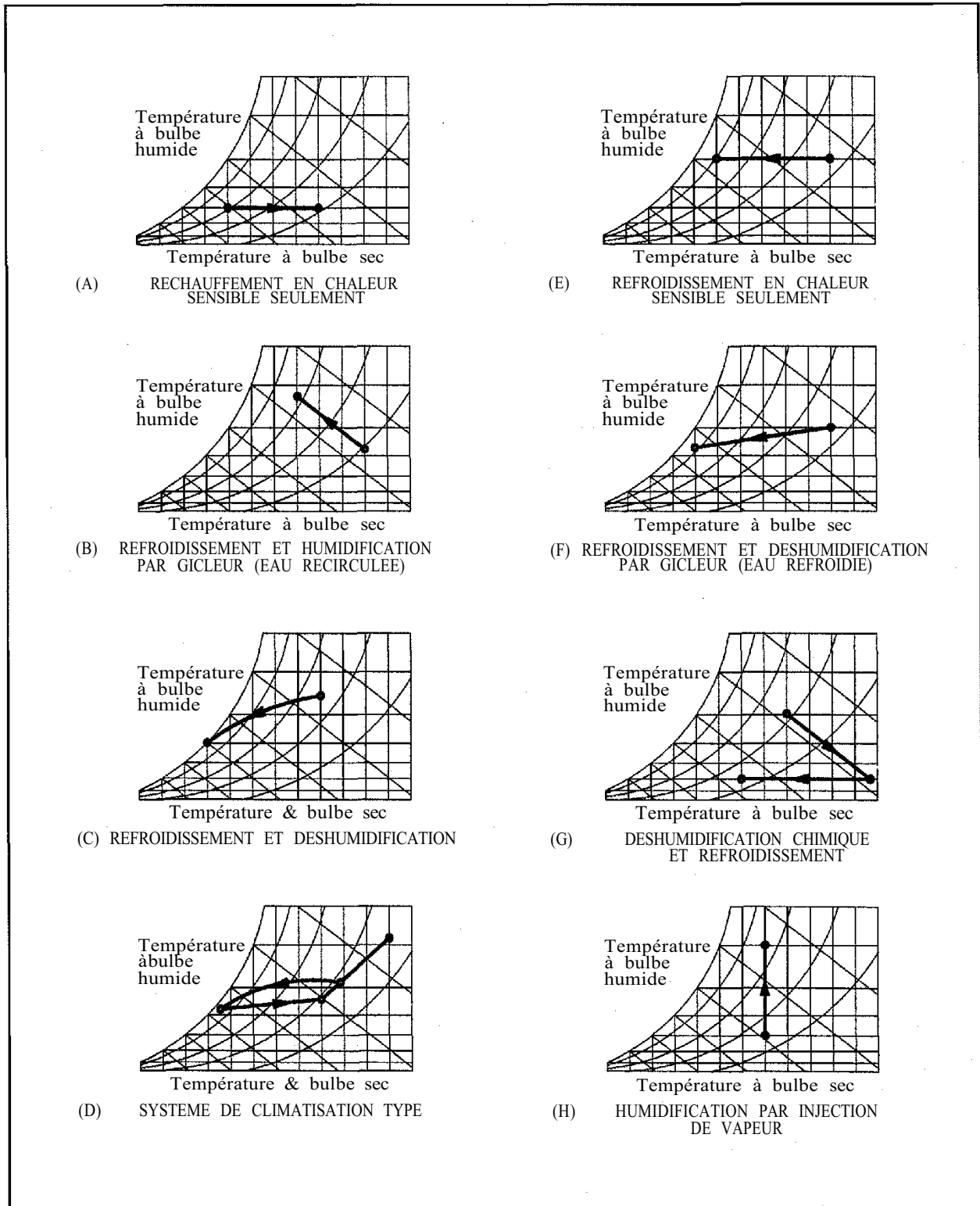


Figure 2.3: Processus fondamentaux de climatisation

2.2.1 Refroidissement et déshumidification

Le refroidissement de l'air s'effectue par une diminution de la chaleur sensible (figure 2.3e) résultant de l'échange thermique entre l'air humide et le fluide frigorigène (système de refroidissement à détente directe) ou l'eau froide (système de refroidissement par eau froide) circulant dans les canalisations du serpentin de refroidissement. Lorsque la température du serpentin est inférieure au point de rosée (température à laquelle la condensation de l'eau commence dans un mélange gazeux que l'on refroidit) de l'air traité, on observe une déshumidification de l'air et la présence de condensation (figure 2.3c). Dans ce cas, le serpentin de refroidissement permet de réduire la chaleur sensible et la chaleur latente de l'air.

Bien que l'utilisation de serpentins de refroidissement constitue la principale méthode pour la déshumidification de l'air, elle peut être réalisée chimiquement en circulant l'air à travers un déshumidificateur à dessiccation. À l'aide d'un desséchant solide ou liquide ayant une pression de vapeur inférieure à celle de l'air traité, la vapeur d'eau est retirée de l'air par phénomène d'adsorption ou d'absorption. La réaction exothermique engendrée lors du mélange eau-desséchant se traduit par une augmentation de la température de l'air (figure 2.3g). Les déshumidificateurs à dessiccation sont également utilisés dans certaines installations à cause de leur capacité de filtration. Ils peuvent être localisés en amont du serpentin de refroidissement pour éviter la formation de condensât au niveau du serpentin.

La déshumidification est dans certains systèmes réalisée dans une chambre de gicleurs appelée laveur d'air en faisant circuler l'air à travers de l'eau giclée dont la température est maintenue à un niveau inférieur au point de rosée de l'air traité (figure 2.3f).

2.2.2 Chauffage

Le chauffage de l'air s'effectue en faisant passer l'air à travers un serpentin électrique ou à tubulures dans lequel circule de la vapeur ou de l'eau chaude. L'augmentation de la température de l'air s'accompagne d'une diminution du pourcentage du taux d'humidité (figure 2.3a).

2.2.3 Humidification

L'humidification de l'air s'effectue principalement par deux (2) moyens, soit par évaporation d'eau liquide ou par injection de vapeur saturée. Dans le premier cas, l'eau est giclée ou atomisée dans un écoulement d'air qui en transférant une partie de son énergie évapore l'eau. L'énergie ainsi retirée est absorbée par la vapeur sous forme de chaleur de vaporisation. Dans le cas des humidificateurs de type laveur d'air, l'eau est pulvérisée et recirculée continuellement dans une chambre, de sorte que la température de l'eau par contact avec l'air devient égale à la température humide de l'air. Pour pouvoir humidifier l'air avec de l'eau pulvérisée, la température de l'eau doit être supérieure à celle du point de rosée final exigé pour l'air. Ainsi, comme la pression de vapeur de l'eau est supérieure à la pression partielle de l'eau dans l'air, c'est cette différence de pression qui cause l'évaporation. La température humide de l'air étant constante, la chaleur latente nécessaire pour évaporer l'eau provient donc de la chaleur sensible de l'air, ce qui entraîne une baisse de la température sèche de l'air. La quantité de chaleur sensible perdue par l'air est égalée par un gain en chaleur latente, maintenant ainsi constante la teneur globale en chaleur (enthalpie) de l'air (figure 2.3b).

Lorsque l'humidification de l'air s'effectue en injectant de la vapeur saturée, on observe une augmentation du pourcentage d'humidité relative de l'air dans des conditions constantes de température sèche (figure 2.3h).

Bibliographie sur les systèmes de traitement de l'air

AQME.: Guide pratique d'entretien pour une bonne qualité de l'air intérieur. Association québécoise pour la maîtrise de l'énergie, 1989.

ASHRAE.: ASHRAE Handbook. HVAC Systems and Equipment. SI Edition, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, GA, 1992.

ASHRAE.: ASHRAE Handbook. Fundamentals. SI Edition, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, GA, 1992.

ASHRAE.: ASHRAE Handbook. HVAC Applications. SI Edition, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, GA, 1992.

Bureau de l'efficacité énergétique, Gouvernement du Québec: L'efficacité énergétique dans les édifices à bureaux et les bâtiments commerciaux. 1991.

Kundsin, R.B.: Architectural Design and Indoor Microbial Pollution. Oxford University Press, New-York, 317 p., 1988.

McQuiston, F.C., Parker, J.D.: Heating, Ventilation, and Air Conditioning. John Wiley & Sons, Third Edition, 746 p., 1988.

Pickering, C.A.C., Jones, W.P.: Health and Hygienic Humidification. The Building Services Research and Information Association, Berkshire, 1986.

Wark, K.: Thermodynamics. Third edition, McGraw-Hill, USA, 909p., 1977.

3. BIOCONTAMINATION DES COMPOSANTES

3.1 Prises d'air extérieur

Afin de se conformer aux normes et règlements en vigueur, un système CVCA doit introduire de l'air neuf dont le débit varie en fonction des activités qui ont cours dans l'établissement.

L'air extérieur est la source première de toute prolifération microbienne. La majorité des champignons (levures et moisissures) et plusieurs bactéries vivent dans l'environnement naturel. Les spores de champignons dominent habituellement la microflore extérieure. Par exemple, des millions de spores de moisissure par minute peuvent être libérées lorsqu'un agriculteur travaille dans ses champs. Il est important d'examiner l'environnement extérieur pour identifier les sources potentielles et d'y faire des prélèvements qui seront utilisés comme contrôle pour les prélèvements intérieurs éventuels.

La configuration architecturale et la localisation des prises d'air peuvent dans certains cas être des facteurs favorisant l'admission et ultérieurement le développement des microorganismes dans le système de ventilation. Les microorganismes provenant des sources suivantes sont susceptibles d'être aspirés au niveau de la prise d'air et de se loger sur les diverses composantes du système de ventilation:

- neige et pluie (figure 3.1);
- air évacué par les évents sanitaires pouvant contenir des bactéries entériques ou intestinales;
- cheminées;
- air vicié provenant des aires d'entreposage (figure 3.2);
- eau entraînée des tours de refroidissement et des condensateurs évaporatifs particulièrement susceptible d'être contaminée par les bactéries *Legionella pneumophila*;
- matières végétales (feuilles, nids d'oiseaux);
- matières fécales (excréments d'oiseaux pouvant contenir les champignons infectieux *Histoplasma* et *Cryptococcus* ainsi que d'autres champignons et bactéries);
- flaques d'eau stagnante.

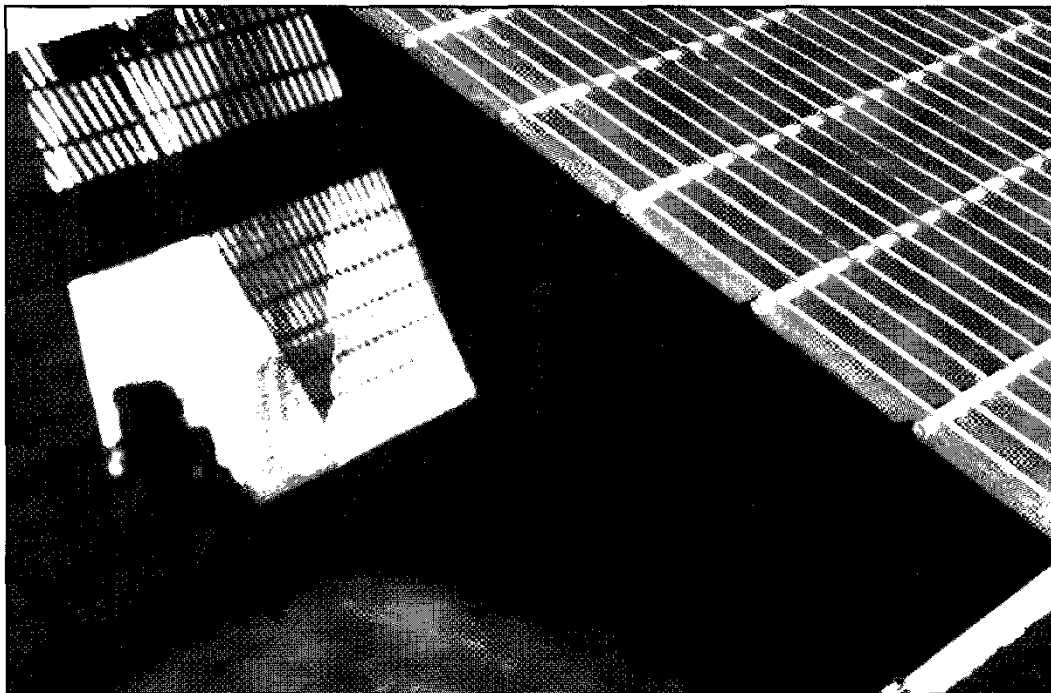


Figure 3.1 : Prise d'air extérieur située sous le niveau du sol

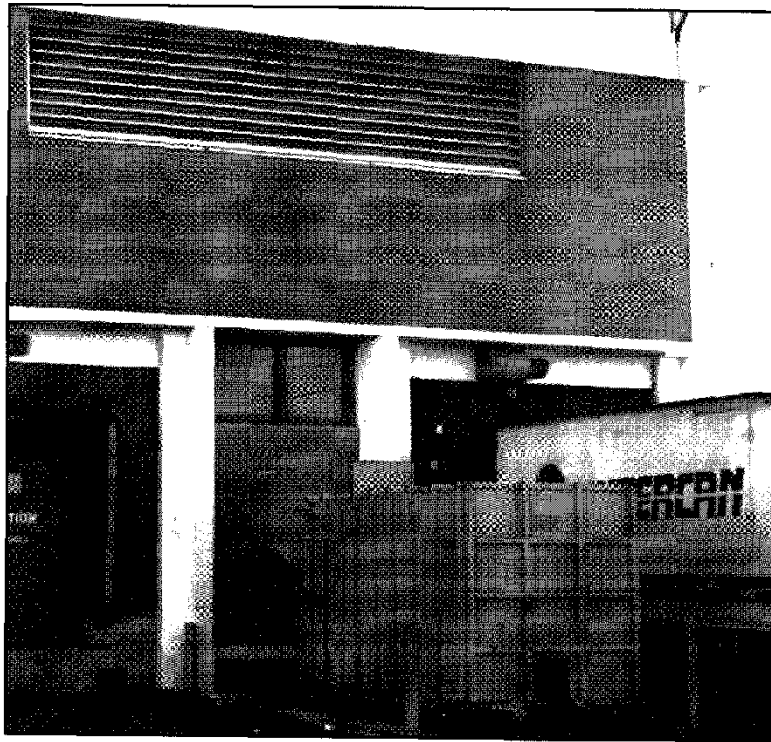


Figure 3.2 : Air vicié provenant des aires d'entreposage

3.2 Plénum de mélange

Après son admission à travers les persiennes, l'air neuf est mélangé avec l'air de reprise (sauf dans les systèmes admettant 100 % d'air neuf) dans un caisson de l'unité centrale. Lorsque la construction du plénum est faite de tôle perforée et de laine isolante, l'accumulation de poussières (figure 3.3) et la présence d'eau provenant de l'extérieur ou de la condensation qui peut se former sur une paroi mal isolée constituent alors un risque potentiel pour le développement de microorganismes.

En présence d'un problème de stratification entre l'air neuf et l'air recirculé, il est possible que la température d'une des composantes soit sous le point de rosée de l'air de retour favorisant ainsi la condensation de la vapeur d'eau.

On doit également vérifier le risque de condensation qui peut survenir lorsque le système est mis à l'arrêt et que la température des parois atteint le point de rosée de l'air dans les conduits.

3.3 Unité de filtration

Souvent située en aval du plénum de mélange, l'unité de filtration a pour rôle de nettoyer l'air des particules aéroportées. De plus, en empêchant l'encrassement, la résistance du système n'augmente pas et les composantes fournissent le rendement pour lequel elles ont été sélectionnées.

L'efficacité de filtration est pour la majorité des manufacturiers déterminée à partir de la norme ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc.) 52.1-1992 qui spécifie deux (2) méthodes de test soit la méthode gravimétrique et la méthode de rendement à la tache.

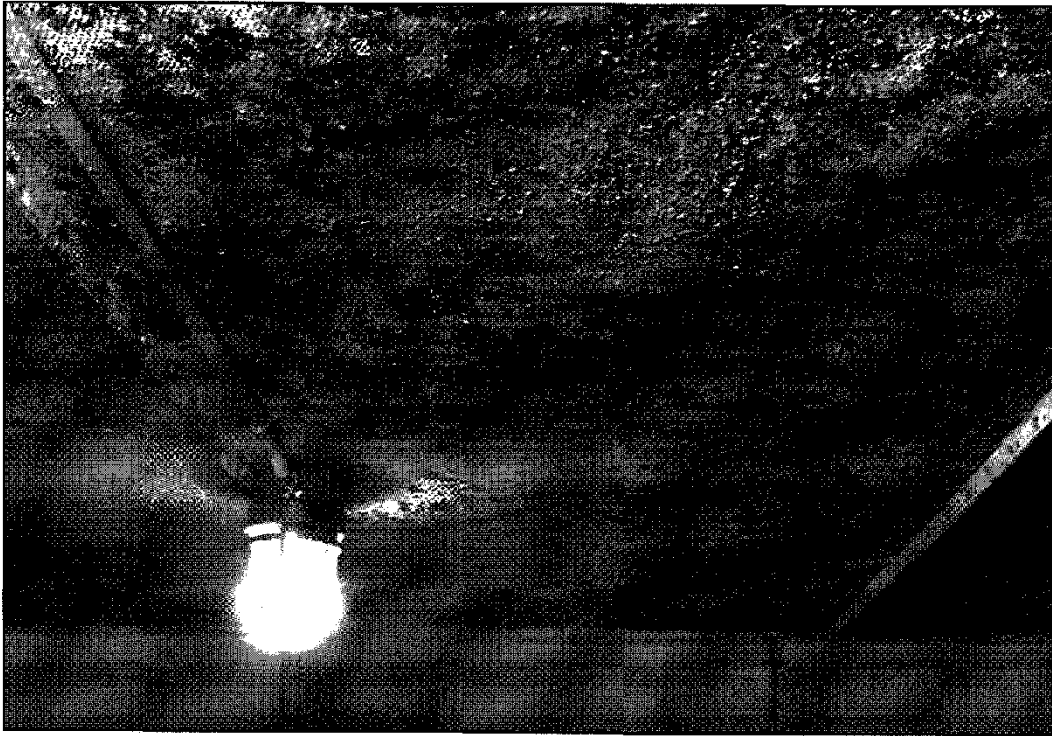


Figure 3.3: Accumulation de débris et de rouille sur les parois d'un plénum de mélange

La présence d'un filtre ne pouvant retenir les particules d'un diamètre inférieur à celui des microorganismes susceptibles d'être retrouvés dans l'environnement constitue la première porte d'entrée des bioaérosols dans le système CVCA. Bien que l'efficacité des filtres à matière filtrante s'accroisse avec le colmatage, ils doivent être remplacés lorsque l'augmentation de la résistance à l'écoulement de l'air atteint un niveau qui empêche le système de ventilation de fournir le débit d'air voulu. La mesure à l'aide d'un manomètre différentiel de la chute de pression engendrée par le colmatage permet de déterminer la durée d'utilisation des filtres. La prolifération microbienne dans l'unité de filtration survient en majeure partie lorsque le remplacement des filtres n'est pas effectué selon les spécifications du fabricant. Bien que les mécanismes du développement des contaminants biologiques soient complexes, la contamination des filtres est bien souvent associée à la présence d'eau dans le système et à l'accumulation excessive de poussières, particulièrement lorsqu'elles sont

de nature organique. En effet, de l'eau dans les filtres signifie que les spores fongiques peuvent germer, croître et sporuler. Ces spores peuvent par la suite être émises dans l'air intérieur (figure 3.4).

La prolifération microbienne dans les composants en aval de l'unité de filtration peut également survenir lorsque le cadrage des filtres est placé de façon non étanche avec le support. Comme la résistance à l'écoulement est moindre, cet espace constitue un chemin préférentiel pour le passage de l'air non filtré et l'efficacité de filtration s'en trouve diminuée. Suite à des vérifications périodiques d'une unité de filtration, il peut arriver que la chute de pression se stabilise à un niveau qui ne s'approche pas de la valeur recommandée pour le remplacement. Cette situation peut résulter d'un déchirement du filtre ou de la présence de fuites au niveau de son armature ou sur les parois du plénum situées entre la section de filtration et le ventilateur.



Figure 3.4: *Filtres endommagés par les conditions environnementales extérieures*

3.4 Serpentins de refroidissement et de chauffage

L'air filtré est ensuite acheminé aux serpentins pour être chauffé ou refroidi. En mode de climatisation, lorsqu'il y a déshumidification, l'eau de la condensation est récupérée dans un bac situé sous le serpentin et est évacuée par un drain (figure 3.5). La prolifération microbienne dans cet équipement provient principalement des sources suivantes: l'accumulation d'eau à la base du serpentin en raison d'une pente insuffisante, l'incapacité du drain à éliminer l'eau du bassin en raison d'un blocage ou l'inclinaison inversée du bassin.

Certains bassins sont isolés à l'intérieur ce qui les empêche de s'assécher complètement et permet d'accumuler les débris. De la mousse ou des dépôts visqueux et gluants dans les bassins de drainage indiquent la présence de prolifération

microbienne. Même si la croissance microbienne n'est pas visible, des prélèvements d'eau peuvent démontrer à l'analyse la présence de champignons et de bactéries.

Par ailleurs, lorsque la vitesse frontale de l'air est trop élevée, il y a risque que l'eau soit entraînée par l'air avant même qu'elle puisse atteindre le bac de récupération. La présence d'isolant acoustique à proximité constitue, s'il devient mouillé, un milieu propice au développement des microorganismes particulièrement s'il y a accumulation de poussières sur les parois.

Au niveau du serpentin de chauffage, en opération, la contamination ne pose généralement pas de problème en raison des températures élevées qui ne favorisent pas le développement des organismes vivants à moins qu'il y ait une fuite d'eau ou de vapeur et que cette eau puisse s'accumuler sur une surface poreuse ou au fond de l'unité. Toutefois, lorsque le système est

arrêté pour une période prolongée, l'accumulation de particules sur cette composante peut engendrer une activité microbienne.

3.5 Humidificateurs

L'humidification de l'air à des fins spécifiques ou pour assurer le confort requiert une attention particulière en raison du potentiel élevé de contamination. Selon l'ASHRAE, les risques de prolifération microbienne sont présents lorsque le taux d'humidité relative dans les endroits habités ou dans les conduits de ventilation à basse vitesse (<10 m/sec.) dépasse 70 %. L'humidificateur doit être localisé à un endroit où l'air peut absorber la vapeur qui ne sera pas refroidie sous son point de rosée. Afin de s'assurer que la vapeur atteigne l'équilibre gazeux, on doit tenir compte de la localisation du distributeur en fonction des parois de la gaine ainsi que de la température et de la vitesse de l'air.

De façon générale, le contrôle des systèmes d'humidification se fait par un humidistat localisé dans la pièce ou dans la gaine de retour. Dans certains systèmes CVCA qui opèrent à basse température, un humidistat de haute limite est installé en aval de l'humidificateur pour éviter que la vapeur ne se condense. Une sonde de circulation d'air installée dans la gaine permet la mise en marche du système.

3.5.1 Humidificateurs à bac évaporatif

Avec ce type d'humidificateur (figures 3.6 et 3.7) placé sous la gaine de ventilation, la vapeur d'eau est produite par un échangeur de chaleur (vapeur ou eau chaude) ou par des éléments chauffants immergés dans le bac et est entraînée ou puisée par un ventilateur dans le flot d'air.

L'entraînement de gouttelettes d'eau formées soit par une vitesse d'air excessive dans le conduit ou par une température trop élevée au niveau

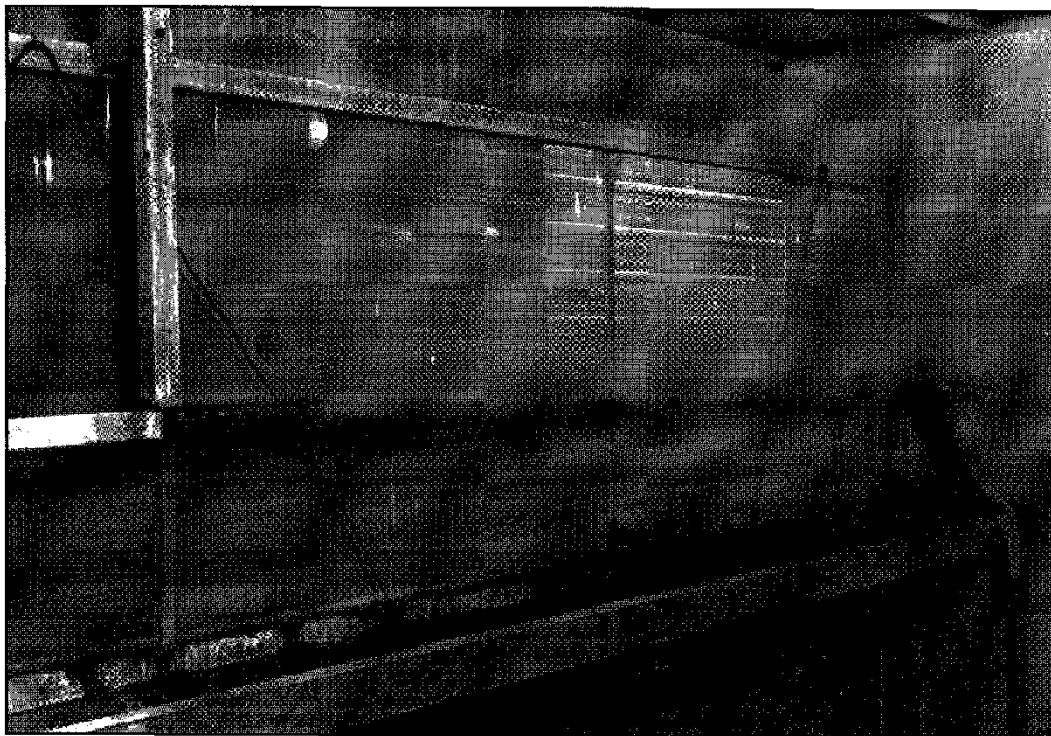


Figure 3.5: Bassin de récupération d'un serpentin de refroidissement

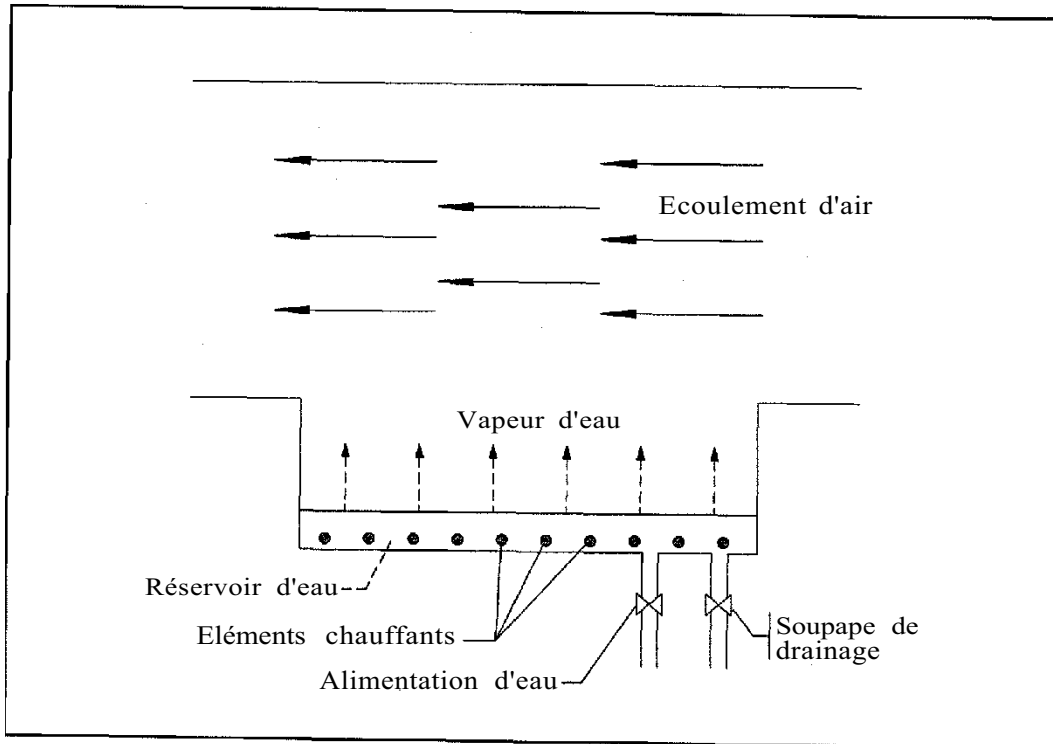


Figure 3.6: Schéma d'humidificateur à bac évaporatif

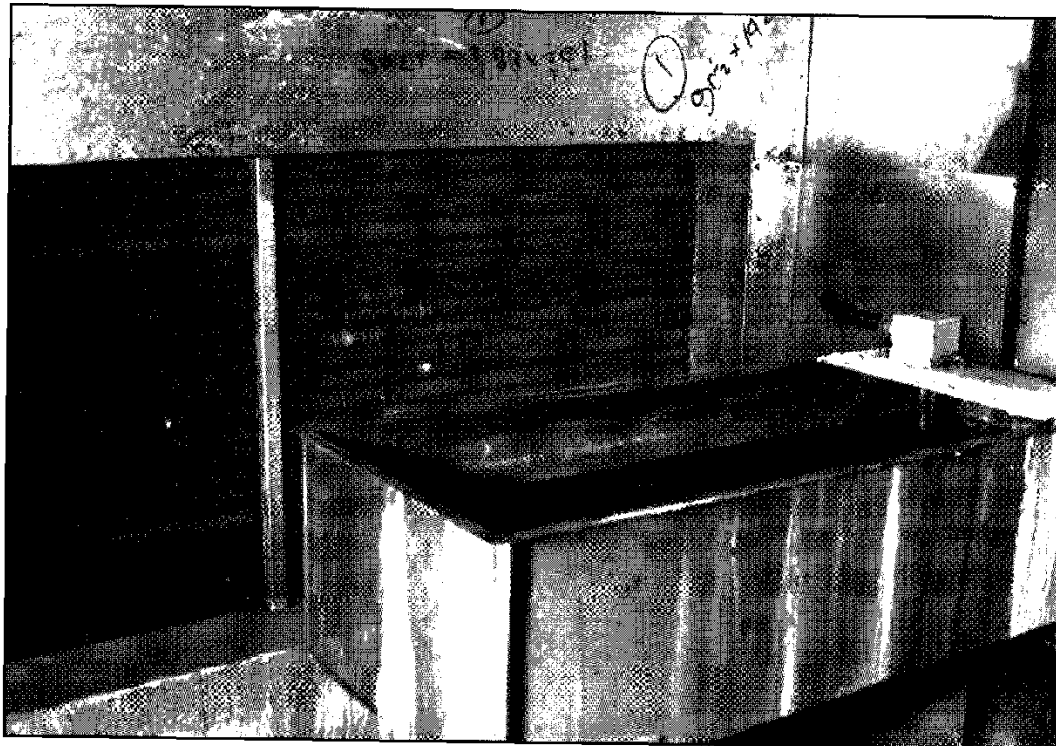


Figure 3.7: Humidificateur à bac évaporatif

de l'échangeur de chaleur (vapeur supérieure à 103 kPa) risque de mouiller l'isolant acoustique situé à proximité.

Lorsque les systèmes de ventilation sont inopérants, l'eau stagnante du bac constitue un milieu propice à la croissance de microorganismes qui peuvent être aérolisés lors de la mise en marche des systèmes.

3.5.2 Humidificateurs de type à injection de vapeur saturée

L'utilisation de systèmes d'humidification par injection de vapeur saturée est largement répandue en raison de sa flexibilité d'adaptation et de sa capacité élevée de production de vapeur.

La vapeur est générée dans une chaudière centrale ou localement par électrolyse et est injectée au niveau de l'unité centrale de ventilation ou directement dans le conduit.

Dans le premier cas, la vapeur peut être introduite soit à travers une ou plusieurs tubulures appelées chemises de vapeur. La chemise de vapeur est constituée d'une tubulure à double paroi dont l'enveloppe (figure 3.8) extérieure permet de maintenir le distributeur de vapeur à une température supérieure au point de rosée pour éviter la formation d'eau de condensation qui pourrait être entraînée dans l'écoulement d'air. Avant d'être acheminée dans le distributeur, la vapeur circule dans un séparateur muni d'un purgeur qui retire le condensât qui peut s'être formé dans le système de distribution. Cette vapeur est appelée vapeur sèche.

La quantité de vapeur injectée est contrôlée par une soupape pneumatique ou électrique de type marche-arrêt ou à modulation. Pour éviter le passage d'eau dans le distributeur, la température mesurée avant le purgeur doit être suffisamment élevée, ce qui permettra d'activer la soupape d'alimentation. Le mal fonctionnement de la soupape peut également occasionner une décharge

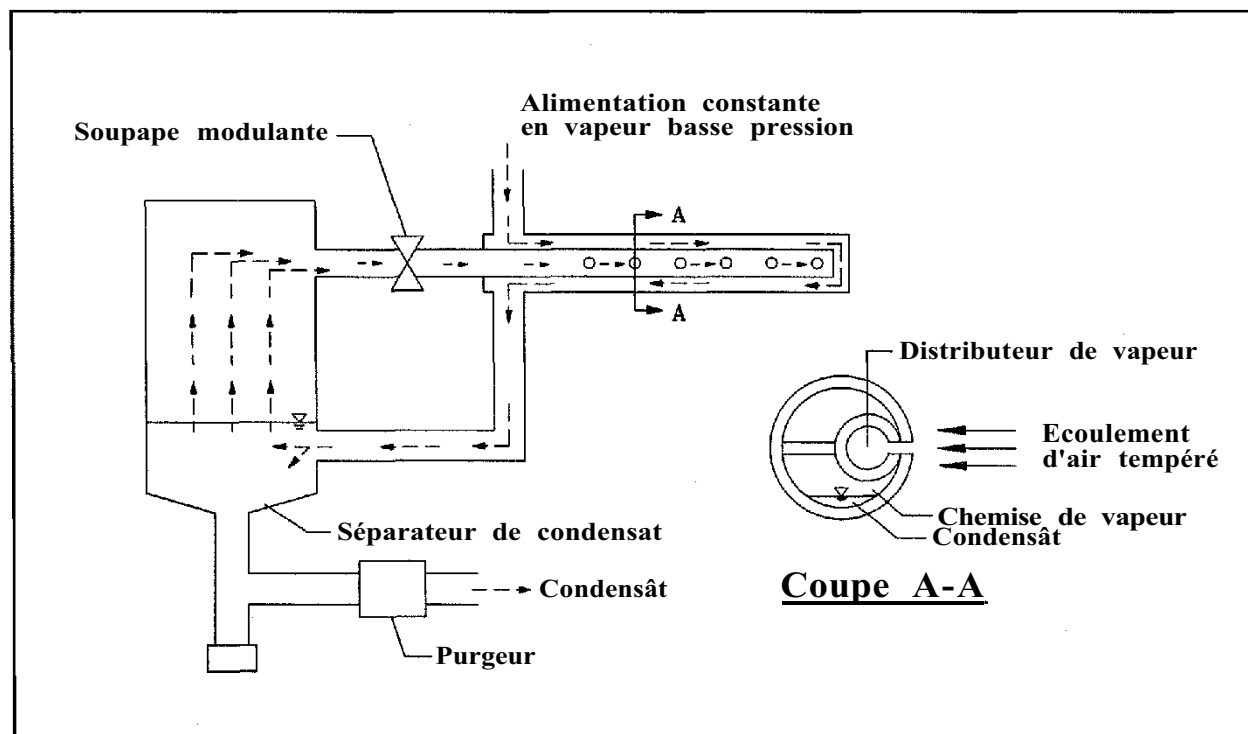


Figure 3.8: Schéma d'humidificateur à injection de vapeur sèche

de vapeur excessive dans le système. En ce qui a trait à la décharge d'eau par le distributeur, ceci est généralement occasionné par un problème au niveau des réseaux de drainage du condensât ou d'alimentation de vapeur.

Dans le cas où une unité locale de génération (figures 3.9 et 3.10) est utilisée, le distributeur est à simple paroi et est exposé à l'écoulement de l'air. Pour permettre l'élimination du condensât qui peut se former à l'intérieur, le distributeur est muni de canules de drainage ou installé en pente (selon le modèle). Si la canalisation d'alimentation du distributeur présente un affaissement, l'eau est susceptible de s'accumuler et d'être injectée dans la gaine. Lorsque l'humidificateur n'est pas en fonction pour une période prolongée, une activité microbienne à l'intérieur du réservoir peut être observée.

3.5.3 Humidificateurs à atomisation

Le principe de fonctionnement des humidificateurs à atomisation (figure 3.11) consiste à produire de fines gouttelettes d'eau pour faciliter l'évaporation. La génération de fines gouttelettes d'eau s'accomplit par différents appareils: atomiseur centrifuge, plaques vibrantes ultrasoniques, gicleurs avec ou sans buse ultrasonique.

À l'heure actuelle l'utilisation de ces appareils dans un système central est peu répandue et le principal risque identifié est associé aux risques possibles d'entraînement d'eau. La présence d'un éliminateur d'eau et d'un bassin de récupération dépend du type d'équipement installé. En cas d'accumulation d'eau et de débris dans le bac, l'activité microbienne demeure possible. Dans certains de ces systèmes l'eau est filtrée et conservée dans un réservoir avant d'alimenter l'humidificateur. Si l'eau demeure stagnante trop longtemps des microorganismes peuvent se multiplier.

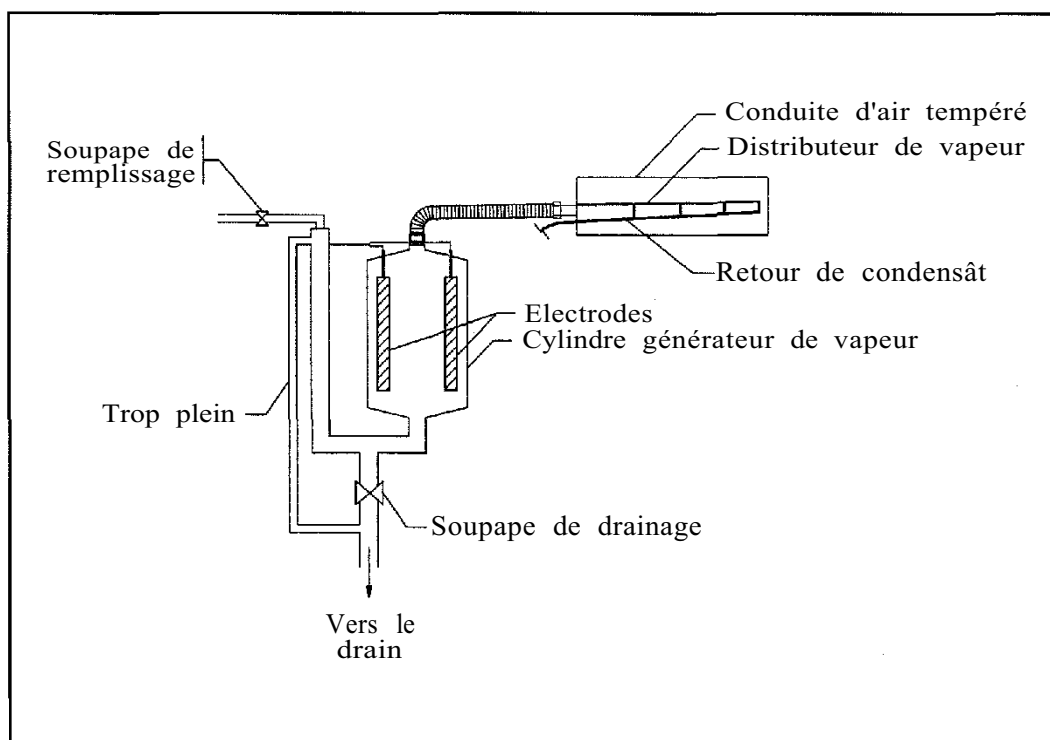


Figure 3.9: Schéma d'humidificateur à injection de vapeur par électrolyse

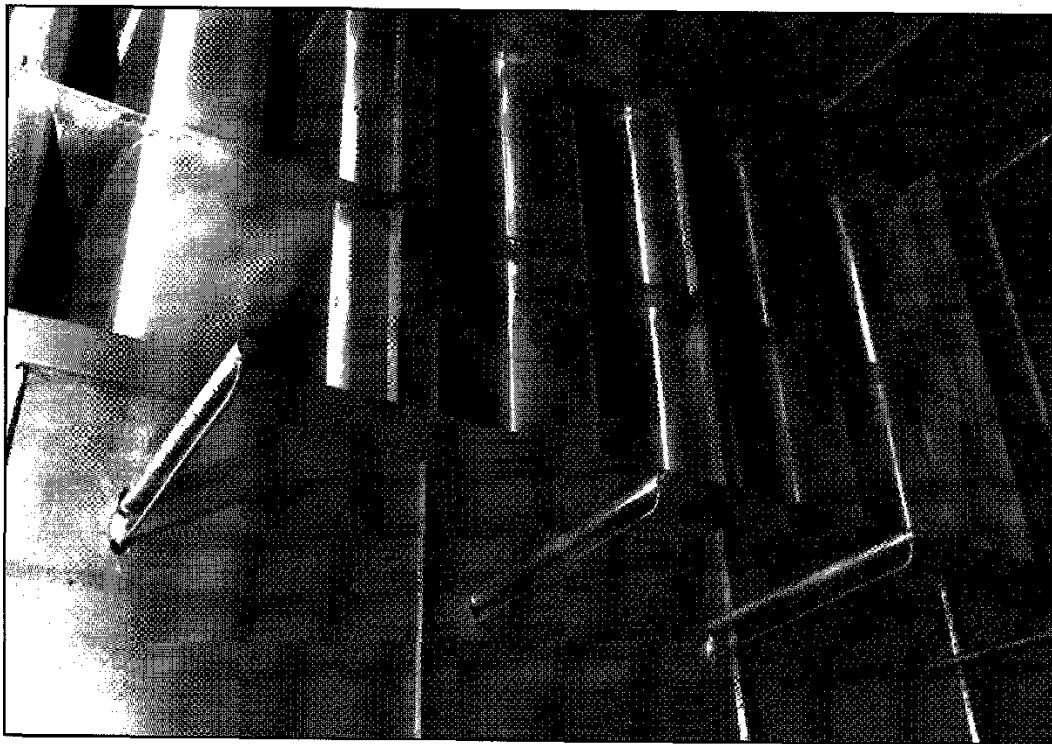


Figure 3.10: Humidificateur à injection de vapeur par électrolyse.

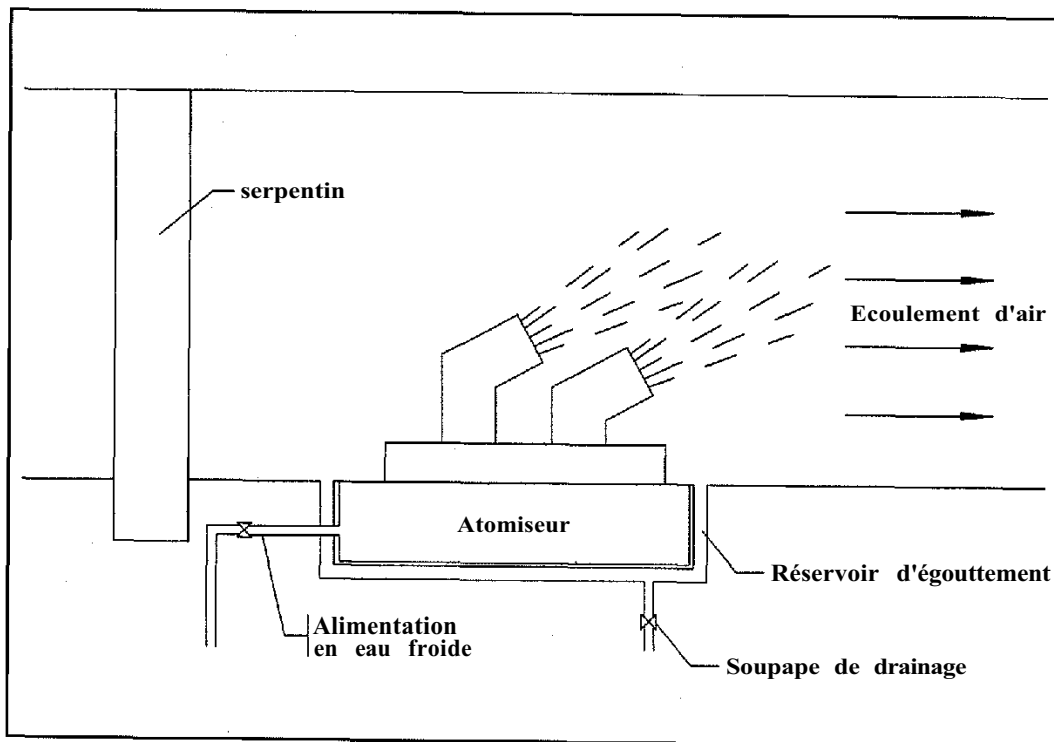


Figure 3.11: Schéma d'humidificateur à atomisation

3.5.4 Humidificateurs à gicleurs

Bien que l'installation d'humidificateurs à gicleurs (figures 3.12 et 3.13) soit en régression, un bon nombre demeure en service et nécessite une attention particulière en raison du potentiel élevé de croissance microbienne.

À la sortie de la chambre de pulvérisation un éliminateur à plaques est installé et arrête les gouttelettes ainsi que les poussières organiques et les débris transportés par l'écoulement d'air. Sous l'action des gicleurs ou en se heurtant aux surfaces humides des plaques, les particules et les gouttelettes sont déposées dans le réservoir et sur les surfaces mouillées de la chambre. Lorsque l'entretien des humidificateurs à gicleurs est déficient (figure 3.14), la croissance de microorganismes sur les surfaces mécaniques mouillées, dans le réservoir et sur les surfaces

poreuses, est fréquente. Sauf exception, ce type d'humidificateur est conçu pour être installé du côté aspiration du ventilateur, ce qui évite les problèmes de fuites d'eau. La section totale des humidificateurs est généralement basée sur une vitesse d'air variant de 1,5 m/sec à 3 m/sec. Si la vitesse est supérieure, des problèmes d'entraînement d'eau peuvent survenir.

En opération l'eau est recirculée continuellement et l'utilisation de biocides pour en contrôler la contamination ne permet pas d'assurer l'élimination complète des microorganismes. De plus, l'émission dans l'air de ces produits chimiques peut engendrer d'autres problèmes, particulièrement si le dosage est mal réglé ou lors de la mise en marche du système après une période d'inactivité. Certains produits de traitement sont utilisés dans ces humidificateurs bien qu'ils soient destinés pour un usage autre.

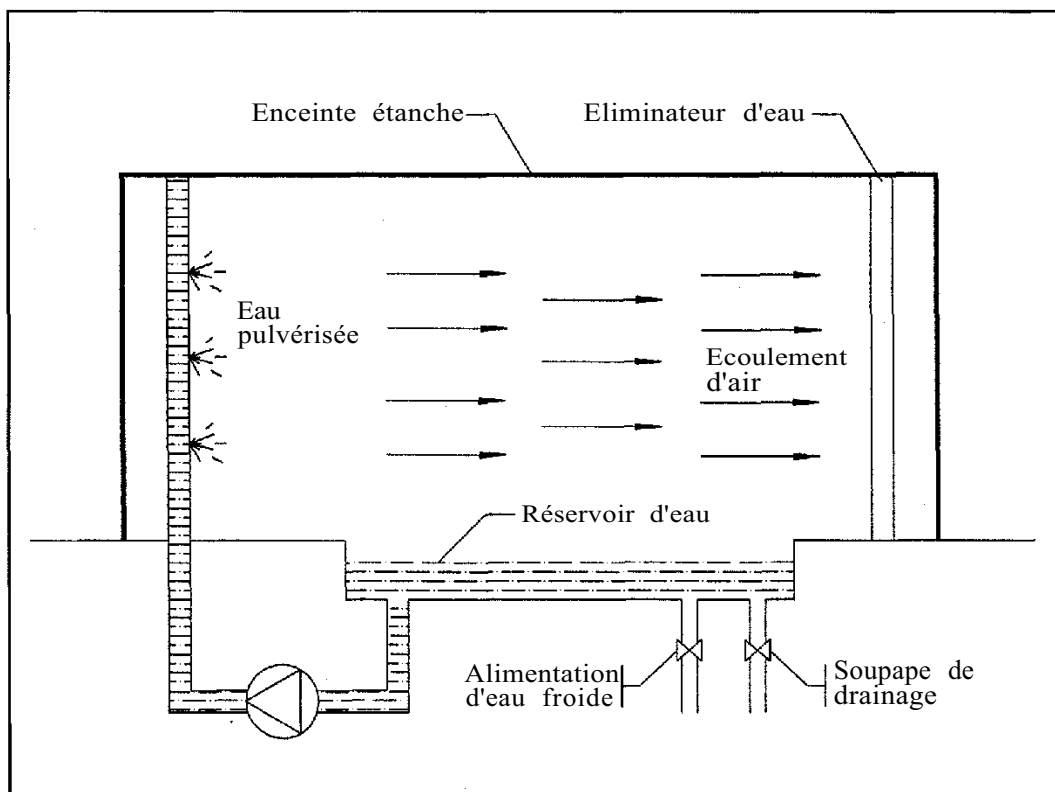


Figure 3.12: Schéma d'humidificateur à gicleurs

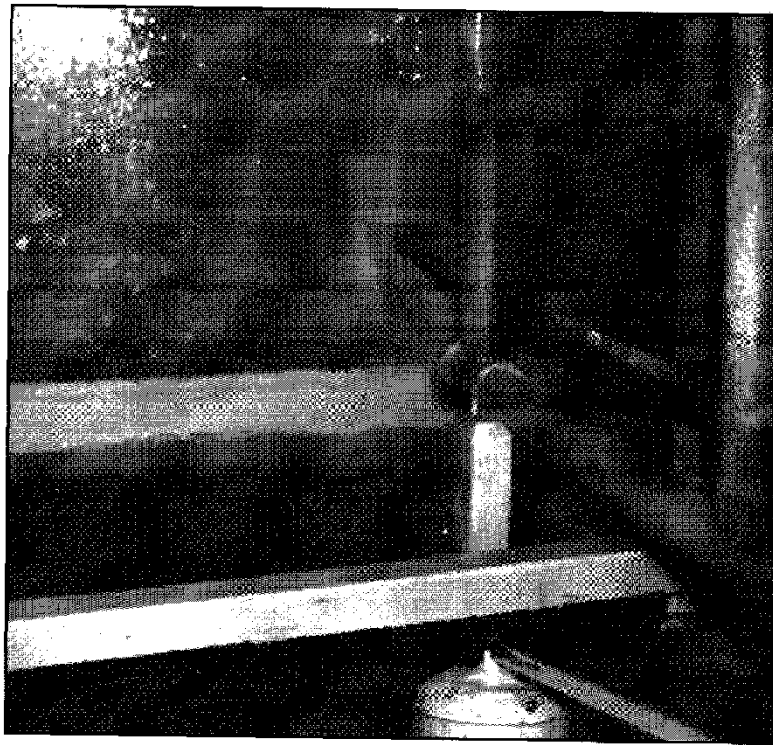


Figure 3.13: *Humidificateur à gicleurs*

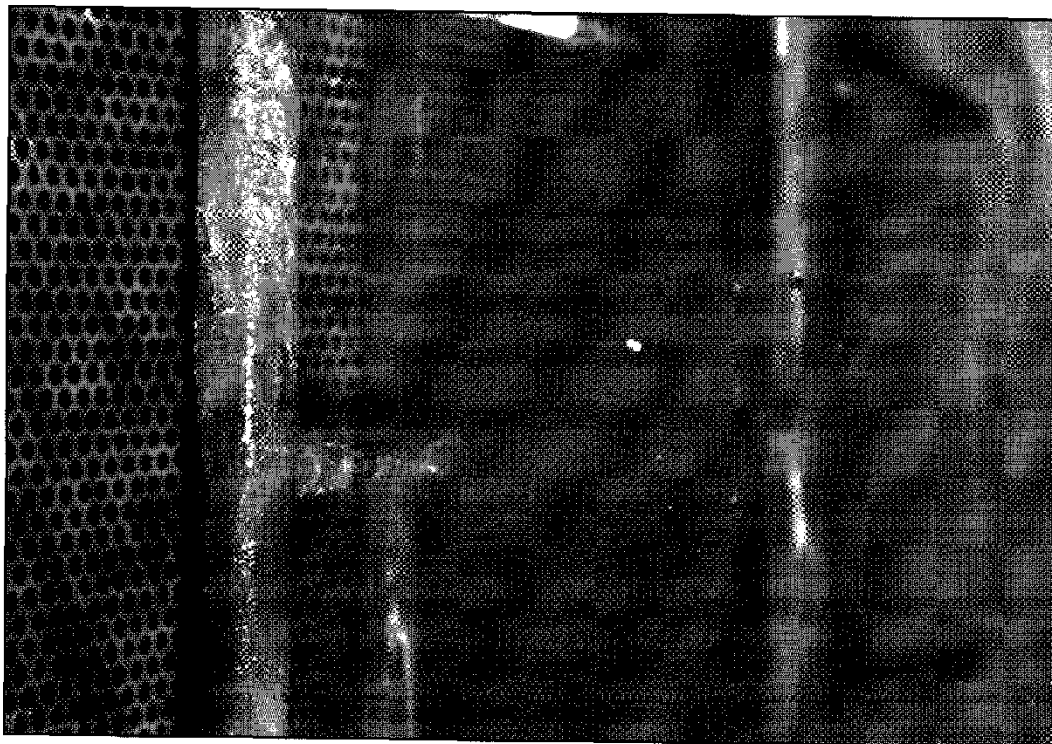


Figure 3.14: *Accumulation de saletés à l'intérieur de l'humidificateur*

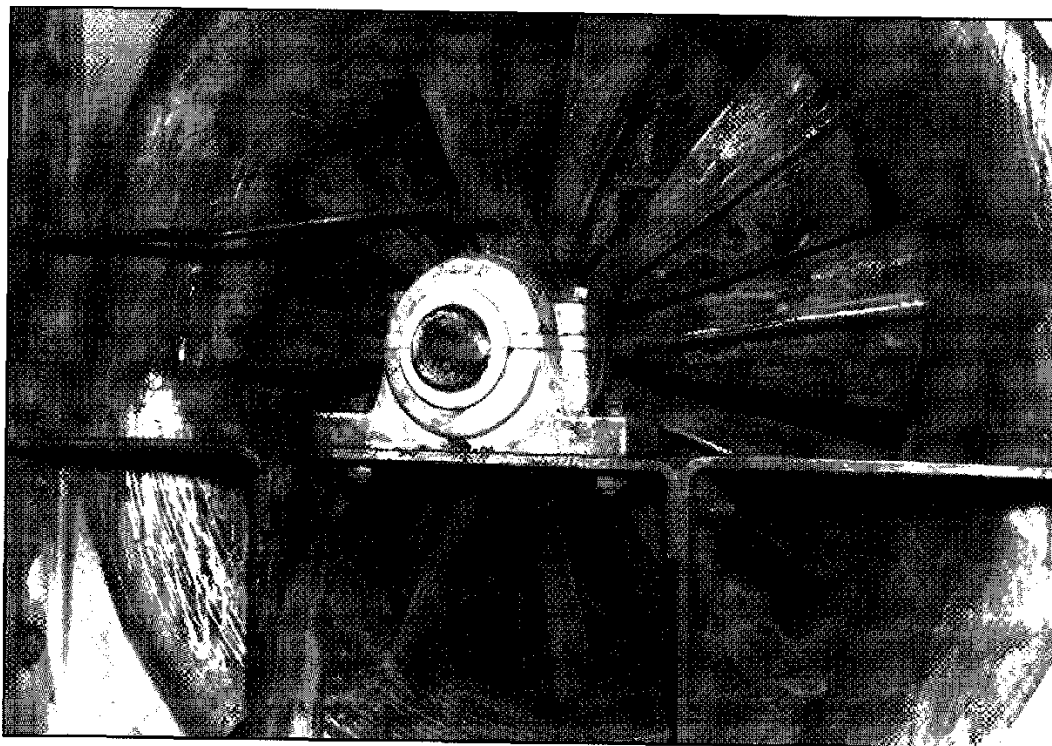


Figure 3.15: Accumulation de saletés au niveau du ventilateur

3.6 Ventilateurs

Ces structures peuvent aussi servir de réservoirs pour les contaminants microbiens en raison de l'accumulation de saletés (figure 3.15).

3.7 Conduits d'alimentation et de reprise d'air

La distribution de l'air jusqu'aux locaux se fait par des conduits métalliques ou en fibres de verre qui peuvent être recouverts d'isolant à l'extérieur pour limiter les pertes caloriques et éviter la condensation ou à l'intérieur à des fins d'isolation thermique et acoustique et également pour éviter la condensation. L'isolant est généralement constitué de matériaux fibreux et se présente sous forme rigide ou d'une consistance souple et poreuse. Selon l'application, un pare-vapeur ou un pare-air peut être installé.

Les conduits ne sont jamais stériles mais ne doivent pas contenir de dépôts de saleté ou de débris. Les conduits métalliques doivent conserver leur apparence métallique. Selon Morey et coll. (1991), les matériaux d'isolation ne démontrent aucune présence de microorganismes lorsque testés pour la croissance de moisissures conformément aux méthodes normalisées C1081 et C665 de l'ASTM (American Society for Testing and Materials). Selon ces tests, les moisissures ne prolifèrent pas sur une isolation en fibre de verre neuve inoculée d'une suspension de moisissures et incubées à une température de 30° C avec un pourcentage d'humidité relative de 95 % pendant 28 jours. Cependant, ces tests ne sont valables que pour des isolations neuves et ne doivent pas être utilisés pour juger si l'isolation installée dans les conduits peut supporter la croissance de moisissures. Il est normal que l'on retrouve une mince pellicule de poussière à l'intérieur des conduits isolés.

Toutefois, une accumulation excessive de poussières de nature organique peut augmenter la capacité d'absorption d'humidité de la laine isolante à un niveau permettant aux microorganismes de proliférer (figure 3.16). Dans les conduits rectangulaires, la poussière est susceptible de s'accumuler particulièrement dans les interstices des joints transversaux.

Lorsque l'espace entre le plafond suspendu et la dalle de structure est utilisé pour la reprise de l'air (plénum de retour), la température des surfaces et des éléments mécaniques (ex.: drain de toit non isolé) peut être suffisamment basse pour faire condenser la vapeur d'eau contenue dans l'air. L'infiltration d'eau par le toit peut également mouiller les matériaux d'isolation thermique, acoustique ou de protection au feu, devenant ainsi des réservoirs amplificateurs de microorganismes.

Comme pour les plénums, le refroidissement des conduits mal isolés lors de l'arrêt des systèmes peut faire condenser l'humidité contenue dans l'air.

3.8 Silencieux

Les silencieux utilisés dans les systèmes CVCA sont généralement de type dissipatif, le bruit étant absorbé par un matériau à base de fibres de laine isolante qui est protégé de l'écoulement d'air par une plaque métallique perforée. L'isolant peut être également recouvert par une pellicule à base de polymères, placée entre l'isolant et la plaque perforée qui le protège des produits chimiques ou de l'encrassement prématuré.

Les silencieux sont sujets à être mouillés s'il y a emportement d'eau issue d'une des composantes située en amont. Tel que mentionné précédemment pour l'isolant des conduits de ventilation, l'accumulation de poussières de nature organique peut constituer un site de croissance pour les microorganismes. On note également que l'activité microbienne peut être amplifiée si l'isolant est protégé par une pellicule à base de polymère, cette dernière constituant une source nutritive pour les moisissures.

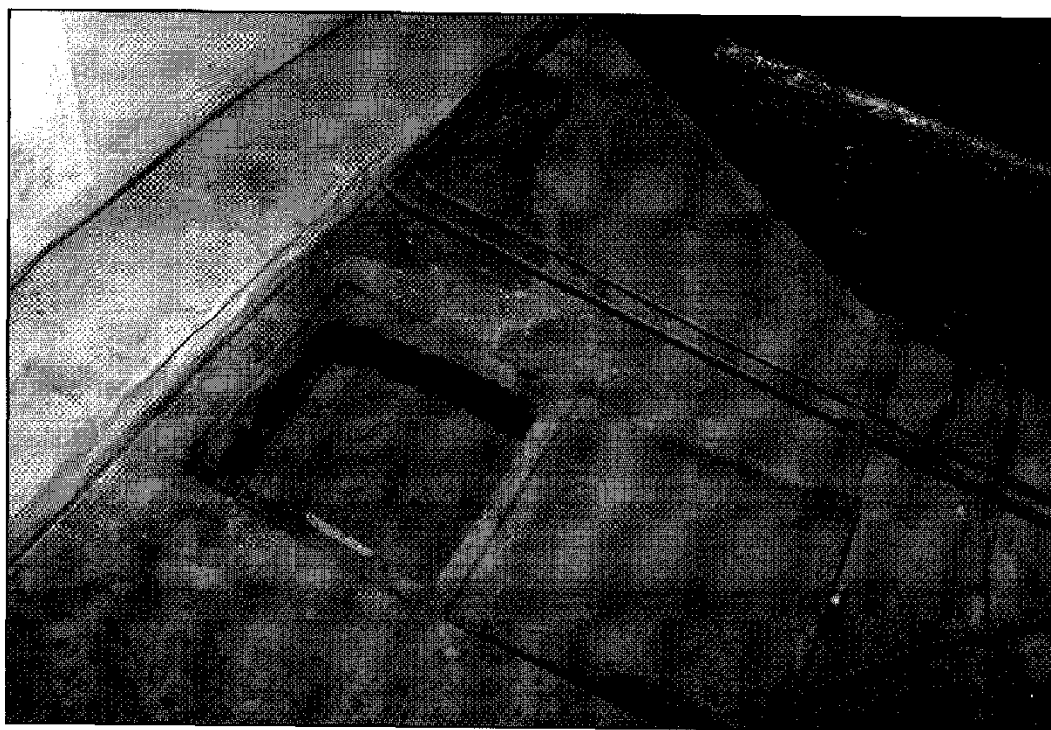


Figure 3.16: *Isolant acoustique contaminé*

3.9 Diffuseurs et unités périphériques

L'air d'alimentation est injecté soit directement par une bouche raccordée au conduit ou est traité dans une boîte terminale ou dans une unité périphérique (ventilo-convecteur, unité d'induction) avant d'être acheminé dans la pièce.

Au niveau des boîtes de réchauffe terminale, la présence de fuite sur la tuyauterie des échangeurs thermiques doit être surveillée.

Les composantes des unités périphériques diffèrent en fonction de leurs applications. Les risques de contamination décrits précédemment pour les serpentins de refroidissement et les matériaux isolants s'appliquent et peuvent être accentués dans la mesure où l'entretien de ces équipements est souvent négligé. De plus, les unités comme les ventilo-convecteurs ou les thermopompes installés dans l'entreplafond peuvent disséminer les bioaérosols dans l'air de reprise. Certaines de ces unités sont alimentées avec de l'eau refroidie dont la température se situe à environ 7° C. Lorsque les tuyaux ne sont pas isolés il y a risque de condensation. L'évacuation continue de l'eau de condensation provenant des serpentins de refroidissement doit être assurée.

3.10 Sources internes

Les locaux occupés et plus particulièrement leurs composantes architecturales et mécaniques peuvent devenir des sources importantes de prolifération microbienne. Sous des conditions favorables, les moisissures sont les microorganismes qui sont les plus susceptibles de se développer. La croissance de moisissures sur les surfaces telles que les murs est possible en présence des éléments suivants: température entre 4° C à 40° C, spores de moisissures, nutriments de base, porosité du milieu et humidité. Les spores sont toujours présentes dans l'air intérieur et extérieur et sont alimentées par des nutriments constitués de particules de saleté que l'on retrouve sur les surfaces. Un tapis peut

contenir jusqu'à un million de microorganismes (bactéries, actinomycètes, champignons, protozoaires, etc.) par mètre carré. L'élimination complète des nutriments étant pratiquement impossible, le contrôle de l'humidité s'avère donc essentiel.

Concrètement, les conditions intérieures suivantes sont susceptibles d'accentuer le développement et l'amplification des moisissures ou autres microorganismes:

- accumulation d'eau sur les tuiles de plafond, les tapis et autres finis poreux;
- maintien d'un taux d'humidité relative supérieur à 70 %, permettant aux matériaux contenant du carbone d'absorber suffisamment d'eau pour supporter la croissance microbienne et dégager des odeurs de moisi (réf. figure 3.17);
- tapis installés au sous-sol sur des planchers de ciment;
- accumulation de poussières dans les tapis, les tentures et la tapisserie, ces matériaux endommagés par l'eau peuvent supporter la croissance microbienne même s'ils sont secs;
- infiltration d'eau dans les murs extérieurs et condensation sur la face cachée des murs;
- accumulation de poussières sur les diffuseurs pouvant servir de substrat pour la croissance microbienne;
- condensation sur les murs et les fenêtres résultant d'un taux d'humidité relative trop élevé;
- condensation sur les murs due à une mauvaise circulation d'air dans une pièce ou à la présence de surfaces froides résultant d'un pont thermique dans l'enveloppe du bâtiment;
- humidificateurs portatifs de type évaporatif ou ultrasonique mal entretenus;
- transmission par les personnes de virus et de bactéries communes comme les *Staphylococcus* et les *Streptococcus*;
- accumulation d'eau dans les réservoirs de condensation des réfrigérateurs permettant la prolifération des thermoactinomycètes.

En plus de proliférer dans la pièce, ces microorganismes peuvent être entraînés dans le système de ventilation et ainsi initier la contamination des diverses composantes du système.

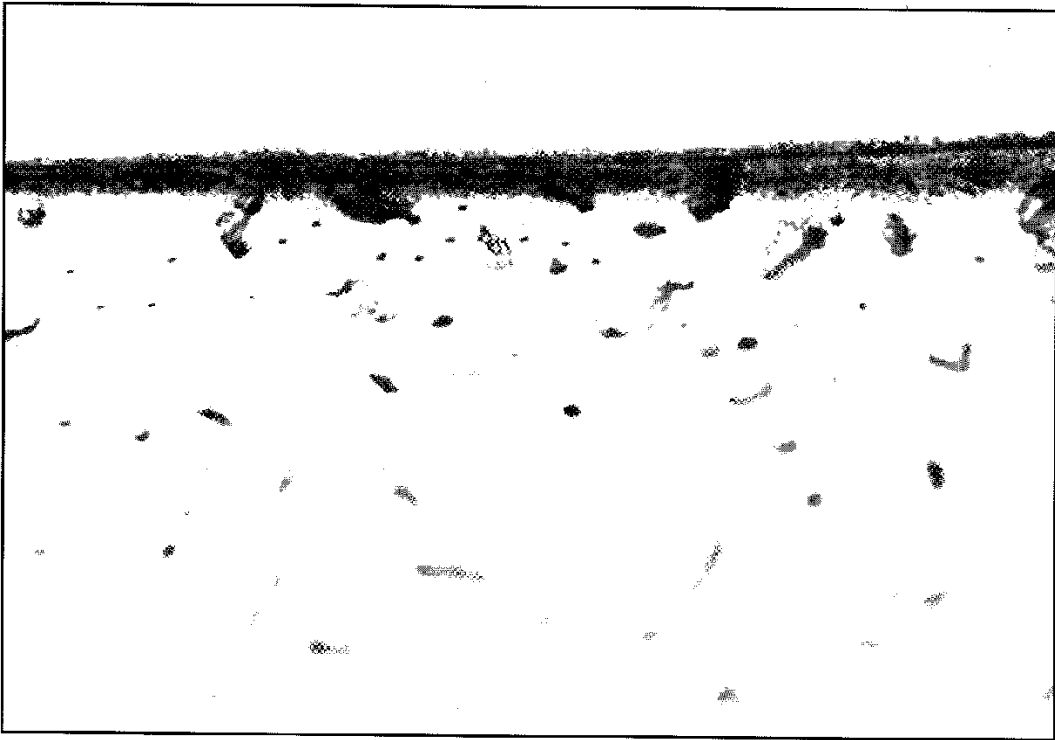


Figure 3.17: *Moisissures apparentes sur une tuile de plafond*

Bibliographie sur la biocontamination des composantes

ACGIH.: Guidelines for the Assessment of Bioaerosols in the Indoor Environment. Cincinnati, Ohio, 1989.

Ager, B.P., Tickner, J.A.: The Control of Microbiological Hazards Associated with Air-Conditioning and Ventilation Systems. Ann. Occup. Hyg. 27(4):341, 1983.

AQME.: Guide pratique d'entretien pour une bonne qualité de l'air intérieur. Association québécoise pour la maîtrise de l'énergie, 1989.

Armstrong Inc.: The Armstrong Humidification Handbook. Bulletin HB-501, U.S.A., 1993.

ASHRAE.: ASHRAE Handbook. HVAC Systems and Equipment. SI Edition, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, GA, 1992.

ASHRAE.: ASHRAE Standard 62-1989. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA, 1989.

ASHRAE: Technical Data Bulletin Control of Humidity in Buildings. American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, GA, 1992.

Dauphin R.: L'humidification et les problèmes de qualité de l'eau qui y sont associés. La maîtrise de l'énergie 6(3): 10, 1991.

EPA-NIOSH.: Building Air Quality. A Guide for Building Owners and Facility Managers. Environmental Protection Agency and National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication #91-114, Washington, DC, 1991.

Kundsin, R.B.: Architectural Design and Indoor Microbial Pollution. Oxford University Press, New-York, 317 p., 1988.

McQuiston, F.C., Parker, J.D.: Heating, Ventilation, and Air Conditioning. John Wiley & Sons, Third Edition, 746 p., 1988.

Melson, G.: When Drain Pans Don't Drain. Environment 2(4):2, 1993.

Morey, P.: Controlling Microbial Contamination to Prevent Building-Related illness and Remediation Costs. Clayton Environmental Consultants, Newsletter, 15(2): 1, 1993.

Morey, P. R., Hodgson, M. J., Sorenson, W. G., Kullman, G.J., Rhodes, W.W., Visvesvara, G.S.: Environmental Studies in Moldy Office Buildings. Rapport NIOSH SF- 86-09, No. 3, pp. 399-408, 1986.

NAIMA.: Cleaning Fibrous Glass Insulated Air Duct Systems. Recommended Practice. North American Insulation Manufacturers Association, Alexandria, VA, 40 p., 1993.

Nortec.: Bulletins techniques. U. S. A., 1990

Ottney, T.C.: Particle Management for HVAC Systems. ASHRAE Journal, July 1993.

Pickering, C.A.C., Jones, W.P.: Health and Hygienic Humidification. The Building Services Research and Information Association, Berkshire, 1986.

Stewart, L.J.: Micro-organisms in Building Services. The Building Services Research and Information Association, Berkshire, 1988.

Trane: Manuel de Climatisation. The Trane Company La Crosse, Wisconsin, 450 p., 8^e édition, 1992.

4. INSPECTION VISUELLE ET PRÉLÈVEMENT

Le dépistage des composantes à risque s'effectue par une inspection périodique planifiée en fonction des conditions d'opération du système et du potentiel de récurrence de la prolifération microbienne. La périodicité de cette inspection doit être établie en fonction des conditions existantes. Cette démarche doit être complétée, selon la nature des observations, par des prélèvements qui seront par la suite analysés en laboratoire.

L'application de mesures préventives permettra d'éliminer ou de limiter les conditions favorables au développement et à la prolifération des microorganismes. L'implantation d'un programme d'entretien préventif ou l'adaptation d'un programme existant assurera, par ses activités de nettoyage et de réglage, de maintenir les composantes salubres et dans un état de fonctionnement optimal.

4.1 Inspection visuelle

L'inspection visuelle d'un édifice et de son système CVCA peut permettre de déceler la présence de réservoirs propices à la croissance de microorganismes. Cette inspection visuelle permet également de vérifier l'efficacité du nettoyage des systèmes de ventilation. À titre indicatif, les différents endroits d'un édifice qui peuvent devenir des endroits propices à la croissance des microorganismes décrits au chapitre trois (3) sont rapportés dans la liste d'inspection retrouvée au tableau 4.1. Cette liste d'inspection pourra par la suite être adaptée en fonction des différents systèmes et des besoins des utilisateurs.

Lorsque l'accès aux conduits est difficile à cause du manque d'ouverture par exemple, l'utilisation d'un endoscope rigide est très avantageuse (figure 4.1). Cet appareil, semblable à une lunette de sous-marin, permet, grâce à une source lumineuse halogène, d'inspecter l'intérieur des conduits en y faisant un trou d'une dizaine de



Figure 4.1 : Endoscope rigide (borescope)



Tableau 4.1: Liste d'inspection

Responsable: _____

Date: _____

COMPOSANTE	CONDITION 1 à 4	ACCESSI- BILITÉ	ACTIONS À ENTREPRENDRE
Air extérieur			
Prises d'air extérieur			
Filtres			
Serpentins de chauffage			
Serpentins de refroidissement			
Serpentins de déshumidification			
Plénums de mélange			
Humidificateurs			
Bassins et drains d'eau de condensation			
Ventilateurs			
Silencieux			
Récupérateurs de chaleur			
Conduits d'alimentation			
Conduits de reprise			
Boîtes de détente			
Diffuseurs			
Grilles de reprise			
Environnement intérieur			
Salle de mécanique			
Unités périphériques			
Autre (1)			
Autre (2)			

Niveau de salubrité: 1 = Très propre 2 = Film mince de poussière 3 = Sale 4 = Réduction du débit

Signature: _____

millimètres. Un bouchon est ensuite placé sur le trou. Dans d'autres cas, l'utilisation d'un robot télécommandé permet aussi de visualiser à distance la propreté des conduits.

De plus, la vérification des filtres doit être faite périodiquement. Les filtres endommagés doivent être remplacés sans délai, notamment les filtres à imprégnation visqueuse dont l'efficacité diminue lorsqu'il n'y a plus de substance sur la couche filtrante.

Une inspection minutieuse des filtres à poches (figures 4.2 et 4.3) à surface déployée est nécessaire pour détecter les signes de détérioration pouvant résulter de la turbulence de l'air, du frottement entre les filtres ou sur d'autres composantes à proximité. Pour les filtres à panneaux (figure 4.4), on doit vérifier le côté sur lequel le filtre a été installé. L'indication est faite à l'aide d'une flèche ou par coloration d'une des deux faces.

Les filtres des systèmes de ventilation doivent être remplacés à des intervalles réguliers. Quand

un filtre est propre, son efficacité de filtration est plus faible. Au fur et à mesure que le filtre s'encrasse, son efficacité de filtration augmente et la quantité d'air qui passe à travers décroît. Il est suggéré de changer les filtres quand la perte de pression statique a atteint celle recommandée par le manufacturier, ce qui représente une valeur variant de deux à trois fois la résistance initiale. En consignnant dans un registre les relevés périodiques de la pression statique, ceci permet d'évaluer approximativement la date de remplacement des filtres et de s'assurer du bon fonctionnement des indicateurs de pression (manomètre).

Dans les systèmes de type VAV, on doit s'assurer que le système fonctionne à pleine capacité lors des lectures manométriques. Le remplacement des filtres au début des saisons estivale et hivernale est suggéré puisque pendant ces périodes un pourcentage élevé de l'air est recirculé. Au moment du remplacement des filtres, il est recommandé d'arrêter le système de ventilation afin d'éviter que des particules soient entraînées. De plus, il est suggéré de nettoyer l'emplacement avant d'installer les filtres propres.



Figure 4.2: *Détérioration de filtres à sacs par frottement*

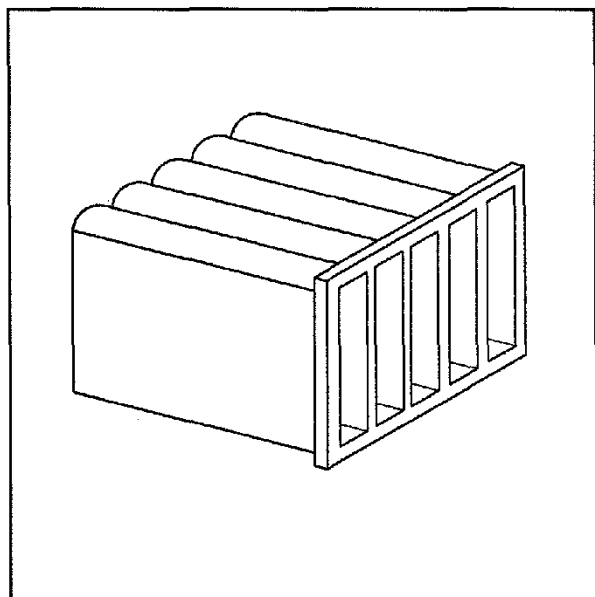


Figure 4.3: *Sac filtrant*

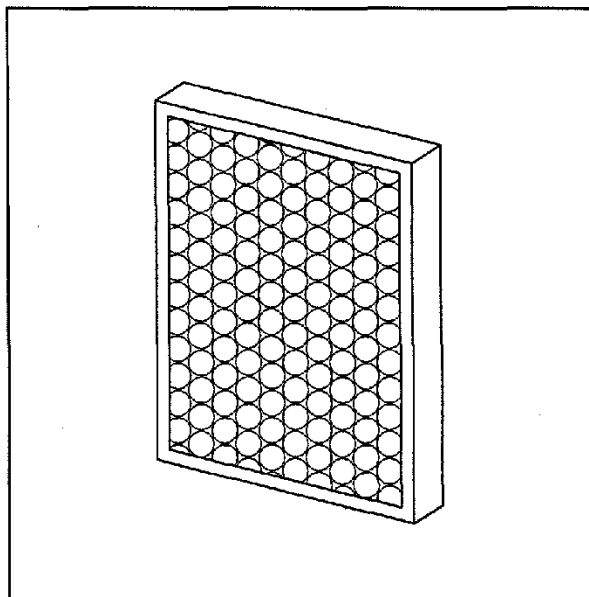


Figure 4.4: *Panneau filtrant*

4.2 Le prélèvement des microorganismes

Après avoir fait l'inspection visuelle d'un édifice et de ses systèmes de ventilation, une ou plusieurs sources de prolifération microbienne peuvent avoir été identifiées. La présence d'une source potentielle de contamination devrait être suffisante pour procéder tout de suite à l'élimination du problème. En effet, selon Burge (1990), il est plus rentable d'admettre l'existence d'un problème relié aux bioaérosols et de recommander des mesures de contrôle approuvées que d'attendre des confirmations par le prélèvement d'échantillons d'air.

Dans le cas où un échantillonnage est requis, la méthode normalisée, donnée dans le guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu de travail de l'IRSST, utilise l'impacteur de marque Andersen ou sa version modifiée N-6 (figure 4.5). Cet impacteur permet de déterminer la granulométrie des particules. La version N-6 est constituée d'un seul étage d'impaction et permet une identification générale des microorganismes retrouvés dans l'air au moment

et au lieu du prélèvement. Son efficacité de prélèvement est comparable à celle de l'impacteur complet Andersen à six étages.

La technique à suivre, les précautions à prendre lors de l'échantillonnage ainsi que les méthodes de dénombrement et d'identification sont aussi données dans le guide de l'IRSST. En résumé, comme il est décrit dans la figure 4.5, il s'agit de prélever une quantité d'air connue à l'intérieur d'un impacteur. Les microorganismes sont ainsi recueillis sur un milieu de culture approprié situé à l'intérieur de l'impacteur. Ensuite, les milieux sont incubés, à une température optimale de croissance et pour une période donnée, au laboratoire pour permettre aux colonies de se développer. Après la période d'incubation, les microorganismes sont dénombrés et identifiés selon les méthodes habituellement utilisées en microbiologie. Le dénombrement sert à calculer le nombre d'unités formatrices de colonies par mètre cube d'air (UFC/m³).

Il existe d'autres méthodes d'échantillonnage pour prélever les bioaérosols. Le tableau 4.2 donne un résumé des principes et applications de ces échantillonneurs.

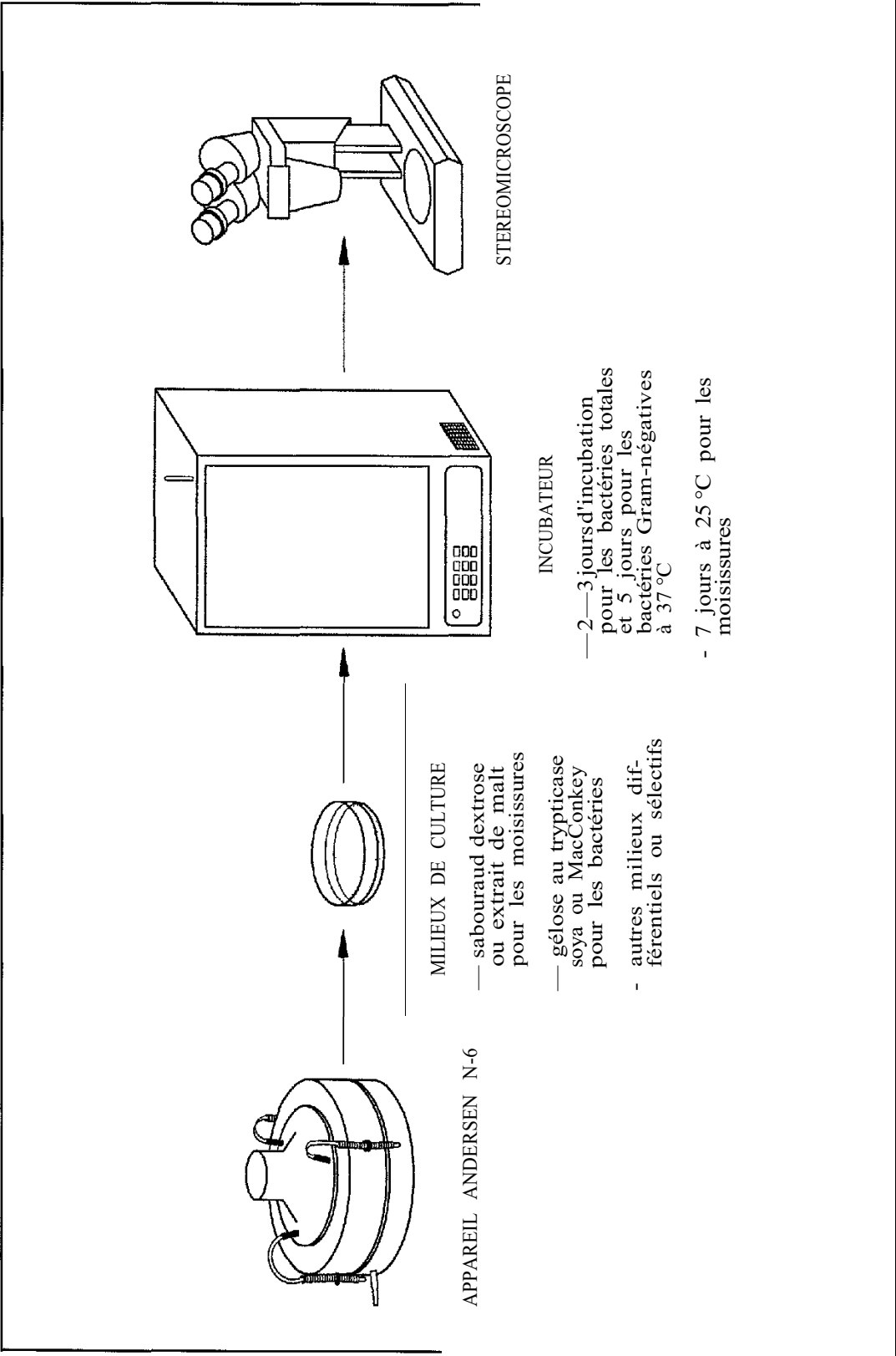


Figure 4.5: Méthode de prélèvement et d'analyse utilisée à l'IRSST

Tableau 4.2 : Échantillonneurs utilisés dans le prélèvement des bioaérosols (Chatigny et coll, (1989))

ÉCHANTILLONNEUR	PRINCIPE	APPLICATION
1. Impacteurs a) Andersen à 1 étage (N-6) b) Andersen à 6 étages c) Impacteur personnel cascade d) Impacteur portatif (SAS)	Impaction sur une gélose nutritive Impaction sur des géloses nutritives Impaction sur des filtres ou surfaces spéciales Impaction sur une gélose Rodac	Bactéries, moisissures et virus dans des concentrations moyennes à faibles. Prélève le nombre d'unités viables. Mêmes applications que 1 a). Donne la granulométrie des particules. Disponible en 8 étages. Utile seulement dans des environnements hautement contaminés. Portatif. Utile dans les évaluations préliminaires. Le débit est difficile à mesurer.
2. Échantillonneur centrifuge	Impaction sur une gélose	Portatif et utile dans les évaluations préliminaires. Le débit est difficile à mesurer. Sous-évalue les particules plus petites que 3 µm.
3. Échantillonneur à fente	Impaction sur une gélose placée sur une surface rotative	Donne des informations sur les bioaérosols en fonction du temps.
4. Filtres	Filtration	Pertes possibles de microorganismes à cause de l'assèchement des filtres. Utile pour les prélèvements personnels. Peu dispendieux et portatifs.
	Filtration	
5. Barboteurs	Impaction dans un liquide	Idem à 1 a). Excellent pour des environnements hautement contaminés.
a) Barboteur en verre AGI-30	Impaction dans un liquide	Mêmes applications que 5 a). L'impaction est plus vigoureuse.
b) Barboteur en verre AGI-4	Même principe que 5 a)	Mêmes applications que 5 a).
c) Barboteur personnel	Même principe que 5 a)	Mêmes applications que 5 a).
d) Barboteur à plusieurs étages	Dépôt par gravité	Biaisé dans le prélèvement des grosses particules.
6. Sédimentation	Dépôt par gravité	Méthode pour identifier les aéroallergènes (ex. acariens).
7. Surface adhésive	Dépôt par gravité	Efficacité de 45-90% du AGI-30 ou de l'impacteur Andersen.
8. Échantillonneur à large volume	Forces électrostatiques	Prélèvement des spores de moisissures à l'extérieur.
9. Trappe à spores	Impaction et dépôt	

4.3 Valeurs guides

Il n'existe aucune norme au Québec et aux États-Unis concernant les expositions aux agents biologiques. Le document des « Threshold Limit Values » (TLV) de l'ACGIH, 1994-1995, stipule que jusqu'à ce jour les données épidémiologiques sont insuffisantes pour décrire exactement la relation dose-effet. Le comité sur les bioaérosols de l'ACGIH affirme que la qualité de l'air est acceptable au niveau microbien quand les espèces des populations intérieures (il est entendu que l'air intérieur comprend les composantes des systèmes de ventilation et l'air ambiant de travail) et extérieures sont les mêmes et quand les concentrations intérieures sont à tout le moins inférieures ou égales à celles de l'extérieur. Cette affirmation implique que l'air extérieur, au niveau de la prise d'air frais des systèmes de ventilation, si cette dernière est située à distance raisonnable d'un foyer de contamination, doit être pris comme contrôle dans toutes les évaluations, surtout en ce qui concerne la flore fongique.

Selon l'Association nationale américaine des nettoyeurs de conduits d'air (NADCA), l'inspection visuelle est la méthode première pour vérifier la propreté à l'intérieur d'un système de ventilation. Si de la saleté visible demeure après le nettoyage des systèmes, la propreté est jugée inacceptable. En complément, il existe une autre méthode pour déterminer la propreté des systèmes en cas de doute. Il s'agit d'une méthode d'aspiration des poussières donnée dans le document de NADCA. Il est recommandé dans cette méthode que la densité de poussières à la surface intérieure d'un conduit après nettoyage ne dépasse pas 1 mg/100 cm².

Bibliographie sur l'inspection visuelle et le prélèvement

ACGIH.: Guidelines for the Assessment of Bioaerosols in the Indoor Environment. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, Ohio, 1989.

ACGIH.: Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. 1994-1995. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, Ohio, 1994.

ASHRAE.: ANSI/ASHRAE Standard 52.1-1992. Gravimetric and Dust-Spot Procedures for Testing Air-Cleaning Devices Used in General Ventilation for Removing Particulate Matter. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, Georgia, 1992.

Botton, B., Breton, A., Fevre, M., Guy, Ph., Larpent, J.P., Veau, P.: Biotechnologies, moisissures utiles et nuisibles. Importance industrielle. Éditions Masson, 2^e édition, Paris, 364 p., 1990.

Burge, H.A.: Approaches to the Control of Indoor Microbial Contaminants. Proceedings of the ASHRAE Conference, Arlington, Virginia, pp. 33-37, 1987.

Burge, H.: Bioaerosols: Prevalence and Health Effects in the Indoor Environment. J. Allergy Clin. Immunol., 86(5):687, 1990.

Chatigny, M.A., Mâcher, J.M., Burge, H.A., Solomon, W.R.: Sampling Airborne Microorganisms and Aeroallergens. Dans: Air Sampling Instruments for Evaluation of Atmospheric Contaminants. 7^e éd., American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, Ohio, 1989.

Collins, C.H., Lyle, P.M., Grange, J.M.: Microbiological Methods. 6th éd., Butterworths, London, England, 409 p., 1989.

Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec.: Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu de travail. Méthode de laboratoires IRSST, 73 p., 1992.

Institute of medicine of the US National Academy of Sciences.: Indoor Allergens: Assessing and Controlling Adverse Health Effects. National Academy Press, Washington, DC, 308 p., 1993.

Jones, W.G., Moring, K., Morey, P.R., Sorenson, W.G.: Evaluation of the Andersen Viable Impactor for Single Stage Sampling. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 46(5):294, 1985.

Kukkonen, E., Skaret, E., Sundell, J., Valbjorn, O.: Indoor Climate Problems. Investigation and Remedial Measures. Nordtest Report # 204, Espoo, Finland, 96 p., 1993.

Kundsin, R. B.: Architectural Design and Indoor Microbial Pollution. Oxford University press, New-York, 317 p., 1988.

Larone, D.H.: Medically Important Fungi. A Guide to Identification. Elsevier Eds, 2nd éd., New-York, 230 p., 1987.

Lavoie, J.: L'échantillonnage des microorganismes dans le milieu de travail. Direction des laboratoires, IRSST, 1988.

MacFaddin, J.F.: Biochemical Tests for Identification of Medical Bacteria. 2nd éd., Williams and Wilkins, New-York, 527 p., 1980.

Mendell, M.J., Smith, A.J.: Consistent Pattern of Elevated Symptoms in Air-conditioned Office Buildings: A Reanalysis of Epidemiologic Studies. Am. Journ. Public Health (80)10:1193, 1990.

Morey, P.R.: Case Presentations: Problems caused by Moisture in Occupied Spaces of Office Buildings. Ann. Am. Conf. Govt. Ind. Hyg. 10:121, 1984.

Morey, P. R., Hodgson, M. J., Sorenson, W. G., Kullman, G.J., Rhodes, W.W., Visvesvara, G.S.: Environmental Studies in Moldy Office Buildings. Rapport NIOSH SF- 86-09, No.3, pp. 399-408, 1986.

Morey, P. R., Clerc, J. L., Jones, W. G., Sorenson, W.G.: Studies on Sources of Airborne Microorganisms and on Indoor Air Quality in a Large Office Building. Proceedings IAQ'86, pp. 500-509, ASHRAE, Atlanta, 1986.

Morey, P.R., Williams, C.W.: Is Porous Insulation Inside an HVAC System Compatible with a Healthy Building? American Society for Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, IAQ 91, Healthy Buildings, sept. 4-8, 1991.

Morey, P.R.: Controlling Microbial Contamination to Prevent Building-Related Illness and Remediation Costs. Clayton Environmental Consultants, Newsletter, 15(2): 1, 1993.

NADCA.: Mechanical Cleaning of Non-Porous Air Conveyance System Components. National Air Duct Cleaners Association 1992-01, Washington, DC, 1992.

Ottney, T.C.: Particulate Management for HVAC Systems. ASHRAE Journal, July 1993.

Wagner, A.: Floor Coverings and IAQ: Health Impacts. Prevention. Mitigation and Litigation. Indoor Air Quality Update, Cutter Information Corp. eds., Arlington, MA, 78 p., 1991.

Washington, J.A.: Laboratory Procedures in Clinical Microbiology. 2nd éd., Spring and Verlag, New-York, 885 p., 1985.

5. PROCEDURES D'ENTRETIEN ET DE CONTRÔLE

La décontamination est une opération qui vise à éliminer les effets d'une contamination de nature chimique, biologique ou radioactive sur ou dans des objets. Au niveau biologique, la décontamination est une opération qui permet d'éliminer, de tuer ou d'inhiber la croissance des microorganismes indésirables. Le résultat est momentané et se limite aux microorganismes présents lors de l'opération.

Les actions entreprises pour contrôler la transmission des microorganismes aux zones occupées doivent inclure la suppression des sources d'eau et de carbone. Puisque toutes les substances organiques sont sources de carbone, l'enlèvement des sources d'eau demeure la solution la plus efficace.

Les recommandations du comité sur les bioaérosols de l'ACGIH sont:

- 1) Éliminer les sources d'eau.
- 2) Supprimer les foyers de croissance microbienne.
- 3) Avoir un programme d'entretien efficace.

Les infiltrations d'eau doivent être éliminées de même que la présence d'eau stagnante dans les composantes des systèmes de ventilation, incluant l'environnement extérieur. Selon l'ACGIH (1989), les matériaux poreux endommagés par l'eau (meubles, tuiles, tapis, etc.) doivent être remplacés pour éliminer d'une façon efficace la prolifération microbienne. Entre autres, une étude réalisée par Dybendel et coll. (1990) a démontré que 15 détergents différents appliqués sur des tapis contaminés, même à des concentrations plus élevées que celles recommandées, n'ont eu aucun effet destructif sur l'activité d'antigènes et d'allergènes testés.

5.1 Méthodes de nettoyage

5.1.1 Les désinfectants

Nettoyer avec un désinfectant toutes les surfaces non poreuses contaminées, c.-à-d. bassins de drainage, serpentins de chauffage ou de refroidissement, ventilateurs, composantes des humidificateurs, etc. Il existe plusieurs désinfectants liquides (biocides) sur le marché. Ils peuvent être regroupés en halogènes (hypochlorites et composés iodés), peroxyde d'hydrogène, composés d'ammonium quaternaire, phénols, glutaraldéhyde, alcools et formaldéhyde. Les caractéristiques particulières de ces biocides sont les suivantes:

Les halogènes. Les hypochlorites de sodium sont des désinfectants universels, actifs contre tous les microorganismes, incluant les spores bactériennes. L'eau de javel commerciale, en solution aqueuse de 1-5%, est le désinfectant recommandé par l'ACGIH (1989) pour l'entretien des systèmes de ventilation. C'est un agent oxydant puissant, corrosif contre le métal. L'hypochlorite de sodium est le désinfectant recommandé pour usage général en laboratoire. Les hypochlorites tuent les microorganismes par inactivation enzymatique et interrompent le processus de germination des spores. On ne doit jamais mélanger cette solution avec des acides ou des bases concentrées pour prévenir tout échappement brusque de chlore. Les caractéristiques du chlore et de l'iode sont similaires. La solution Wescodyne est l'un des groupes iodés les plus utilisés en laboratoire.

Le peroxyde d'hydrogène. Le peroxyde d'hydrogène possède lui aussi des propriétés désinfectantes. À des concentrations de 3-6%, il est recommandé pour la désinfection de matériaux divers. Il est à noter qu'à 25% le peroxyde d'hydrogène est très toxique.

Les composés d'ammonium quaternaire. Même après 40 ans d'essais, il y a encore une grande controverse concernant l'efficacité de ces composés comme désinfectants. Ils ont l'avantage d'être inodores, non corrosifs, stables, économiques et relativement non toxiques. Le chlorure de Benzalkonium est un représentant de cette famille. Ces produits sont plus efficaces contre les bactéries Gram-positives. Depuis que certaines bactéries Gram-négatives comme les *Pseudomonas* sp. peuvent croître dans le chlorure de benzalkonium et causer des infections, son utilisation est mise en doute.

Les phénols. Les homologues du phénol et les composés phénoliques sont la base de plusieurs désinfectants populaires. À cause de la présence d'autres désinfectants plus sécuritaires et plus puissants, leur utilisation a diminué depuis quelques années.

Le glutaraldéhyde. Le glutaraldéhyde 2 % est classé par l'Environmental Protection Agency (EPA) comme un désinfectant et sporicide de haut niveau. Le glutaraldéhyde est communément utilisé dans les hôpitaux et peut être utilisé de façon sécuritaire lorsque les instructions sont suivies. Cependant le glutaraldéhyde est coûteux et son temps d'action pour tuer les microorganismes est long, ce qui le confine à un usage restreint.

Les alcools. Les alcools sont utilisés comme biocides depuis plusieurs années et continuent de l'être de nos jours. Les alcools aliphatiques les plus simples comme l'éthanol, le propanol et l'isopropanol possèdent des propriétés bactéricides excellentes. Les alcools peuvent tuer les bactéries et les virus mais ils ne sont pas efficaces contre les spores. Ils ne tachent pas et sont non corrosifs. L'alcool (isopropanol), à des concentrations de 70 % par poids, reste le plus efficace.

Le formaldéhyde. Le formaldéhyde peut, dans certains cas, être utilisé comme désinfectant. Rencontré à des concentrations de 37 % par poids de gaz dans de l'eau, avec 10-15 % de méthanol ajouté pour prévenir la polymérisation spontanée, il est connu alors sous le nom de formaline. L'odeur très irritante du formaldéhyde requiert des précautions. De plus, il est un irritant toxique et un cancérigène potentiel; il ne doit pas être utilisé dans les zones occupées.

Malheureusement, les désinfectants les plus actifs possèdent souvent des caractéristiques indésirables comme des propriétés corrosives ou irritantes pour les humains. Les personnes attitrées au nettoyage doivent utiliser les équipements de protection individuelle (bottes et gants de caoutchouc, masque respiratoire contre les vapeurs organiques et gaz acides, muni de filtres HEPA, lunettes de sécurité à coques, douches oculaires portatives, etc.). Des précautions particulières doivent être prises pour s'assurer que les désinfectants ou nettoyeurs utilisés sont enlevés, c.-à-d., rincés et séchés avant le démarrage des systèmes de ventilation. Un désinfectant idéal doit être simple à utiliser et avoir de la documentation sur son efficacité et ses effets sur la santé. Il ne doit pas avoir d'effets néfastes sur les matériaux. Il ne doit pas être toxique, irritant, allergisant, cancérigène ou causer des anomalies congénitales. Il ne doit pas avoir d'odeur, il doit agir rapidement à des concentrations faibles en présence de débris et de saletés. Jusqu'à ce jour, il n'existe pas de désinfectants qui peuvent satisfaire à ces exigences. Le tableau 5.1 tiré du document de l'ACGIH (1989) résume les caractéristiques de ces désinfectants.

Ce tableau démontre qu'il n'existe que quelques désinfectants, comme les aldéhydes et les halogènes, qui peuvent inhiber les spores bactériennes et fongiques et souvent plus d'une heure de contact est requise. Selon l'ACGIH (1989), l'agence américaine EPA (Environmental Protection agency) n'a approuvé aucun biocide pour être utilisé dans les humidificateurs, démontrant clairement que leur dissémination dans les aires occupées ne doit être permise.

Tableau 5.1: Caractéristiques de quelques biocides communs (ACGIH (1989))

BIOCIDÉ	ACTIVITÉ SPORICIDE	MÉCANISME	EFFETS SUR LA SANTÉ
Hypochlorites	Oui	Inactivation enzymatique	Irritant, corrosif
Peroxyde d'Hydrogène	?	Radicaux Hydroxyl libres	Irritant
Composés d'ammonium quaternaire	?	Augmente la perméabilité membranaire des cellules	Irritant toxique
Alcools (ethanol, propanol et isopropanol)	Non	Dénature les protéines	Aucun rapporté
Phénols	Non	Dénature les protéines	Irritant toxique, corrosif
Glutaraldéhyde	Oui	Effet sur les protéines	Irritant toxique
Composés iodés	Oui	Oxydation des protéines	Effets sur la peau, irritant des membranes muqueuses
Formaldéhyde	?	Effet sur l'ADN et sur les protéines cellulaires	Irritant toxique, peut être cancérigène

5.1.2 L'aspiration des saletés

Au niveau de l'aspiration des saletés, il faut pratiquer des ouvertures ou portes d'accès de façon à ne pas altérer les débits. La North American Insulation Manufacturers Association (NAIMA) a produit des recommandations à cet égard.

Lors de l'aspiration, si les équipements recirculent l'air dans la pièce, les aspirateurs doivent être équipés de filtres HEPA (High-efficiency Particulate Air-filters) ayant une efficacité de collection de 99,97 % selon le test militaire 282 du département de la défense américaine (DOP

(dioctylphthalate) de 0,3 micron). Si les équipements d'aspiration sont situés à l'extérieur, s'assurer que les émissions ne peuvent être réintroduites dans l'édifice. Il existe plusieurs méthodes pour nettoyer les conduits, isolés ou pas. Les trois principales sont:

- aspiration par contact;
- lavage à l'air;
- brossage mécanique.

Aspiration par contact

Un aspirateur portatif est opéré en appliquant directement la brosse sur l'intérieur des conduits pour déloger les débris et poussières. Cette méthode requiert plus d'ouvertures et de portes d'accès en raison du rayon d'action limité. Ce procédé, qui n'est pas réalisé sous pression négative, peut laisser de la matière particulaire dans les conduits qui pourra, par la suite, contaminer l'air ambiant. La figure 5.1 démontre la façon dont est réalisée l'opération. Une fois que l'inspection visuelle indique que le conduit a été bien nettoyé, la brosse est enlevée de la section et amenée aux autres ouvertures où le procédé est répété.

Lavage à l'air

De l'air comprimé introduit dans le conduit déloge les saletés et débris qui sont récupérés dans un collecteur, situé à l'autre extrémité, générant ainsi une pression négative dans la section du conduit nettoyé (figure 5.2). Il est recommandé que la portion du conduit nettoyé soit soumise à une différence de pression statique minimale de 0,25 kPa. La source d'air comprimé doit être capable de produire entre 1 100 et 1 400 kPa de pression. Cette méthode est plus efficace pour nettoyer les conduits plus petits que 0,6 m X 0,6 m. Quand l'inspection visuelle suggère que la portion a été nettoyée suffisamment, le tuyau d'air comprimé est enlevé du conduit et remis dans la prochaine ouverture située en aval.

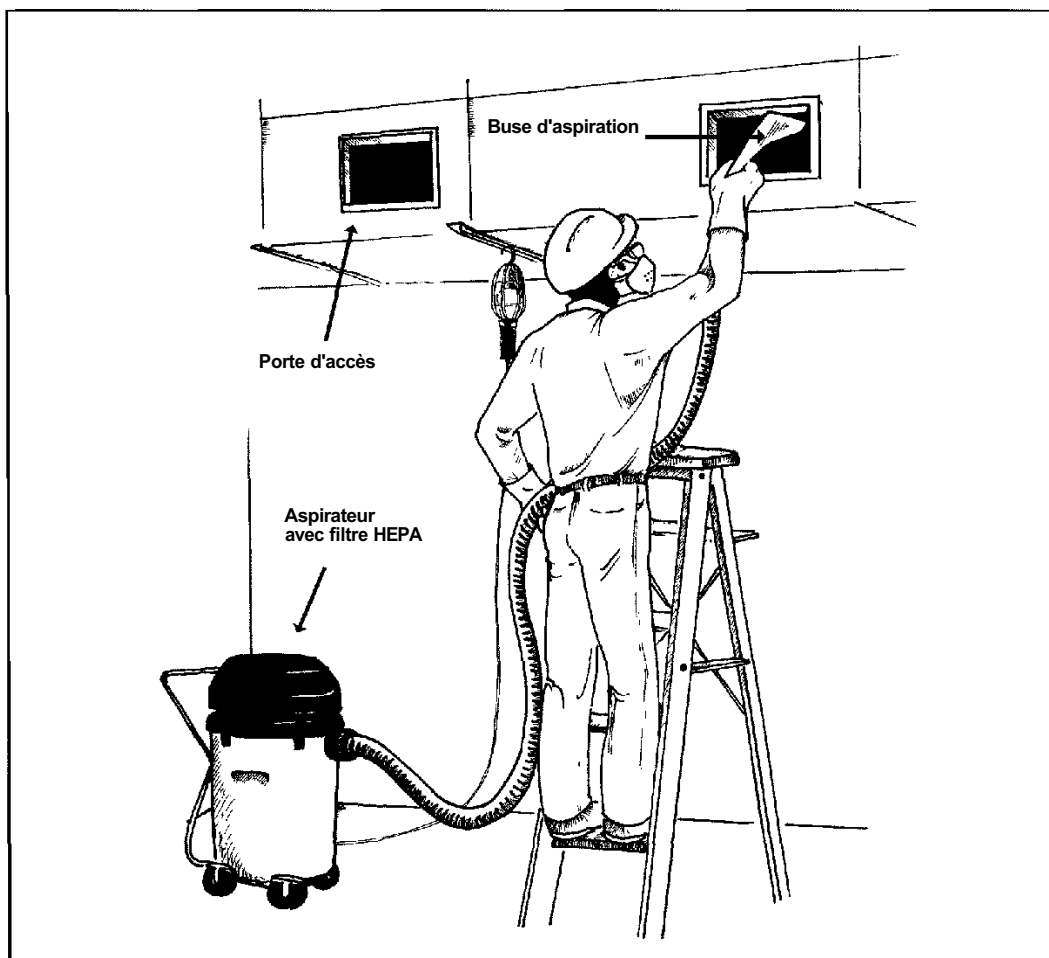


Figure 5.1 : Aspiration par contact

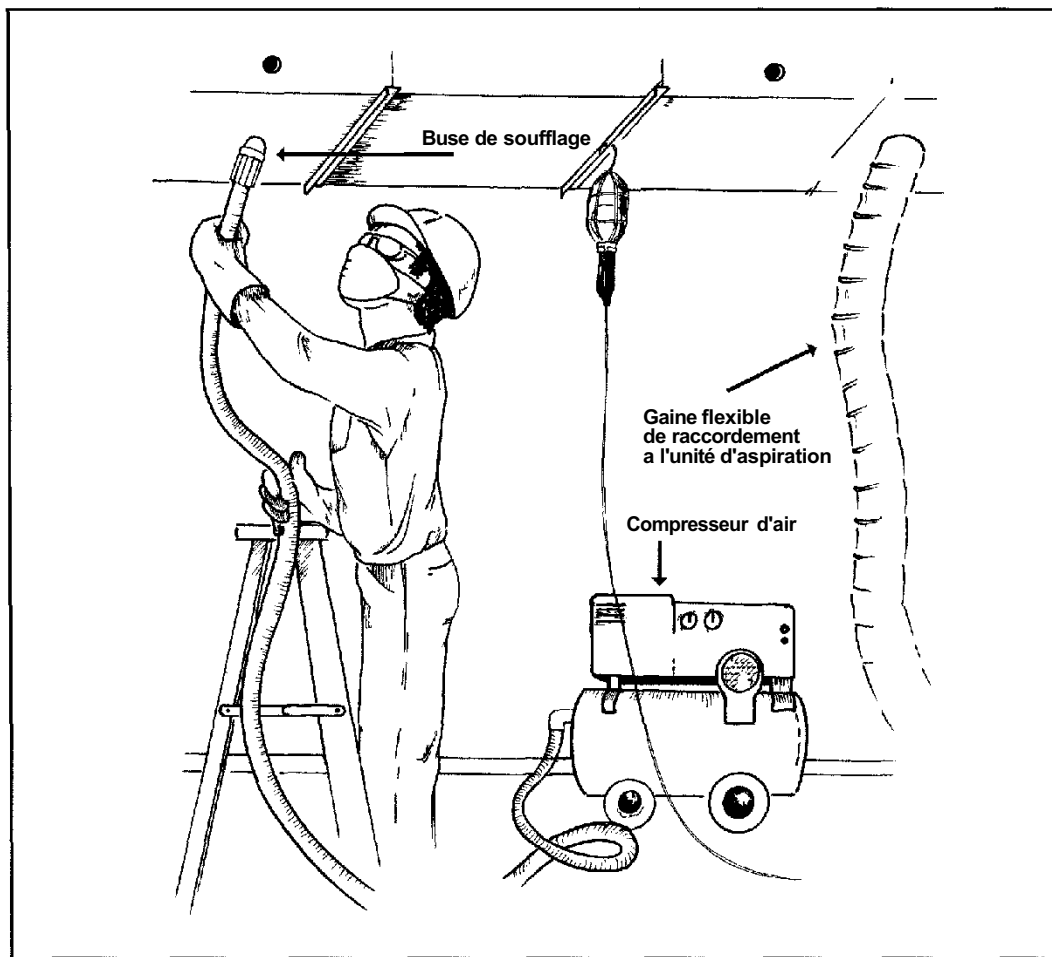


Figure 5.2: Méthode de lavage à l'air

Brossage mécanique

Avec cette méthode, une brosse rotative déloge les saletés ou débris recueillis en aval par un collecteur semblable à celui utilisé dans le lavage d'air (figure 5.3). L'utilisation de cette méthode requiert des précautions pour ne pas endommager la surface de l'isolant. Dans ce cas, les isolants doivent être aussitôt réparés. Seulement des brosses douces peuvent être utilisées. Cette méthode semble produire des résultats satisfaisants dans tous les types de conduits et de surfaces. Le temps de brossage requis est encore une fois déterminé par l'inspection visuelle.

5.1.3 Autres méthodes

D'autres méthodes comme le nettoyage à la vapeur sont souvent utilisées pour nettoyer les conduits métalliques non isolés et les serpentins de chauffage ou de refroidissement. Selon la NAIMA (1993), le nettoyage à la vapeur ou tout autre système utilisant de l'eau ne doivent pas être utilisés dans un conduit isolé. En effet, lorsque l'isolant a été mouillé, il faut le changer pour garder intactes ses caractéristiques isolantes thermiques ou acoustiques.

Certaines compagnies de nettoyage proposent l'application de scellants à l'intérieur des conduits, isolés ou pas, dans le but de prévenir

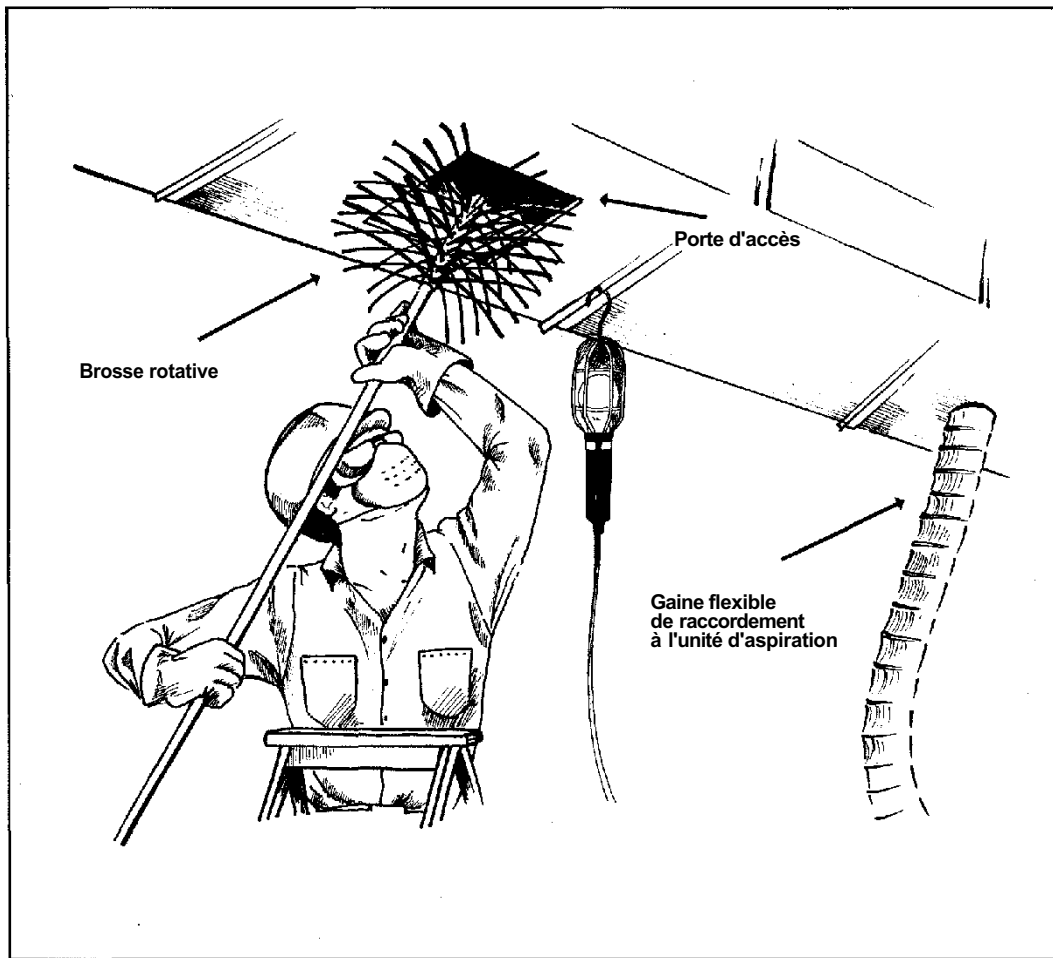


Figure 5.3: Méthode de brosse mécanique

l'émission de débris ou de saletés dans l'air. Ces produits sont habituellement appliqués par pulvérisation dans les conduits. Selon la NAIMA (1993), l'efficacité de ce procédé est limitée par l'application incomplète sur toutes les surfaces des conduits. De plus, les performances acoustiques de l'isolant sont aussi modifiées par l'application de ces scellants, sans parler des caractéristiques d'inflammabilité. Enfin, selon l'ACGIH (1989), ces scellants formés de polymères peuvent contribuer à la prolifération des microorganismes. C'est pourquoi NAIMA, EPA et NIOSH n'en recommandent pas l'application.

La fumigation des conduits n'est davantage recommandée que l'application de scellants. En effet, pour être efficace contre les microorganismes, une portion substantielle de la surface des conduits contaminés doit être traitée, et il n'y a que de faibles évidences qu'une quantité suffisante de produit est déposée assez profondément sur le film de débris présent pour avoir un effet désinfectant.

5.1.4 Séquence d'exécution des travaux

Le nettoyage des conduits doit être fait quand les occupants ne sont pas présents, c.-à-d., la nuit ou les fins de semaine parce que les systèmes doivent habituellement être arrêtés pendant ces opérations. À titre d'exemple, la figure 5.4 indique la bonne séquence, de 1 à 5, des travaux à suivre. De plus, un devis peut être utilisé comme modèle lors de la rédaction d'un contrat de nettoyage et adapté selon les exigences particulières.

5.2 Programme d'entretien préventif

Un programme de nettoyage des systèmes de ventilation doit avoir comme objectif de garder toutes les composantes propres. Ce programme doit inclure le maintien des surfaces sans moisissures par des nettoyages à la vapeur, de la désinfection (eau de javel commerciale, 5%) ou les deux.

Selon certains auteurs (Luoma, M. et coll.), la fréquence optimale d'un programme de nettoyage complet des systèmes de ventilation doit être entre 1-2 ans selon la propreté de l'air extérieur et des activités dans les édifices. En pratique, il est plutôt recommandé d'établir la fréquence des

nettoyages par une inspection visuelle. De plus, il semble logique de s'assurer que les composantes sont nettoyées après leur période d'utilisation comme les systèmes d'humidification et de chauffage à la fin de l'hiver et de climatisation en été.

L'opération du système CVCA est tributaire du bon fonctionnement du système de régulation. En comparant les lectures de température, d'humidité et de pression aux points de consigne préétablis, un régulateur transmet un signal de correction sous forme d'énergie électrique, électronique ou pneumatique à une ou plusieurs composantes du système.

Les composantes des systèmes de régulation doivent être vérifiées et nettoyées périodiquement. Les problèmes de fonctionnement associés au système de régulation résultent généralement des causes suivantes:

- nettoyage et étalonnage inadéquats des capteurs;
- fuites dans les conduits pneumatiques, usure prématurée des composantes électriques causées par des vibrations;
- conception ou installation initiale incorrecte;
- logique de régulation incorrecte;
- problèmes mécaniques au niveau des composantes à contrôler (moteurs, soupapes, actionneurs, registres).

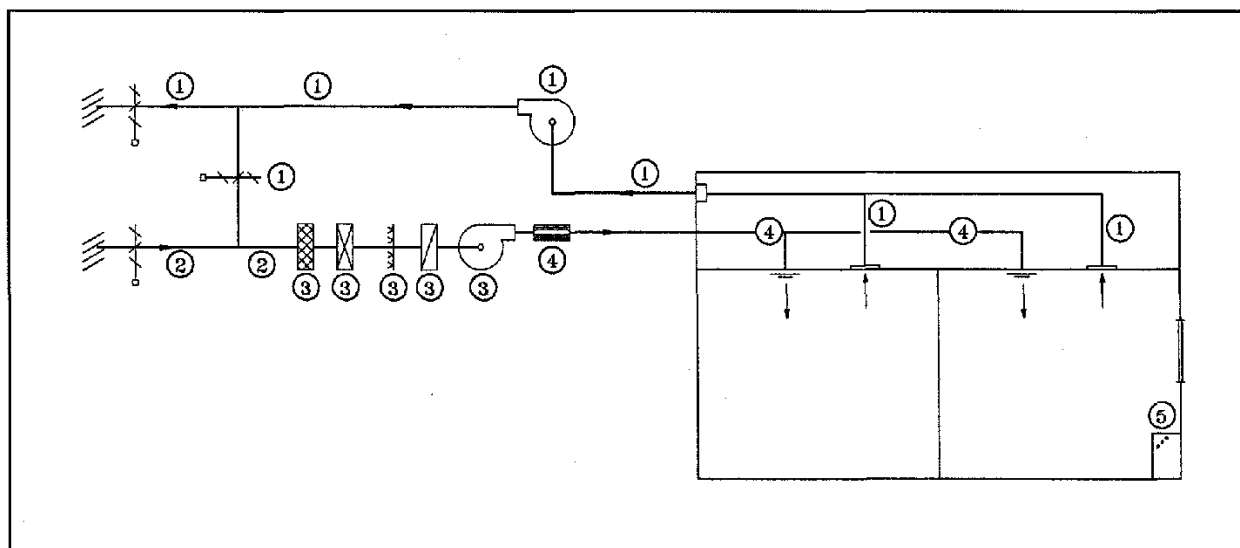


Figure 5.4: Séquence de nettoyage des composantes du système de ventilation

Tableau 5.2: Devis type de nettoyage de conduits de ventilation

CONTRAT:	<i>N^o contrat</i>	Nettoyage des conduits de ventilation	Section 15: Page: Date:
PARTIE 1.0 - GÉNÉRALITÉS:			
1.1	Portée des travaux	.1 Les travaux consistent au nettoyage des conduits d'air du système de ventilation <i>du système</i> indiqué au plan <i>N^o de référence</i> .	
		.2 Le nettoyage des éléments suivants: ventilateur(s), persienne(s), extracteur(s), vanne(s) déflectrice(s), volet(s), serpent(s), boîte(s) de mélange et de détente, conduit(s) flexible(s), humidificateurs(s), bassin(s) de récupération, échangeur(s) thermique(s), bouche(s) d'alimentation et de reprise.	
		.3 L'installation de portes d'accès.	
		.4 Le démantèlement des plafonds et leur réinstallation, la protection des équipements, la protection et le déplacement du mobilier et la protection des planchers, cloisons et autres finis.	
		.5 La fourniture, la mise en place et l'installation de tous les équipements pour l'exécution des travaux.	
		.6 La réparation et le remplacement de l'isolant acoustique et thermique endommagé.	
1.2	Ouvrages connexes	<i>Selon la nature du contrat</i>	
1.3	Normes de référence	.1 Mechanical Cleaning of Non-Porous Air Conveyance Components (NADCA 01).	
		.2 Cleaning Fibrous Glass Insulated Air Duct Systems (NAIMA).	
		.3 <i>Autres normes.</i>	
1.4	Programme	.1 L'Entrepreneur devra fournir avec sa soumission la procédure de nettoyage retenue, les équipements, la liste des produits de nettoyage et leur fiche signalétique.	

CONTRAT: *N° du contrat* **Nettoyage
des conduits
de ventilation**

Section 1 5 :

Page:

Date:

PARTIE 2.0 - ÉQUIPEMENTS ET PRODUITS

- 2.1 Produits de nettoyage .1 Les produits de nettoyage des ventilateurs, serpentins, volets et autres composantes devront être approuvés par l'Adjudicateur (*nom du responsable*).
- 2.2 Portes d'accès .1 Les portes d'accès devront être étanches et de même calibre que le conduit.
- .2 Les portes d'accès seront préfabriquées et ajustées pour les rendre hermétiques à l'aide d'une garniture approuvée par l'Adjudicateur. Produit acceptable: *nom du produit*.
- 2.3 Produits de réparation et de remplacement d'isolant .1 La réparation de l'isolant acoustique devra être effectuée avec le produit suivant: *nom du produit*.
- .2 La réparation de l'isolant thermique devra être effectuée avec le produit suivant: *nom du produit*. L'isolant sera recouvert d'un canevas tel que l'existant.
- .3 Le remplacement de l'isolant acoustique devra être effectué à l'aide du produit suivant: *nom du produit*.
- .4 Le remplacement de l'isolant thermique devra être effectué à l'aide du produit suivant: *nom du produit*.

PARTIE 3.0 - EXÉCUTION

- 3.1 Protection du personnel .1 L'Entrepreneur doit fournir l'équipement de protection adéquat aux travailleurs.
- .2 L'Entrepreneur doit obtenir une attestation de solidité avant de pénétrer à l'intérieur des conduits de ventilation.
- 3.2 Protection des éléments .1 L'Entrepreneur devra s'assurer de protéger tous les appareillages mécaniques et électriques situés à proximité des travaux.

CONTRAT: *N° du contrat* **Nettoyage
des conduits
de ventilation**

Page:

Date:

- .2 L'Entrepreneur devra s'abstenir de déposer sur le calorifugeage des conduits des objets, équipements, outils, matériaux qui pourraient l'endommager.
 - .3 L'Entrepreneur devra éviter de pénétrer dans les gaines lorsqu'elles sont calorifugées à l'intérieur et protéger l'isolant si on doit y accéder.
- 3.3 Portes d'accès
- .1 Installer les portes d'accès en amont et en aval de chaque coude ou obstacle.
 - .2 Installer les portes d'accès à tous les six (6) mètres de distance ou au besoin.
- 3.4 Séquence de nettoyage
- .1 Le nettoyage devra se faire de l'amont vers l'aval du débit d'air dans la séquence suivante:
 - .1 Mettre à l'arrêt le système.
 - .2 Remplacer les filtres avant le début du nettoyage.
 - .3 Nettoyer les bouches de reprise jusqu'au plénum de de mélange.
 - .4 Nettoyer la prise d'air neuf jusqu'aux serpentins.
 - .5 Nettoyer les serpentins.
 - .6 Nettoyer les serpentins jusqu'aux bouches d'alimentation.
 - .7 Nettoyer les unités périphériques.
 - .8 Réparer l'isolant (thermique ou acoustique) parallèlement à l'avancement des travaux.
 - .9 Remplacer le filtre au besoin.
 - .10 Remettre le système en marche.

CONTRAT: *N° du contrat*

Nettoyage des conduits de ventilation

Section 15:

Page:

Date:

- 3.5 Méthodes de nettoyage
- .1 Gains non isolées à l'intérieur:
 - .1 Brosser à sec, et nettoyer avec un aspirateur muni de filtre « HEPA ».
 - .2 Décoller la saleté avec de l'air comprimé à l'aide d'une buse, et nettoyer avec un aspirateur muni de filtre « HEPA ».
 - .3 Utiliser des produits approuvés par l'Adjudicateur.
 - .4 Ne pas appliquer de scellant sur les conduits.
 - .2 Gains isolées à l'intérieur.
 - .1 Brosser à sec avec une brosse douce et nettoyer avec un aspirateur muni de filtre « HEPA ».
 - .2 Ne pas humecter l'isolant.
 - .3 Ne pas utiliser de savon, de désinfectant ou de scellant sur l'isolant.
 - .3 Bassins de récupération d'eau.
 - .1 Vidanger et laver avec une solution à base d'hypochlorite de sodium 5-6 % (eau de javel) à raison de 250 ml par 4 litres d'eau. Prévoir le temps nécessaire pour l'élimination complète des vapeurs avant la remise en marche du système.
- 3.6 Qualification
- .1 Les travaux seront exécutés par des personnes qualifiées. L'Entrepreneur devra fournir une liste de travaux de même nature déjà effectués par le personnel retenu.
- 3.7 Registres d'équilibrage
- .1 L'Entrepreneur devra marquer la position des volets avant de procéder au nettoyage et les remettre au même endroit par la suite.

Bibliographie sur les procédures d'entretien et de contrôle

ACGIH.: Guidelines for the Assessment of Bioaerosols in the Indoor Environment. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, Ohio, 1989.

ASHRAE.: ASHRAE Standard 62-1989. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA, 1989.

ASHRAE.: ANSI/ASHRAE Standard 52.1-1992. Gravimétrie and Dust-Spot Procédures for Testing Air-Cleaning Devices Used in General Ventilation for Removing Particulate Matter. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, Georgia, 1992.

ASHRAE.: ASHRAE Handbook. HVAC Systems and Equipment. SI Edition, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA, 1992.

Block, S.S.: Disinfection. Sterilization and Préservation. Third édition, Lea and Febiger, Philadelphia, 1983.

Burge, H.A.: Approaches to the Control of Indoor Microbial Contaminants. Proceedings of the ASHRAE Conférence, Arlington, VA, pp. 33-37, 1987.

Burge, H.A., Chatigny, M., Feeley, J., Kreiss, K., Morey, P., Otten, J., Peterson, K.: Bioaerosols. Guidelines for Assessment and Sampling of Saprophytic Bioaerosols in the Indoor Environment. Appl. Ind. Hyg., 2(5):R-10, 1987.

Burge, H.A.: Risks Associated with Indoor Infectious Aerosols. Toxicology and Industrial Health, 6(2):263, 1990.

Dybendal, T., Vik, H., Elsayed, S.: Dust from Carpeted and Smooth Floors-III. Trials on Denaturation of Allergenic Proteins by Household Cleaning Solutions and Chemical Détergents. Ann. Occup. Hyg., 34(2):215, 1990.

EPA-NIOSH.: Building Air Quality. A Guide for Buiding Owners and Facility Managers. Environmental Protection Agency and National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication #91-114, Washington, DC, 1991.

Institute of Medicine of the US National Academy of Sciences.: Indoor Allergens: Assessing and Controlling Adverse Health Effects. National Academy Press, Washington, DC, 308 p., 1993.

Lavoie, J.: L'échantillonnage des microorganismes dans le milieu de travail. Étude/bilan de connaissances, Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec, Montréal, Québec, 73 p., 1988.

Lavoie, J., Comtois, P.: Décontamination microbienne des systèmes de ventilation. Rapport de recherche, Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec, Montréal, Québec, 30 p., 1992.

Lavoie, J., Comtois, P.: Microbial Decontamination of Ventilation Systems. Indoor Environ., 2:291, 1993.

Luoma, M., Pasanen, A.-L., Pasanen, P.: Duct Cleaning - A Literature Survey. Air Infiltration Review, Vol. 14, #4, 1993.

Military Standard 282, 1956. United States Department of Défense (DOD), Washington, DC.

Morey, P.R.: Case Présentations: Problems caused by Moisture in Occupied Spaces of Office Buildings. Ann. Am. Conf. Govt. Ind. Hyg. 10:121, 1984.

Morey, P. R., Hodgson, M. J., Sorenson, W. G., Kullman, G.J., Rhodes, W.W., Visvesvara, G.S.: Environmental Studies in Moldy Office Buildings. Rapport NIOSH SF-86-09, No.3, pp. 399-408, 1986.

Morey, P.R., Clerc, J.L., Jones, W.G., Sorenson, W.G.: Studies on Sources of Airborne Microorganisms and on Indoor Air Quality in a Large Office Building. Proceedings IAQ'86, pp. 500-509, ASHRAE, Atlanta, 1986.

Morey, P.: Controlling Microbial Contamination to Prevent Building-Related Illness and Remediation Costs. Clayton Environmental Consultants, Newsletter, 15(2): 1, 1993.

NADCA.: Mechanical Cleaning of Non-Porous Air Conveyance System Components. National Air Duct Cleaners Association 1992-01, Washington, DC, 1992.

NAIMA.: Cleaning Fibrous Glass Insulated Air Duct Systems. Recommended Practice. North American Insulation Manufacturers Association, Alexandria, VA, 40 p., 1993.

Ottney, T.C.: Particle Management for HVAC Systems. ASHRAE Journal, July 1993, pp.26-34.

6. MESURES PREVENTIVES ET RÉGLEMENTATION

Afin de prévenir la prolifération microbienne dans les systèmes ou de pallier aux problèmes existants, divers éléments doivent être considérés au niveau de la conception et de l'opération des systèmes.

6.1 Prises d'air extérieur

Les prises d'air frais doivent être situées de façon à diminuer l'introduction des microorganismes de sources extérieures. La localisation doit prendre en considération divers facteurs comme:

- la magnitude et la direction des vents dominants;
- la distance des composantes architecturales et mécaniques environnantes;
- la configuration du bâtiment concerné et des bâtiments environnants;
- la nature des émissions en provenance des éléments mécaniques;
- la présence de végétation à proximité;
- les risques d'accumulation de neige et de pluie au niveau des persiennes.

La détermination d'une distance sécuritaire entre les sources polluantes et la prise d'air constitue un exercice complexe qui met en relation plusieurs paramètres dont la vitesse du vent, la hauteur et la géométrie des bâtiments, la formation de zones en pression positive et sous pression négative, les caractéristiques d'émission, et la topographie des lieux. Bien qu'il existe certains modèles mathématiques ou techniques de modélisation pour évaluer l'emplacement des prises d'air, ces approches sont généralement peu et pas assez utilisées.

Dans une installation existante, l'évaluation du potentiel de contamination d'une source à proximité peut se réaliser par traçage ou avec une source fumigène. La technique par traçage consiste à générer au niveau d'une source de contamination une concentration connue d'un gaz comme l'hexafluorure de soufre (SF₆) ou

l'hélium (He) et à déterminer la concentration au niveau de la prise d'air frais. L'utilisation d'une source fumigène permet de visualiser la migration des polluants entre leur point d'émission et celui de captation par la prise d'air.

Au moment de la conception d'un système CVCA ou en présence d'un problème de biocontamination les mesures suivantes devraient être considérées:

- ne pas localiser la prise d'air au niveau ou sous le niveau du sol;
- localiser la prise d'air au toit, au point le plus haut;
- ne pas localiser la prise d'air à l'intérieur d'une enceinte architecturale où l'on retrouve une source de vapeur d'eau;
- garder une distance minimale de 7,5 m entre les événements sanitaires et la prise d'air;
- éliminer les creux à proximité qui permettent l'accumulation d'eau ou prévoir l'installation de drain;
- éliminer les sites favorables pour l'établissement de nids d'oiseaux;
- relocaliser les sites d'entreposage de déchets ou de neige situés à proximité des prises d'air neuf;
- évaluer la nécessité d'installer des déflecteurs pour empêcher la neige de pénétrer dans les prises d'air;
- prévoir l'installation ou la modification de persiennes pour limiter la pénétration de la pluie;
- prévoir l'installation de drain indirect à l'intérieur de la prise pour éliminer l'eau qui peut s'introduire;
- vérifier l'état de la grille pare-oiseaux;
- vérifier la localisation des unités et des tours de refroidissement par évaporation et au besoin prévoir l'utilisation de déflecteurs pour prévenir l'emportement d'eau jusqu'au niveau de la prise d'air;
- vérifier périodiquement et contrôler la contamination microbienne des tours de refroidissement;
- vérifier la localisation des évacuations d'air usé et au besoin les modifier;
- s'assurer d'un accès facile et sécuritaire pour l'entretien des équipements.

Réglementation et normes

Au Québec, le règlement sur la qualité du milieu de travail (S-2. 1,r.15) stipule à l'article 22 que « la prise d'air frais doit être placée de façon à ne pas réintroduire de l'air préalablement évacué d'un établissement ».

En ce qui a trait au Code national du bâtiment du Canada (1990), il est précisé que « les orifices des prises d'air et des bouches d'évacuation doivent être protégés contre l'entrée de la neige et de la pluie ».

Dans certains règlements municipaux, des distances limitatives peuvent être prescrites. Ainsi, à titre d'exemple et de référence, le règlement n° 4936 concernant la ventilation des bâtiments dans la ville de Montréal indique à la section 3 relative aux bouches extérieures que les distances minimales suivantes doivent être observées:

prises d'air:

- 25 pieds entre la sortie d'une cheminée et la prise d'air;
- 7 pieds entre l'extrémité inférieure d'une prise d'air et le sol lorsque la prise se trouve sur un mur adjacent à une voie publique et admet moins de 3000 pcm et 12 pieds lorsque l'admission d'air est supérieure à 3000 pcm;
- 3 pieds entre l'extrémité inférieure d'une prise et le sol lorsque la prise d'air est sur un mur non adjacent à la voie publique;
- 3 pieds entre l'extrémité inférieure d'une prise et le sol lorsque la prise d'air est installée dans un dispositif posé directement sur le sol;
- 18 pouces entre l'extrémité inférieure de la prise d'air et le toit.

sorties d'air vicié:

- 7 pieds des prises d'air extérieur et de préférence en direction opposée;
- les sorties d'évacuation des salles de toilette ou de chambres à ordures se terminant au toit doivent se trouver en direction opposée des prises d'air;
- 25 pieds des prises d'air lorsque l'air évacué contient des matières en suspension.

De plus, le règlement n° 4515 de la ville de Montréal concernant la plomberie stipule qu'un événement ne doit pas se terminer à moins de 3 pieds au-dessus ou 12 pieds dans toute autre direction, d'une fenêtre ouvrante, porte, ou toute autre ouverture similaire.

L'American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) précise, dans le standard intitulé Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality (ASHRAE 62-1989), que les prises d'air extérieur doivent être localisées de façon à ce qu'elles ne soient pas contaminées par l'air évacué ou autres sources polluantes.

6.2 Plénium de mélange

Le plénium de mélange doit être conçu de façon à permettre un mélange homogène des écoulements d'air pour éviter qu'il y ait stratification. Ce problème peut être généralement corrigé par l'emploi de déflecteurs. Le raccordement de la gaine de reprise au plénium doit préférablement se faire parallèlement et sur toute la longueur de la prise d'air. Ceci favorise le mélange de l'air et permet d'obtenir une température uniforme et une répartition égale de l'écoulement au niveau des filtres et des échangeurs thermiques.

L'isolation du plénium doit être réalisée de manière à éviter la condensation qui peut se former à l'intérieur de la chambre. Après avoir corrigé la cause, l'isolant acoustique doit être remplacé s'il a été mouillé. Selon la conception du plénium, un drain raccordé indirectement peut être requis. La hauteur de la garde-d'eau devrait être d'au moins 25 mm supérieure à la pression statique du ventilateur (minimum de 300 mm). Un amorceur de siphon peut également être nécessaire pour assurer la présence constante d'eau dans le siphon.

L'installation doit être faite pour accéder facilement à l'intérieur pour fins d'inspection et d'entretien et les portes d'accès construites de façon étanche.

6.3 Filtration

Dans les systèmes CVCA, l'unité de filtration est généralement classée dans une de ces catégories: filtre à matière filtrante fibreuse, filtre à matière filtrante remplaçable, dépoussiéreur d'air électronique et combinaison de plusieurs types. La sélection des filtres repose principalement sur les critères suivants: la nature et la concentration des polluants atmosphériques, le degré de filtration requis ainsi que sur des caractéristiques sous conditions d'opération soit l'efficacité, la résistance aéraulique et la capacité de rétention.

La performance d'un système CVCA est tributaire de l'unité de filtration. En présence de filtres mal entretenus, la résistance à l'écoulement augmente et le débit décroît. Comme nous l'avons vu précédemment, lorsqu'il y a stratification au niveau du plénum de mélange, il peut en résulter un encrassement inégal sur la surface filtrante ce qui risque de fausser la lecture du manomètre de pression différentielle. De plus, il faut s'assurer que le changement de géométrie ou de dimensions des raccordements des conduits en aval et en amont de la section filtrante est graduel pour obtenir une distribution uniforme d'air.

Le choix d'un filtre adéquat est rendu difficile par l'ambiguïté qu'engendrent les différents tests issus de la norme ASHRAE 52.1. De fait, les deux méthodes de tests, soit la méthode gravimétrique et la méthode de rendement à la tache, ont été développées pour mesurer l'efficacité de filtres de qualité différente, la première pour les filtres d'efficacité inférieure et la deuxième pour des filtres d'efficacité moyenne à supérieure. Comme les résultats d'évaluation sont exprimés en pourcentage, il est important de spécifier en fonction de quel test les résultats ont été obtenus. À titre d'exemple, un filtre dont l'efficacité est de 90 % selon la méthode gravimétrique équivaut à une efficacité d'environ 20 % selon la méthode de rendement à la tache. La norme 52.1 est présentement sous révision et devrait permettre d'uniformiser la classification des filtres en basant l'efficacité de captation en fonction du diamètre des particules.

Le tableau 6.1 indique les contaminants retenus selon les différentes efficacités de filtration.

Ce tableau démontre qu'il y a de bonnes raisons d'utiliser des filtres dans l'intervalle de 80 %-95 %, pourcentage établi selon le test de rendement à la tache de l'ASHRAE. En effet, selon Ottney (1993), toutes les spores de moisissures et de pollens ainsi que 90 % des bactéries sont plus grandes que 1 micron et l'efficacité de ces filtres est de l'ordre de 80 à 95 % pour retenir ces particules. Pour obtenir des renseignements plus précis ou encore pour des cas plus complexes, le lecteur devra se référer au manuel HVAC Systems and Equipment de l'ASHRAE.

Certains aspects doivent être considérés attentivement lors de l'installation ou la vérification des filtres:

- prévoir une grille pare-oiseaux à l'entrée de la prise d'air;
- vérifier l'étanchéité autour du cadre, particulièrement pour les unités assemblées en usine;
- vérifier l'étanchéité des portes d'accès et le scellement des joints autour des conduits, spécialement en aval du filtre et en amont du ventilateur;
- vérifier l'étanchéité de toutes les pénétrations de conduits électriques et de tuyaux;
- prévoir un accès facile et un espace suffisant (500 à 1000 mm) pour le remplacement des filtres;
- prévoir une source d'éclairage à proximité;
- vérifier qu'il n'y ait aucune accumulation d'eau ou de neige;
- vérifier le fonctionnement et la justesse de la mesure du manomètre.

Réglementation et normes

Le standard ASHRAE 62-1989 précise que la sélection des filtres et des dépoussiéreurs doit être faite en tenant compte de la grosseur des particules et de la concentration dans l'air. De plus, il est précisé que les filtres doivent être testés conformément au standard 52-76 de l'ASHRAE ou du standard MIL 282 du Département de la défense américaine.

Tableau 6.1 : Comparaison de pourcentage de filtration et applications (Ottney, 1993)

TAUX DE FILTRATION APPROXIMATIFS			APPLICATIONS TYPIQUES ET LIMITES	CONTAMINANT TYPIQUE	TYPE DE FILTRE
A	B	C			
99,97			Chambres stériles Matériaux radioactifs	Poussières toxiques Virus	Filtres HEPA et ULPA
80	98		Soins hospitaliers Fumoirs	Bactéries Fumée de cigarettes	Fibre de verre ou filtres à sac synthétiques
50	90		Labo. hospitaliers Bureaux bien ventilés	Majorité des bactéries	Filtres dans une boîte, nettoyeurs d'air électroniques
35	80		Édifices à bureaux	Tous les pollens et brouillards d'huile	Idem
	60		Cabines à peinture Fumées de soudure	Poussières fines Majorité des pollens	Filtres résidentiels
	40	96	Édifices à bureaux commerciaux	Majorité des spores de moisissures	Filtres à surface déployée de 1 à 4" d'épaisseur
	25	93	Chauffage résidentiel	Pollens de mauvaises herbes	Fibre de verre jetable, Panneaux de polyesters
		80	Climatiseurs de fenêtre	Grosses poussières	Caoutchouc mousse
		65	Filtration minimale	Peluche, etc.	Filtres d'aluminium nettoyables
		50			Poils d'animaux revêtus au latex

A = Pourcentage selon les particules de dioctylphtalate (DOP) de 0,3 micron (norme militaire 282, Département de la défense américaine, 1956). Ce pourcentage est utilisé pour les filtres à haute efficacité, c.-à-d., au dessus de 80 %.

B = Pourcentage selon le rendement à la tache, ASHRAE 52.1-1992.

C = Pourcentage selon la méthode gravimétrique ASHRAE 52.1-1992.

À titre indicatif, le règlement n° 4936 de la ville de Montréal indique que l'air extérieur d'un système servant des pièces habitables doit être filtré (sauf dans les établissements industriels) et que pour les bureaux l'efficacité des filtres doit être de 35 % selon la méthode de rendement à la tache. On note également que les filtres dont la capacité est supérieure à 5000 pcm doivent être pourvus en permanence d'un manomètre indiquant la résistance à travers le filtre. Enfin, il est mentionné que, lorsque la résistance à travers les filtres a doublé ou a atteint la valeur de remplacement recommandée par le fabricant, les filtres doivent être remplacés ou nettoyés selon le cas.

6.4 Serpentin de refroidissement

Afin de limiter l'entraînement d'eau, diverses solutions peuvent être envisagées. Il est toutefois important de déterminer au préalable l'origine du problème. Si le problème découle de la conception du système, il peut être relié à une vitesse frontale du serpentin trop élevée (supérieure à 3 m/sec.) et dans ce cas on aura recours à un éliminateur d'eau pour capter les gouttelettes entraînées et prévenir de mouiller le conduit en aval.

Par contre, si le problème est apparu au fil des années, sans qu'il n'y ait eu de modifications au système CVCA, il peut résulter d'un encrassement du serpentin qui entraîne une augmentation de la vitesse de l'air. Dans ce cas, il est recommandé de procéder à des relevés périodiques du différentiel de pression à travers le serpentin pour établir la fréquence de nettoyage. L'empatement d'eau peut aussi découler d'une augmentation du débit à traiter suite au dérèglement des registres d'admission.

Le bassin de captage de l'eau de condensation doit être conçu et installé de manière à éviter que l'eau stagne. Le drain doit être situé au fond, au point le plus bas du bassin, muni d'une garde-d'eau profonde d'une hauteur de 25 mm supérieure à la pression statique du ventilateur (minimum de 300 mm) et raccordée indirectement avec une pente de 2 % (20 mm/m) au

réseau de drainage. Un amorceur de siphon peut être installé pour prévenir l'assèchement de la garde-d'eau. Aucun isolant ne doit recouvrir l'intérieur ou l'extérieur du bassin. Lorsque des serpentins de refroidissement sont superposés et que la hauteur totale dépasse 1,1 mètre, il est préférable d'installer un bassin de captage intermédiaire dont la longueur minimale est égale à la moitié de la hauteur du serpentin. Cette longueur devant être augmentée lorsque la vitesse est supérieure à celle recommandée.

Lorsque l'air est déshumidifié par le serpentin de refroidissement, le pourcentage d'humidité relative de l'air en aval est généralement entre 90 % et 100 %. Il est conseillé de s'assurer que l'isolant acoustique en aval demeure sec et sans accumulation de poussières. Il est préférable d'isoler par l'extérieur et d'utiliser un silencieux pour atténuer le bruit avec une porte étanche à proximité pour faciliter l'accès lors de l'entretien.

Réglementation et normes

Relativement au drainage du bassin de captage de l'eau de condensation ou de tout autre drain raccordé sur une unité de ventilation, il est précisé dans le Code de plomberie de la province de Québec que s'il y a danger d'évaporation du siphon une garde-d'eau pouvant résister à toute pression positive ou négative, d'une hauteur minimale de 300mm, doit être installée et raccordée indirectement au réseau de drainage. Le standard ASHRAE 62-1989 indique que le bassin de récupération doit être conçu pour se drainer et prévenir l'accumulation de limon.

Par ailleurs, le standard ASHRAE 62-1989 mentionne à l'article 5.6 que les conduits de ventilation et les plénums doivent être construits et maintenus de façon à minimiser la croissance et la dissémination de microorganismes dans le système de ventilation. Il est de plus mentionné à l'article 5.11 que le pourcentage d'humidité des pièces habitables devrait être maintenu entre 30 % et 60 % pour minimiser les risques de croissance d'organismes allergènes ou pathogènes. À l'article 5.12, il est mentionné que si le

pourcentage d'humidité dans les pièces habitées, les conduits de ventilation à basse vitesse et les pléniums dépasse 70 % il y a risque de contamination fongique.

Afin de préciser l'interprétation de ces articles, le comité responsable de l'élaboration du standard écrivait dans une note technique que l'article 5.6 est à caractère obligatoire, alors que les articles 5.11 et 5.12 sont à titre informatif, ayant pour objectif d'éclairer l'utilisateur sur les conditions propices à la contamination, l'importance de contrôler par les moyens appropriés le taux d'humidité et la nécessité de minimiser les sources de nutriments.

Il est de plus indiqué que l'article 5.6 ne vise pas à empêcher l'utilisation d'isolant acoustique à l'intérieur des gaines, mais plutôt à encourager l'application de techniques qui ne favorisent pas la croissance de microorganismes. À cet égard, l'utilisation d'isolant acoustique dans les conduits doit être limitée et une filtration adéquate doit être prévue en amont des conduits recouverts d'isolant acoustique. Il est de plus mentionné que pour protéger l'isolant on doit utiliser une barrière physique et non un scellant de nature chimique ou ayant des propriétés désinfectantes (ces produits risquant d'être aérosolisés). La pose de portes d'accès pour le nettoyage du recouvrement intérieur des conduits est recommandée.

6.5 Humidificateurs

L'humidification par injection de vapeur sèche est principalement recommandée dans la majorité des ouvrages techniques portant sur la qualité de l'air intérieur. Toutefois, lorsque la vapeur est générée par une chaudière centrale, des précautions doivent être prises pour ne pas contaminer l'air par les additifs chimiques utilisés dans le traitement de l'eau. Techniquement, il existe diverses mesures pour contourner ce problème et chacune doit être analysée par un spécialiste pour en évaluer la faisabilité et la rentabilité.

En ce qui a trait aux humidificateurs à atomisation par ultrasons dont l'utilisation dans les systèmes CVCA est relativement récente, seul un suivi périodique pourra déterminer précisément les risques liés à son utilisation. À titre préventif, la vidange périodique du réservoir d'eau traitée est suggérée.

Les humidificateurs à gicleurs de type laveur d'air ne sont pas recommandés et les équipements existants doivent être soumis à un nettoyage rigoureux et fréquent. Les dépôts de calcaire doivent aussi être retirés dans le but de réduire la présence de surfaces poreuses. L'ajout de biocides n'est pas indiqué en raison de leur efficacité limitée au niveau microbien et du potentiel de toxicité qu'ils présentent.

Selon le BSRIA (1986), (Building Services Research and Information Association), les humidificateurs de type laveur d'air utilisant de l'eau recirculée devraient être munis d'un système de vidange automatique qui permet en dehors des heures d'utilisation de rincer et de vider le système à chaque heure.

Pour tenter de solutionner le problème de biocontamination, certains laveurs d'air sont dotés d'une lampe qui émet des rayons ultraviolets laquelle est insérée dans le réseau de recirculation d'eau. La dose de radiations ultraviolettes émise par cette lampe est généralement supérieure à 30 000 mW.sec/cm² et la longueur d'onde se situe à environ 254 nm. L'usure normale de la lampe ou la formation d'un film opaque sur la chemise de protection de la lampe résultant de la précipitation des métaux dissous dans l'eau peuvent engendrer une diminution de l'intensité des radiations. Sur certaines installations la formation du film peut être limitée par filtration ou en adoucissant l'eau, ce qui risque toutefois d'entraîner des problèmes de corrosion. De plus, un filtre est requis pour capter les particules solides en suspension dont la présence peut provoquer un effet d'ombre. Un indicateur d'intensité est requis pour assurer un niveau de radiations suffisamment élevé. Bien que l'utilisation de lampe UV soit répandue dans le traitement de l'eau potable, aucune étude spécifique n'a porté sur son application sur des laveurs d'air.

Indépendamment du type d'humidificateur et de leur localisation, on doit s'assurer que la vapeur introduite dans un écoulement d'air est absorbée sans risque de condensation. Un mécanisme d'entrebarrage doit être prévu pour empêcher qu'il y ait simultanément humidification et déshumidification. Un accès doit être prévu pour la vérification et l'entretien périodiques.

Réglementation et normes

Selon le Code de plomberie du Québec, le renvoi des humidificateurs ou des bassins de récupération doit être muni d'une garde-d'eau d'une hauteur minimale de 300 mm et raccordé indirectement au réseau de drainage. La garde-d'eau doit pouvoir résister à toute pression positive ou négative.

Selon l'article 5.12 du standard de l'ASHRAE 62-1989, l'humidification par injection de vapeur est préférable, et on doit prendre soin de ne pas contaminer l'eau de la bouilloire ou la vapeur par des produits chimiques. L'eau froide utilisée à des fins d'humidification doit provenir d'une source d'eau potable. De plus, si l'eau est recirculée, ce qui est le cas pour les laveurs d'air et certains humidificateurs à atomisation, le système doit être nettoyé et vidangé fréquemment.

6.6 Conduits d'alimentation et de reprise d'air

La nécessité d'isoler les conduits de ventilation est dictée par différents paramètres, notamment leur localisation intérieure ou extérieure, l'impact énergétique en terme de puissance des équipements de chauffage et de réfrigération et de frais d'opération, les risques de condensation des conduits transportant de l'air à basse température, le maintien d'une température stable dans les conduits et le contrôle du bruit par l'utilisation d'isolant intérieur.

Les risques potentiels de contamination et les difficultés de nettoyage ne semblent pas militer en faveur de l'utilisation d'isolant poreux à l'intérieur des gaines de ventilation. Tout autre moyen d'atténuer le bruit devrait être privilégié. L'installation de silencieux à la sortie du ventilateur s'avère généralement efficace pour atténuer le bruit généré par le ventilateur. Dans ce dernier cas on doit prévoir une porte d'accès à proximité pour en faire l'inspection et le nettoyage. Même avec l'utilisation d'un silencieux, l'isolation intérieure de la gaine en fin de course sur une distance de quelques mètres peut être nécessaire pour absorber le bruit généré par l'air en mouvement. L'isolation de cette partie de la gaine permet également d'éliminer la transmission du bruit d'une pièce à l'autre. Comme cette section est peu susceptible d'être mouillée, la présence d'isolant poreux est moins problématique et peut facilement faire l'objet d'une vérification périodique.

Une attention particulière doit être portée aux conduits de ventilation exposés à des températures froides et dans ce cas on doit prévoir une protection thermique adéquate et un pare-vapeur.

Règlements et normes

Les recommandations de l'ASHRAE relativement à la présence d'isolant à l'intérieur des gaines de ventilation ont été discutées à la section 6.4.

6.7 Sources internes de contamination

L'humidité relative peut se définir par la mesure de la quantité de vapeur d'eau présente dans l'air exprimée en pourcentage de la masse maximum de vapeur d'eau que l'air peut contenir à la même température. Lorsque la température change, l'humidité relative change aussi. La capacité de l'air à contenir de la vapeur d'eau augmente avec la température et, inversement, décroît lorsque la température diminue.

L'humidité est introduite dans un bâtiment par les systèmes de ventilation et d'humidification, par infiltration et diffusion à travers l'enveloppe du bâtiment ou naturellement par les personnes présentes.

À travers l'enveloppe du bâtiment, la vapeur d'eau est transportée principalement par l'air qui s'infiltré dans les interstices. Cette infiltration est la résultante de différentes pressions exercées sur l'enveloppe, soit: la pression du vent, l'effet de tirage et la pression due au système de ventilation. Dans une proportion moindre, la vapeur peut également migrer par phénomène de diffusion, se déplaçant ainsi du niveau de pression le plus élevé vers le niveau le plus bas. À titre d'exemple, dans une pièce chauffée où la pression de vapeur est supérieure à la pression de vapeur extérieure, on observera un déplacement de l'humidité vers l'extérieur. Par contre, en été dans un bâtiment climatisé, la situation inverse se produit et la vapeur contenue dans l'air extérieur migre vers l'intérieur.

L'eau peut pénétrer également dans l'enveloppe sous forme liquide. La pluie, par exemple lorsqu'elle s'abat sur un parement extérieur, est soumise à plusieurs forces qui favorisent son déplacement. La force capillaire, la force d'impulsion, la pesanteur et la poussée du vent sont des paramètres importants dans la pénétration de l'eau à travers l'enveloppe. Cette action est accentuée dans le cas où l'étanchéité d'une composante comme une fenêtre n'est pas assurée ce qui peut permettre à des quantités importantes d'eau de s'infiltrer.

6.7.1 Condensation de surface

Lorsque la teneur en vapeur d'eau dans l'air atteint le niveau de saturation, l'humidité relative est égale à 100 % et la vapeur d'eau en surplus se condense. Ainsi, dans un local, toute surface dont la température est égale ou moindre que la température de rosée de l'air ambiant fera condenser la vapeur d'eau.

Les problèmes de condensation de surface surviennent lorsque les parois d'un bâtiment exposées directement à l'air humidifié provenant de l'intérieur sont maintenues à une température inférieure au point de rosée. Par exemple, lorsque le taux d'humidité relative est élevé, des problèmes de condensation sur les surfaces de maçonnerie situées sous le niveau du sol peuvent apparaître. Comme la température de surface demeure relativement stable et comparable à celle du sol, la condensation est susceptible de se produire. Ce problème est généralement corrigé soit en déshumidifiant l'air de la pièce ou en isolant la surface extérieure du mur permettant ainsi de maintenir le mur à une température supérieure au point de rosée de l'air. Dans certains cas, il peut être plus facile d'isoler la surface intérieure du mur en prenant soin de protéger l'isolant à l'aide d'un pare-vapeur. Cette approche risque toutefois de favoriser la formation de condensation cachée.

En hiver, la condensation peut apparaître sur une surface intérieure d'un mur mal isolé ou résulter de la présence d'un pont thermique (figure 6.1). Un pont thermique survient lorsqu'une composante de l'enveloppe offre à la transmission de chaleur une résistance moindre que celle autour de celle-ci. C'est souvent le cas par les poutres, les piliers d'acier ou de béton incorporés dans les parties extérieures des murs ou des toîts. En maintenant la température d'une partie d'une surface sous le point de rosée, les particules de saleté peuvent ainsi s'accumuler. L'isolation de l'élément structural est requise.

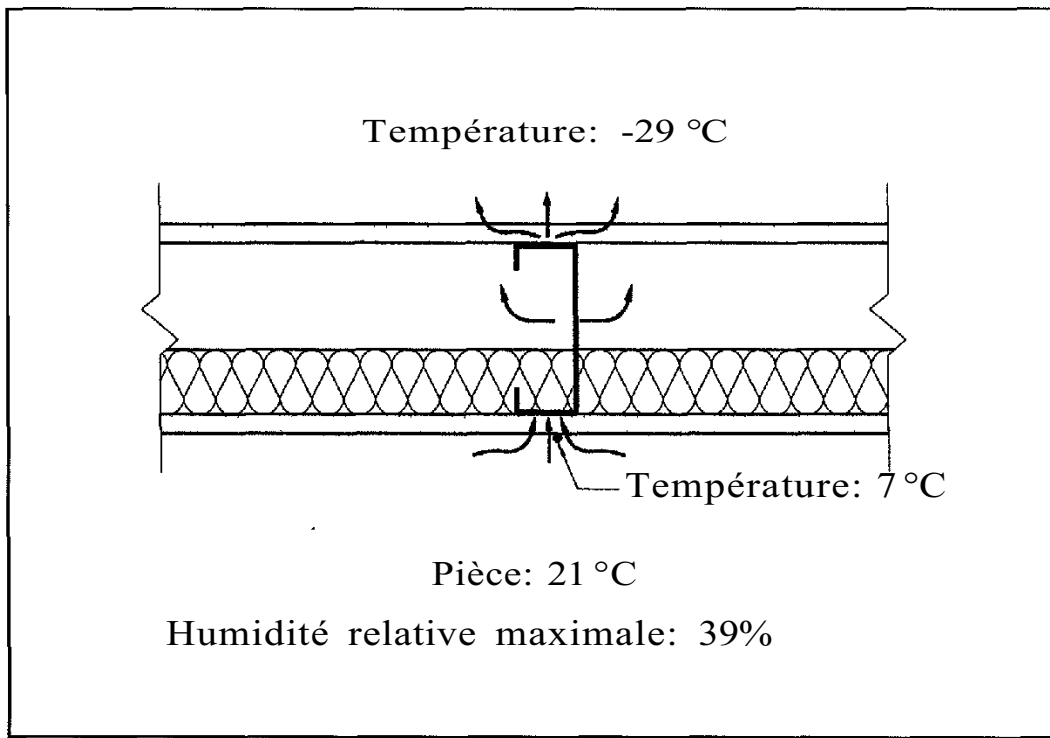


Figure 6.1 : Pont thermique formé par un poteau en acier de l'enveloppe du bâtiment

Les fenêtres, en raison de leur faible résistance thermique, sont particulièrement sujettes à la condensation de l'humidité contenue dans l'air. À défaut de changer les fenêtres, la réduction du taux d'humidité dans la pièce et dans certains cas une meilleure circulation de l'air sur la surface interne du vitrage peuvent diminuer la condensation. Dans certains bâtiments, par mesure d'économie d'énergie, la température est abaissée en fin de journée. Si la température est trop basse, la condensation visible peut se former sur les surfaces des pièces.

6.7.2 Condensation cachée

Si en traversant l'enveloppe du bâtiment la vapeur d'eau entre en contact avec un matériau dont la température est inférieure à sa température de rosée (figure 6.2), il y aura condensation. Si elle n'est pas évacuée, l'eau qui s'accumule peut entraîner la dégradation des matériaux de construction et favoriser le développement de moisissures et de bactéries. Les problèmes de cette nature sont généralement corrigés en améliorant l'étanchéité de l'enveloppe et dans certaines situations en modifiant le gradient de température au moyen d'isolant.

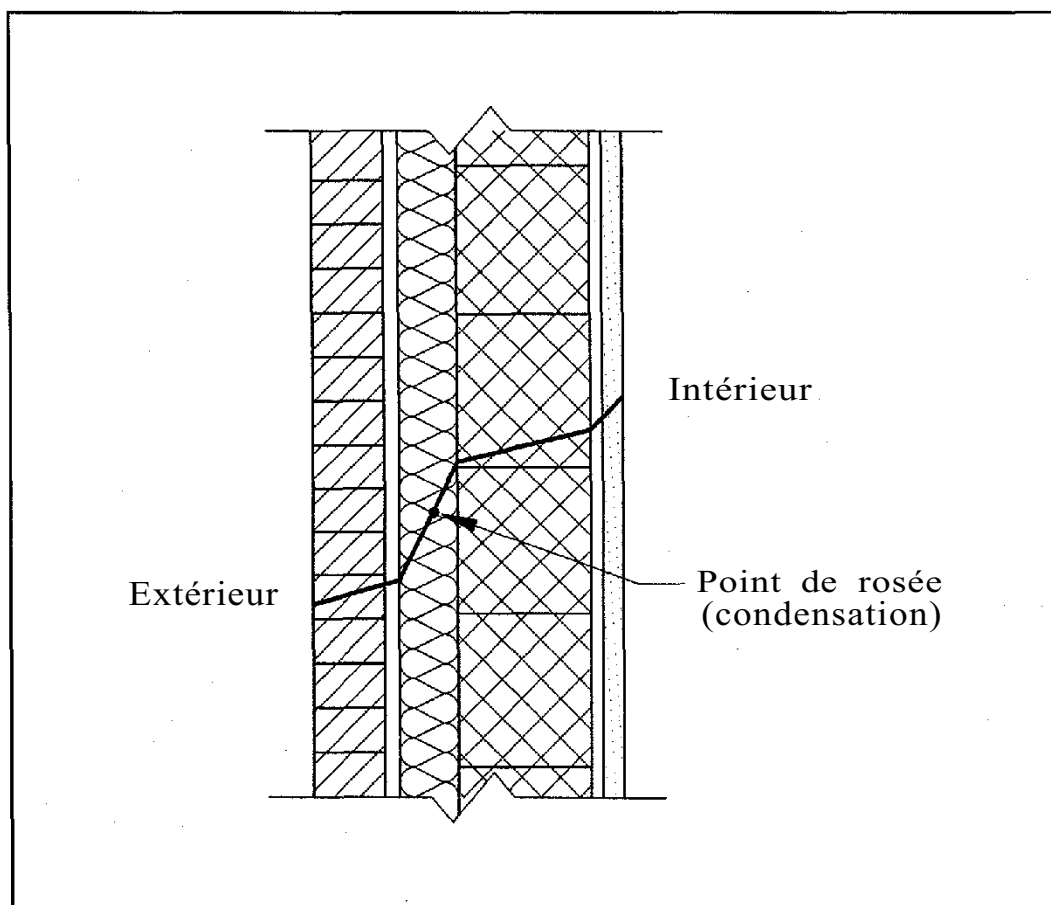


Figure 6.2 : Condensation cachée

Un problème associé à la condensation cachée peut survenir en période de climatisation lorsque l'humidité de source extérieure traverse l'enveloppe du bâtiment et se condense sur une surface refroidie par la climatisation de la pièce. Dans le cas d'un mur de gypse, le matériau s'amollira, s'effritera et des moisissures apparaîtront en surface. Le problème peut être accentué en présence d'un matériau dont la perméabilité est faible comme le papier tenture à base de vinyle qui empêche la vapeur de traverser et permet de l'accumulation entre le mur de gypse et le revêtement.

6.7.3 Contrôle de l'humidité

Le traitement des problèmes de même nature que ceux décrits précédemment nécessite non seulement une connaissance des conditions existantes de température et d'humidité mais également une compréhension de l'interaction de ces paramètres avec les composantes architecturales du bâtiment. Compte tenu de la complexité des mécanismes de diffusion de la vapeur d'eau dans un bâtiment, il peut s'avérer opportun de recourir aux services de professionnels pour déterminer l'origine de l'humidité et les moyens appropriés pour en contrôler la teneur.

Bibliographie sur les mesures préventives et la réglementation

AQME.: Guide pratique d'entretien pour une bonne qualité de l'air intérieur. Association québécoise pour la maîtrise de l'énergie, 1989.

ASHRAE.: ASHRAE Handbook. HVAC Systems and Equipment. SI Edition, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, GA, 1992.

ASHRAE: Technical Data Bulletin Control of Humidity in Buildings. American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, GA, 1992.

ASHRAE.: ASHRAE Handbook. HVAC Applications. SI Edition, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, GA, 1992.

ASHRAE.: ASHRAE Standard 62-1989. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA, 1989.

ASHRAE.: ASHRAE Handbook. Fundamentals. SI Edition, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, GA, 1992.

Conseil National de Recherche du Canada: Code national du bâtiment du Canada 1990. Conseil National de Recherche du Canada, Ottawa.

Conseil National de Recherche du Canada: Digests de la construction au Canada 1 à 150. Conseil National de Recherche du Canada, Ottawa, 1975.

EPA-NIOSH.: Building Air Quality. A Guide for Buiding Owners and Facility Managers. Environmental Protection Agency and National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication # 91-114, Washington, DC, 1991.

Gouvernement du Québec.: Code de plomberie. 1-12. 1, r. 1, avril 1986.

Gouvernement du Québec.: Règlement sur la qualité du milieu du travail. S-2. 1, r. 15, février 1990.

Haines, R.W.: Control Systems for Heating, Ventilating and Air Conditioning. Third Edition. Van Nostrand Reinhold Company Inc. 305 p., 1983.

Kundsin, R.B.: Architectural Design and Indoor Microbial Pollution. Oxford University Press, New-York, 317 p., 1988.

Latta, J.K.: Murs, fenêtres et toitures pour le climat canadien. Conseil National de Recherche du Canada, Ottawa, 92 p., 1975.

Legg, R.: Air Conditioning Systems. B.T. Batsford Ltd, London 415 p., 1991.

Melson, G.: When Drain Pans Don't Drain. Environment 2(4):2, 1993.

Morey, P.: Controlling Microbial Contamination to Prevent Building-Related Illness and Remediation Costs. Clayton Environmental Consultants, Newsletter, 15(2): 1, 1993.

Ottney, T.C.: Particle Management for HVAC Systems. ASHRAE Journal, July 1993.

Pickering, C.A.C., Jones, W.P.: Health and Hygienic Humidification. The Building Services Research and Information Association, Berkshire, 1986.

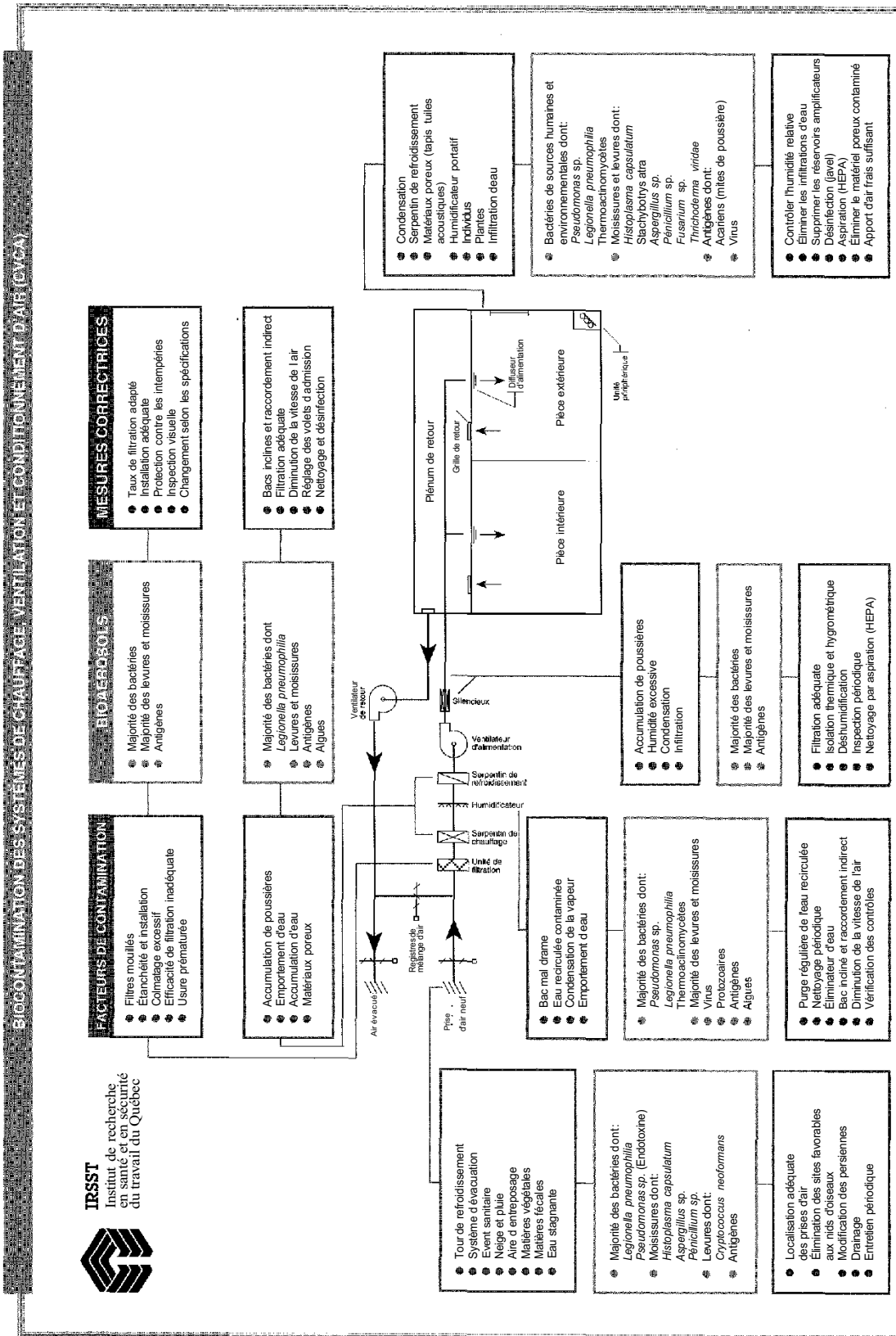
Stewart, L.J.: Micro-organisms in Building Services. The Building Services Research and Information Association, Berkshire, 1988.

Ville de Montréal.: Règlement concernant la ventilation des bâtiments dans la ville de Montréal, no 4936, 1975.

CONCLUSION

La figure suivante constitue une synthèse des principaux éléments traités dans ce document.

En rassemblant dans un même document les paramètres relatifs à l'établissement des conditions favorables à la prolifération microbienne et les moyens pour les éliminer, le lecteur dispose désormais, nous l'espérons, de l'information nécessaire pour déceler et prévenir l'apparition de situations problématiques.



Devis type de nettoyage de conduits de ventilation



IRSSST
Institut de recherche
en santé et en sécurité
du travail du Québec

CONTRAT: *N° du contrat* **Nettoyage
des conduits
de ventilation**

Section 15:

Page:

Date:

PARTIE 1.0 - GÉNÉRALITÉS:

- 1.1 Portée des travaux
- .1 Les travaux consistent au nettoyage des conduits d'air du système de ventilation *N° du système* indiqué au plan *N° de référence*.
 - .2 Le nettoyage des éléments suivants: ventilateur(s), persienne(s), extracteur(s), vanne(s) défectrice(s), volet(s), serpent(s), boîte(s) de mélange et de détente, conduit(s) flexible(s), humidificateurs(s), bassin(s) de récupération, échangeur(s) thermique(s), bouche(s) d'alimentation et de reprise.
 - .3 L'installation de portes d'accès.
 - .4 Le démantèlement des plafonds et leur réinstallation, la protection des équipements, la protection et le déplacement du mobilier et la protection des planchers, cloisons et autres finis.
 - .5 La fourniture, la mise en place et l'installation de tous les équipements pour l'exécution des travaux.
 - .6 La réparation et le remplacement de l'isolant acoustique et thermique endommagé.
- 1.2 Ouvrages connexes *Selon la nature du contrat*
- 1.3 Normes de référence
- .1 Mechanical Cleaning of Non-Porous Air Conveyance Components (NADCA 01).
 - .2 Cleaning Fibrous Glass Insulated Air Duct Systems (NAIMA).
 - .3 *Autres normes.*
- 1.4 Programme
- .1 L'Entrepreneur devra fournir avec sa soumission la procédure de nettoyage retenue, les équipements, la liste des produits de nettoyage et leur fiche signalétique.

Devis type de nettoyage de conduits de ventilation



IRSST
Institut de recherche
en santé et en sécurité
du travail du Québec

CONTRAT: *N° du contrat* **Nettoyage
des conduits
de ventilation**

Section 15:

Page:

Date:

PARTIE 2.0 - ÉQUIPEMENTS ET PRODUITS

- 2.1 Produits de nettoyage .1 Les produits de nettoyage des ventilateurs, serpentins, volets et autres composantes devront être approuvés par l'Adjudicateur (*nom du responsable*).
- 2.2 Portes d'accès .1 Les portes d'accès devront être étanches et de même calibre que le conduit.
- .2 Les portes d'accès seront préfabriquées et ajustées pour les rendre hermétiques à l'aide d'une garniture approuvée par l'Adjudicateur. Produit acceptable: *nom du produit*.
- 2.3 Produits de réparation et de remplacement d'isolant .1 La réparation de l'isolant acoustique devra être effectuée avec le produit suivant: *nom du produit*.
- .2 La réparation de l'isolant thermique devra être effectuée avec le produit suivant: *nom du produit*. L'isolant sera recouvert d'un canevas tel que l'existant.
- .3 Le remplacement de l'isolant acoustique devra être effectué à l'aide du produit suivant: *nom du produit*.
- .4 Le remplacement de l'isolant thermique devra être effectué à l'aide du produit suivant: *nom du produit*.

PARTIE 3.0 - EXÉCUTION

- 3.1 Protection du personnel .1 L'Entrepreneur doit fournir l'équipement de protection adéquat aux travailleurs.
- .2 L'Entrepreneur doit obtenir une attestation de solidité avant de pénétrer à l'intérieur des conduits de ventilation.
- 3.2 Protection des éléments .1 L'Entrepreneur devra s'assurer de protéger tous les appareillages mécaniques et électriques situés à proximité des travaux.

Devis type de nettoyage de conduits de ventilation



IRSST
Institut de recherche
en santé et en sécurité
du travail du Québec

CONTRAT: *N° du contrat*

Nettoyage des conduits de ventilation

Section 15:

Page:

Date:

- | | | |
|-----|-----------------------|--|
| | .2 | L'Entrepreneur devra s'abstenir de déposer sur le calorifugeage des conduits des objets, équipements, outils, matériaux qui pourraient l'endommager. |
| | .3 | L'Entrepreneur devra éviter de pénétrer dans les gaines lorsqu'elles sont calorifugées à l'intérieur et protéger l'isolant si on doit y accéder. |
| 3.3 | Portes d'accès | .1 Installer les portes d'accès en amont et en aval de chaque coude ou obstacle. |
| | .2 | Installer les portes d'accès à tous les six (6) mètres de distance ou au besoin. |
| 3.4 | Séquence de nettoyage | .1 Le nettoyage devra se faire de l'amont vers l'aval du débit d'air dans la séquence suivante: <ul style="list-style-type: none">.1 Mettre à l'arrêt le système..2 Remplacer les filtres avant le début du nettoyage..3 Nettoyer les bouches de reprise jusqu'au plénum de de mélange..4 Nettoyer la prise d'air neuf jusqu'aux serpentins..5 Nettoyer les serpentins..6 Nettoyer les serpentins jusqu'aux bouches d'alimentation..7 Nettoyer les unités périphériques..8 Réparer l'isolant (thermique ou acoustique) parallèlement à l'avancement des travaux..9 Remplacer le filtre au besoin..10 Remettre le système en marche. |

Devis type de nettoyage de conduits de ventilation



IRSST
Institut de recherche
en santé et en sécurité
du travail du Québec

CONTRAT: *N° du contrat* **Nettoyage
des conduits
de ventilation**

Section 15:

Page:

Date:

- 3.5 Méthodes de nettoyage .1 Gaines non isolées à l'intérieur:
- .1 Brosser à sec, et nettoyer avec un aspirateur muni de filtre « HEPA ».
 - .2 Décoller la saleté avec de l'air comprimé à l'aide d'une buse, et nettoyer avec un aspirateur muni de filtre « HEPA ».
 - .3 Utiliser des produits approuvés par l'Adjudicateur.
 - .4 Ne pas appliquer de scellant sur les conduits.
- .2 Gaines isolées à l'intérieur.
- .1 Brosser à sec avec une brosse douce et nettoyer avec un aspirateur muni de filtre « HEPA ».
 - .2 Ne pas humecter l'isolant.
 - .3 Ne pas utiliser de savon, de désinfectant ou de scellant sur l'isolant.
- .3 Bassins de récupération d'eau.
- .1 Vidanger et laver avec une solution à base d'hypochlorite de sodium 5-6 % (eau de javel) à raison de 250 ml par 4 litres d'eau. Prévoir le temps nécessaire pour l'élimination complète des vapeurs avant la remise en marche du système.
- 3.6 Qualification .1 Les travaux seront exécutés par des personnes qualifiées. L'Entrepreneur devra fournir une liste de travaux de même nature déjà effectués par le personnel retenu.
- 3.7 Registres d'équilibrage .1 L'Entrepreneur devra marquer la position des volets avant de procéder au nettoyage et les remettre au même endroit par la suite.

Liste d'inspection



IRSST
Institut de recherche
en santé et en sécurité
du travail du Québec

Responsable: _____ Date: _____

COMPOSANTE	CONDITION 1 à 4	ACCESSI- BILITÉ	ACTIONS À ENTREPRENDRE
Air extérieur			
Prises d'air extérieur			
Filtres			
Serpentins de chauffage			
Serpentins de refroidissement			
Serpentins de déshumidification			
Plénums de mélange			
Humidificateurs			
Bassins et drains d'eau de condensation			
Ventilateurs			
Silencieux			
Récupérateurs de chaleur			
Conduits d'alimentation			
Conduits de reprise			
Boîtes de détente			
Diffuseurs			
Grilles de reprise			
Environnement intérieur			
Salle de mécanique			
Unités périphériques			
Autre (1)			
Autre (2)			

Niveau de salubrité: 1 = Très propre 2 = Film mince de poussière 3 = Sale 4 = Réduction du débit

Signature: _____

Liste d'inspection



IRSST
Institut de recherche
en santé et en sécurité
du travail du Québec

Responsable: _____ Date: _____

COMPOSANTE	CONDITION 1 à 4	ACCESSI- BILITÉ	ACTIONS À ENTREPRENDRE
Air extérieur			
Prises d'air extérieur			
Filtres			
Serpentins de chauffage			
Serpentins de refroidissement			
Serpentins de déshumidification			
Plénums de mélange			
Humidificateurs			
Bassins et drains d'eau de condensation			
Ventilateurs			
Silencieux			
Récupérateurs de chaleur			
Conduits d'alimentation			
Conduits de reprise			
Boîtes de détente			
Diffuseurs			
Grilles de reprise			
Environnement intérieur			
Salle de mécanique			
Unités périphériques			
Autre (1)			
Autre (2)			

Niveau de salubrité: 1 = Très propre 2 = Film mince de poussière 3 = Sale 4 = Réduction du débit

Signature: _____

Liste d'inspection



IRSST
Institut de recherche
en santé et en sécurité
du travail du Québec

Responsable: _____ Date: _____

COMPOSANTE	CONDITION 1 à 4	ACCESSI- BILITÉ	ACTIONS À ENTREPRENDRE
Air extérieur			
Prises d'air extérieur			
Filtres			
Serpentins de chauffage			
Serpentins de refroidissement			
Serpentins de déshumidification			
Plénums de mélange			
Humidificateurs			
Bassins et drains d'eau de condensation			
Ventilateurs			
Silencieux			
Récupérateurs de chaleur			
Conduits d'alimentation			
Conduits de reprise			
Boîtes de détente			
Diffuseurs			
Grilles de reprise			
Environnement intérieur			
Salle de mécanique			
Unités périphériques			
Autre (1)			
Autre (2)			

Niveau de salubrité: 1 = Très propre 2 = Film mince de poussière 3 = Sale 4 = Réduction du débit

Signature: _____

Liste d'inspection



IRSST
Institut de recherche
en santé et en sécurité
du travail du Québec

Responsable: _____ Date: _____

COMPOSANTE	CONDITION 1 à 4	ACCESSI- BILITÉ	ACTIONS À ENTREPRENDRE
Air extérieur			
Prises d'air extérieur			
Filtres			
Serpentins de chauffage			
Serpentins de refroidissement			
Serpentins de déshumidification			
Plénums de mélange			
Humidificateurs			
Bassins et drains d'eau de condensation			
Ventilateurs			
Silencieux			
Récupérateurs de chaleur			
Conduits d'alimentation			
Conduits de reprise			
Boîtes de détente			
Diffuseurs			
Grilles de reprise			
Environnement intérieur			
Salle de mécanique			
Unités périphériques			
Autre (1)			
Autre (2)			

Niveau de salubrité: 1 = Très propre 2 = Film mince de poussière 3 = Sale 4 = Réduction du débit

Signature: _____

Liste d'inspection



IRSST
Institut de recherche
en santé et en sécurité
du travail du Québec

Responsable: _____ Date: _____

COMPOSANTE	CONDITION 1 à 4	ACCESSI- BILITÉ	ACTIONS À ENTREPRENDRE
Air extérieur			
Prises d'air extérieur			
Filtres			
Serpentins de chauffage			
Serpentins de refroidissement			
Serpentins de déshumidification			
Plénums de mélange			
Humidificateurs			
Bassins et drains d'eau de condensation			
Ventilateurs			
Silencieux			
Récupérateurs de chaleur			
Conduits d'alimentation			
Conduits de reprise			
Boîtes de détente			
Diffuseurs			
Grilles de reprise			
Environnement intérieur			
Salle de mécanique			
Unités périphériques			
Autre (1)			
Autre (2)			

Niveau de salubrité: 1 = Très propre 2 = Film mince de poussière 3 = Sale 4 = Réduction du débit

Signature: _____

Liste d'inspection



IRSST
Institut de recherche
en santé et en sécurité
du travail du Québec

Responsable: _____ Date: _____

COMPOSANTE	CONDITION 1 à 4	ACCESSI- BILITÉ	ACTIONS À ENTREPRENDRE
Air extérieur			
Prises d'air extérieur			
Filtres			
Serpentins de chauffage			
Serpentins de refroidissement			
Serpentins de déshumidification			
Plénums de mélange			
Humidificateurs			
Bassins et drains d'eau de condensation			
Ventilateurs			
Silencieux			
Récupérateurs de chaleur			
Conduits d'alimentation			
Conduits de reprise			
Boîtes de détente			
Diffuseurs			
Grilles de reprise			
Environnement intérieur			
Salle de mécanique			
Unités périphériques			
Autre (1)			
Autre (2)			

Niveau de salubrité: 1 = Très propre 2 = Film mince de poussière 3 = Sale 4 = Réduction du débit

Signature: _____

Liste d'inspection



IRSST
Institut de recherche
en santé et en sécurité
du travail du Québec

Responsable: _____

Date: _____

COMPOSANTE	CONDITION 1 à 4	ACCESSI- BILITÉ	ACTIONS À ENTREPRENDRE
Air extérieur			
Prises d'air extérieur			
Filtres			
Serpentins de chauffage			
Serpentins de refroidissement			
Serpentins de déshumidification			
Plénums de mélange			
Humidificateurs			
Bassins et drains d'eau de condensation			
Ventilateurs			
Silencieux			
Récupérateurs de chaleur			
Conduits d'alimentation			
Conduits de reprise			
Boîtes de détente			
Diffuseurs			
Grilles de reprise			
Environnement intérieur			
Salle de mécanique			
Unités périphériques			
Autre (1)			
Autre (2)			

Niveau de salubrité: 1 = Très propre 2 = Film mince de poussière 3 = Sale 4 = Réduction du débit

Signature: _____

Liste d'inspection



IRSST
Institut de recherche
en santé et en sécurité
du travail du Québec

Responsable: _____ Date: _____

COMPOSANTE	CONDITION 1 à 4	ACCESSI- BILITÉ	ACTIONS À ENTREPRENDRE
Air extérieur			
Prises d'air extérieur			
Filtres			
Serpentins de chauffage			
Serpentins de refroidissement			
Serpentins de déshumidification			
Plénums de mélange			
Humidificateurs			
Bassins et drains d'eau de condensation			
Ventilateurs			
Silencieux			
Récupérateurs de chaleur			
Conduits d'alimentation			
Conduits de reprise			
Boîtes de détente			
Diffuseurs			
Grilles de reprise			
Environnement intérieur			
Salle de mécanique			
Unités périphériques			
Autre (1)			
Autre (2)			

Niveau de salubrité: 1 = Très propre 2 = Film mince de poussière 3 = Sale 4 = Réduction du débit

Signature: _____

Liste d'inspection



IRSST
Institut de recherche
en santé et en sécurité
du travail du Québec

Responsable: _____ Date: _____

COMPOSANTE	CONDITION 1 à 4	ACCESSI- BILITÉ	ACTIONS À ENTREPRENDRE
Air extérieur			
Prises d'air extérieur			
Filtres			
Serpentins de chauffage			
Serpentins de refroidissement			
Serpentins de déshumidification			
Plénums de mélange			
Humidificateurs			
Bassins et drains d'eau de condensation			
Ventilateurs			
Silencieux			
Récupérateurs de chaleur			
Conduits d'alimentation			
Conduits de reprise			
Boîtes de détente			
Diffuseurs			
Grilles de reprise			
Environnement intérieur			
Salle de mécanique			
Unités périphériques			
Autre (1)			
Autre (2)			

Niveau de salubrité: 1 = Très propre 2 = Film mince de poussière 3 = Sale 4 = Réduction du débit

Signature: _____

Liste d'inspection



IRSST
Institut de recherche
en santé et en sécurité
du travail du Québec

Responsable: _____

Date: _____

COMPOSANTE	CONDITION 1 à 4	ACCESSI- BILITÉ	ACTIONS À ENTREPRENDRE
Air extérieur			
Prises d'air extérieur			
Filtres			
Serpentins de chauffage			
Serpentins de refroidissement			
Serpentins de déshumidification			
Plénums de mélange			
Humidificateurs			
Bassins et drains d'eau de condensation			
Ventilateurs			
Silencieux			
Récupérateurs de chaleur			
Conduits d'alimentation			
Conduits de reprise			
Boîtes de détente			
Diffuseurs			
Grilles de reprise			
Environnement intérieur			
Salle de mécanique			
Unités périphériques			
Autre (1)			
Autre (2)			

Niveau de salubrité: 1 = Très propre 2 = Film mince de poussière 3 = Sale 4 = Réduction du débit

Signature: _____