SICK BUILDING SYNDROME
Analyse et prévention

Professeur J. Malchaire
Université catholique de Louvain

avec la collaboration de
Dr. C. Chasseur
Dr. N. Nolard
Institut Scientifique de
Santé Publique Louis Pasteur

Institut National de Recherche
sur les Conditions de Travail

Deuxième impression: juillet 2000
® 1999 Institut National de Recherche sur les Conditions de Travail (INRCT)
Aucun extrait de cette publication ne peut être reproduit ou copié sans autorisation écrite de l'INRCT, rue de la Concorde 60, 1050 Bruxelles
D/1999/0226/1
ISBN 90-804351-3-9
Éditeur responsable: Dr. Simon Moors
Kerkweg 8 - B-3212 Pellenberg

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES

CHAPITRE I - LE SYNDROME DES BATIMENTS MALADES 1

I. Bref historique 3
II. Le "Sick Building Syndrome" (SBS): définition 3
III. Les "maladies liées aux bâtiments": définition 3
IV. Importance du problème 3
V. Classification des symptômes de SBS 4
VI. Relations cause-effet ou associations 5
VII. Facteurs associés 5
VIII. Les facteurs personnels, sociaux et organisationnels 6
  A. Introduction 6
  B. Données personnelles 6
  C. Facteurs sociaux et organisationnels 6
IX. SBS ou Hystérie Collective 7
X. Gestion d'un problème de SBS 8

CHAPITRE II - PRESENTATION DE LA DEMARCHE 11

I. A qui s'adresse-t-elle ? 13
II. Objectif: la prévention 13
III. Structure de la démarche 13

CHAPITRE III - RECUEIL ET ANALYSE DES PLAINTES/ SYMPTOMES DE SBS 17

I. Objectifs 19
II. Par qui ? 19
III. Comment ? 19
  A. Liste de contrôle des informations à recueillir PAR PERSONNE 20
  B. Synthèse des données POUR LE GROUPE 22

CHAPITRE IV - OBSERVATION 25

A. Gestion générale 27
  I. Définition des missions 27
  II. Politique de maintenance et d'entretien du système HVAC 27
  III. Régime d'utilisation du système HVAC 27
  IV. Politique d'entretien des locaux 28
  V. Politique de rénovation 28
  VI. Politique d'inspection générale du bâtiment 28
B. Etude de l'installation de chauffage-conditionnement d'air 30
  I. Ventilation naturelle 30
  II. Ventiloconvecteurs 30
  III. Ventilation forcée par pulsion et chauffage 31
  IV. Ejectoconvecteurs 33
  V. Humidificateur avec bac récolteur d'eau 33
  VI. Humidificateur à vapeur 34
  VII. Bouches de pulsion/Plenum 34
  VIII. Débits 34
  IX. Reprises d'air dans les locaux 35
  X. Recyclage d'air 35
  XI. Chaudières 36
  XII. Récupérateurs de chaleur 36

XIII. Tours de refroidissement....36
XIV. Régime de pression entre les locaux....36
XV. Système de régulation du HVAC....37
C. Etude de la situation intérieure sous l'angle "pollution"....38
1. Les locaux....38
2. Le milieu extérieur....38
3. Les plafonds - faux-plafonds....38
4. Les murs et parois....38
5. Les sols....39
6. Les fenêtres....39
7. Les peintures....40
8. Les postes de travail....40
9. Le mobilier....40
10. Les appareils polluants, imprimantes, photocopieuses ou autres machines....40
11. Les plantes vertes....41
12. Les bacs à déchets....41
13. Les documents....41
14. L'archivage....41
15. Les fumeurs....41
16. Les humidificateurs internes avec réservoir....42
17. Coins cuisine-café....42
D. Etude de la situation intérieure sous l'angle "climat"....43
I. Température de l'air....43
II. Humidité de l'air....44
III. Rayonnement thermique....44
IV. Vitesse de l'air....45
V. Jugement global....46
E. Etude de la situation intérieure sous l'angle "bruit"....47
1. Critères: niveaux de bruit de fond....47
2. Bruits extérieurs....47
3. Bruits dus à la ventilation....47
4. Bruits des locaux voisins....47
5. Bruits de pas....47
6. Bruits particuliers....47
7. Bruits liés à l'activité à l'intérieur du local....48
8. Réverbération....48
F. Etude de la situation intérieure sous l'angle "éclairage"....49
1. Eclairement souhaité....49
2. Eclairage naturel....49
3. Eclairage artificiel général....49
4. Eclairage artificiel local....49
5. Eblouissement par vision directe de surfaces très lumineuses....50
6. Eblouissement dans le plan frontal....50
7. Eblouissement indirect....51
8. Travail sur écran....51
G. Etude de la situation intérieure sous l'angle "facteurs physiques divers"....52
1. Electricité statique....52
2. Rayonnement électromagnétique....52
3. Ergonomie des postes de travail....52

BIBLIOGRAPHIE....53

FICHES....57

FICHE 1 Responsable gestion du bâtiment....59
FICHE 2 Analyse des symptômes....61

FICHE 3 Recueil et analyse des données existantes 63
FICHE 4 Inspection de base des lieux de travail 65
FICHE 5 Inspection générale du bâtiment 66
FICHE 6 Zones du bâtiment à surveiller en particulier 68
FICHE 7 Appareillage de mesurage de base et d'expertise 69
FICHE 8 Recommandations des débits d'air neuf - Norme ASHRAE 1962-1989 71
FICHE 9 Maîtrise de la ventilation 72
FICHE 10 Exemple de cahier de maintenance microbiologique d'une installation de traitement d'air 73
FICHE 11 Entretien microbiologique d'une installation de traitement d'air 77
FICHE 12 Sources intérieures et extérieures de pollution 81
FICHE 13 Maîtrise des sources de pollution / nuisance 82
FICHE 14 Filtres de poussières et de gaz 83
FICHE 15 Pollution par agents chimiques 87
FICHE 16 Entretien microbiologique de l'espace de travail 91
FICHE 17 Moquettes 94
FICHE 18 Rénovation du bâtiment ou constructions voisines 95
FICHE 19 Gestion du problème de vermine 96
FICHE 20 Echantillonnage de l'air 97
FICHE 21 Interprétation des mesurages 99
FICHE 22 Réglementation concernant les conditions climatiques 101
FICHE 23 Indices de confort thermique 102
FICHE 24 Caractérisation de l'humidité de l'air - Diagramme psychrométrique 105
FICHE 25 Mesurages des paramètres climatiques 106
FICHE 26 Rayonnement thermique 108
FICHE 27 Ordres de grandeur de niveaux sonores 109
FICHE 28 Critères de confort acoustique 112
FICHE 29 Matériaux absorbants acoustiques 115
FICHE 30 Temps de réverbération T_{60} - amélioration de l'acoustique interne d'un local 117
FICHE 31 Matériaux isolants acoustiques 120
FICHE 32 Amélioration de l'isolement acoustique 122
FICHE 33 Appareils de mesurage du bruit 125
FICHE 34 Mesurage du niveau de bruit 126
FICHE 35 Unités d'éclairage 127
FICHE 36 Eclairements souhaitables 128
FICHE 37 Eblouissements 130
FICHE 38 Types de lampes 132
FICHE 39 Types de luminaires 134
FICHE 40 Travail sur ordinateur 135
FICHE 41 Recommandations concernant l'éclairage 139
FICHE 42 Evaluation des facteurs sociaux et organisationnels 142

INDEX DES MATIERES 145

SICK BUILDING SYNDROME
SBS

CHAPITRE I

I. BREF HISTORIQUE

Au cours des années 1960, s'est développé progressivement un intérêt particulier pour la qualité des espaces d'habitation et de travail. La tendance fut d'élaborer des recommandations qui ne tenaient guère compte des aspects énergétiques. Les attitudes changèrent radicalement en 1973 à la suite de l'élévation des prix des produits pétroliers. Des campagnes de sensibilisation aux économies d'énergie par une meilleure isolation et une étanchéité accrue des bâtiments furent lancées et les valeurs recommandées - en termes de températures d'air, de débits d'air neuf, de niveaux d'éclairement, ... - furent revues considérablement à la baisse.
Cette période des années 70 coïncide avec celle où les plaintes relatives à la qualité de l'environnement intérieur se sont développées.
L'épisode de la convention de la légion américaine à Philadelphie en 1976 est certainement celui qui a révélé le problème auprès du public. Alors que se tenait cette convention, 182 (ou 221 selon les sources) personnes, séjournant dans et autour de l'hôtel, présentèrent des symptômes de pneumonie et 29 (ou 34) en moururent. Les analyses ont montré que la cause en était une bactérie qui se développe dans les bacs d'eau des installations de conditionnement d'air; elle fut appelée Legionella et la maladie reçut le nom de ″maladie des légionnaires″, ces derniers n'étant en fait en rien liés à l'apparition de ces pneumonies.
Cet épisode ayant frappé les esprits, de nombreuses études épidémiologiques furent entreprises. Elles révélèrent que le nombre de situations à problème avait été et était très important et que, dans d'autres lieux, des épisodes semblables s'étaient produits.
Les termes ″Sick Building Syndrome″ (SBS) et ″Building-Related Illness″ (BRI) sont apparus. Ils seront traduits en français par ″syndrome des bâtiments malades″ et ″maladie liée aux bâtiments″. Ces dénominations ont été maintes fois critiquées. Elles sont cependant à ce point ancrées dans les habitudes qu'il faut s'en contenter.

II. LE ″SICK BUILDING SYNDROME″ (SBS): DEFINITION

Le SBS se caractérise par un ou plusieurs symptômes non spécifiques touchant la peau, les muqueuses, le système respiratoire et/ou le système nerveux central. Au niveau d'un bâtiment, les personnes peuvent présenter des symptômes évoquant des étiologies très différentes.
Ces symptômes apparaissent rapidement lorsque ces personnes séjournent dans le bâtiment et s'estompent et, en général, disparaissent, dès qu'elles le quittent, le soir, le week end ou durant les vacances. Ils sont donc indéniablement liés à l'occupation des locaux.
Les plaintes sont essentiellement d'inconfort et sont en rapport avec des symptômes qui ne sont pas liés à une menace pour la santé physiologique, du moins à court terme.

III. LES ″MALADIES LIEES AUX BATIMENTS″: DEFINITION

Les maladies liées aux bâtiments diffèrent absolument du SBS. Il s'agit ici de symptômes bien spécifiques de pathologies précises (infection, asthme, intoxication, ...),qui n'apparaissent que progressivement et demandent un temps beaucoup plus long pour disparaître. La santé à court terme est ici menacée.

LE PRESENT DOCUMENT S'INTERESSERA ESSENTIELLEMENT AU SBS.

IV. IMPORTANCE DU PROBLEME

Burge et Hoyer (1990) ont étudié les symptômes de SBS chez 4329 employés dans 42 bâtiments administratifs au Royaume Uni. Ces bâtiments furent choisis au hasard et n'étaient pas connus comme posant des problèmes de SBS. Ils peuvent donc être considérés comme représentatifs des bâtiments ″ordinaires″ au Royaume Uni et probablement en Belgique. Il en est de même de la population étudiée.

Il était demandé aux employés s'ils avaient souffert plus de deux fois, au cours des 12 derniers mois, d'un ou de plusieurs des 10 symptômes suivants: sécheresse des yeux; picotements des yeux ou larmoiement; nez bouché; nez qui coule; gorge sèche; léthargie ou fatigue; mal de tête; symptômes grippeux avec douleurs des membres et/ou fièvre; difficultés respiratoires; sensations d'oppression thoracique. Il en ressort, entre autres, que 80% des employés présentaient au moins un symptôme et qu'en moyenne 3 symptômes étaient rapportés. Les symptômes les plus fréquents étaient: léthargie ou fatigue (57%), nez bouché (47%), gorge sèche (46%), maux de tête (43%).
De telles prévalences sont assez inquiétantes.

Certaines sources émettent l'hypothèse qu'une personne sur 4 serait affectée plus ou moins par ce SBS en Suède et qu'un bâtiment sur trois aux USA serait ″malade″. Le SBS ne concerne donc pas seulement les immeubles de bureaux (où il est le moins difficile à étudier), mais aussi les écoles, les hôpitaux, les maisons domestiques, ...
Selon le Center of Diseases Control des USA (Kreiss, 1989), 50 à 100.000 cas de légionnelloses surviendraient chaque année aux USA et entre 1 et 27% des pneumonies seraient dues à cette bactérie. 5 à 10% d'entre elles seraient mortelles, pour des personnes ayant des déficiences immunitaires (Blair, 1996).

Les fourchettes des évaluations citées ci-dessus sont très larges et indiquent combien l'importance du problème est méconnue, même dans le cas de la ″maladie liée au bâtiment″ la plus documentée et la plus identifiable. Dans le cas du SBS, la situation est bien moins connue encore et il est difficile de sensibiliser les directions des entreprises au coût que cela représente:

- Le coût du traitement des bâtiments, et donc de la prévention, est relativement facile à évaluer: frais d'études, améliorations techniques, frais d'entretien et de surveillance.
- Par contre, le coût de l'absence de prévention reste discutable: productivité réduite, absentéisme accru, indemnisation des victimes, frais d'assurances, soins de santé supportés par la collectivité, dépréciation de la valeur du bâtiment, ...

L'épisode du Berlaimont à Bruxelles contribuera peut-être à faire changer les choses. Quoiqu'il s'agisse en 1997 d'un problème d'amiante essentiellement, ce bâtiment était connu, bien avant la ″découverte″ de l'amiante, pour ses problèmes climatiques, chimiques, d'éclairage, ..., bref, ses problèmes de SBS.

V. CLASSIFICATION DES SYMPTOMES DE SBS

Les symptômes du SBS peuvent être classés en 5 catégories:

1. Les symptômes affectant les muqueuses et les voies respiratoires supérieures:
   - irritation, sécheresse des yeux, du nez, de la gorge;
   - picotements des yeux, larmoiements, congestions nasales;
   - toux, éternuements, saignements du nez;
   - voix enrouée ou modifiée.
2. Les symptômes affectant le système respiratoire profond:
   - oppressions thoraciques, respirations sifflantes, asthme, essoufflements.
3. Les symptômes affectant la peau:
   - sécheresse, démangeaisons, éruptions.
4. Les symptômes affectant le système nerveux central:
   - fatigue, difficultés de concentration, somnolence;
   - maux de tête;
   - étourdissements, vertiges, nausées.
5. Les symptômes de gêne extérieure:
   - odeurs déplaisantes, modification du goût.

La classification proposée par l'OMS est quelque peu plus simple:

1. Symptômes généraux:
   - fatigue, tête lourde, mal de tête;
   - nausées, vertiges;
   - difficultés de concentration.
2. Symptômes affectant les muqueuses:
   - démangeaisons, sensations de brûlure, irritation des yeux;
   - nez irrité, bouché ou qui coule;
   - gorge sèche et rauque, toux.
3. Symptômes affectant la peau:
   - peau du visage sèche ou rouge;
   - démangeaisons, sensations de brûlure ou de pression sur le visage.

VI. RELATIONS CAUSE-EFFET OU ASSOCIATIONS

Les études réalisées ont inévitablement concerné certains bâtiments particuliers, dans un certain environnement. Il n'est donc pas surprenant que les associations trouvées ne concernent que le ou les cas particuliers étudiés et que les résultats des différentes études ne concordent pas toujours. Ainsi, le SBS ne peut être associé à la présence de moquette que dans les bâtiments qui en sont équipés et la probabilité de trouver une relation avec la sécheresse de l'air est plus importante dans un pays froid que dans un pays chaud.

D'autre part, ainsi que souligné par Jones (1990), on ne connaît pas en général la cause réelle du SBS et l'on se contente de constater (sans comprendre nécessairement pourquoi) qu'en prenant certaines mesures, le SBS s'estompe.

La revue de la littérature et la méthode d'approche qui sont décrites ci-après doivent être comprises dans ce sens. Nous parlerons donc d'associations, de simultanéités, de conco mitances entre symptômes et facteurs de la situation de travail, plutôt que d'effets et de causes.

VII. FACTEURS ASSOCIES

Les facteurs associés au SBS sont multiples et peuvent être classés en 2 grandes catégories:

1. Les facteurs ambiants

- La pollution chimique qui peut être due:
  - ◊ à la pollution extérieure;
  - ◊ aux matériaux utilisés dans le bâtiment;
  - ◊ aux activités à l'intérieur;
  - ◊ à l'installation de chauffage et/ou de conditionnement d'air.
- La pollution microbiologique, avec les mêmes origines possibles.
- Les facteurs climatiques: la température de l'air, son humidité, les courants d'air, le rayonnement thermique.
- Les facteurs environnementaux: l'éclairage, le bruit, le rayonnement électromagnétique, l'électricité statique, ...

2. Les facteurs personnels, sociaux et organisationnels

Les différents points de la première catégorie seront discutés dans des fiches en référence à la procédure de surveillance. Les facteurs personnels, sociaux et organisationnels sont discutés brièvement ci-après.

VIII. LES FACTEURS PERSONNELS, SOCIAUX ET ORGANISATIONNELS

A. Introduction

De nombreuses études ont recherché s'il existait une simultanéité entre les symptômes de SBS et certains facteurs dits ″psychosociaux″. Certaines ont interprété, un peu vite, cette concomitance en terme de causalité.
Le poids de ces études varie très fortement:

- en fonction du nombre de personnes interrogées et/ou du nombre de situations ou bâtiments étudiés;
- en fonction du type de personnes: 466 personnes de la population générale (Norbäck et Edling, 1991), 4953 employés (Stenberg et Wall, 1995), 225 femmes membres du personnel d'hôpitaux gériatriques (Nordström et coll., 1995);
- en fonction du type de données récoltées, les questionnaires étant chaque fois différents.

Les études diffèrent également par ce qu'elles appellent facteurs ″psychosociaux″. Ces termes recouvrent manifestement deux types de données:

- des ***facteurs personnels*** tels que âge, sexe, état civil, niveau d'éducation, tabagie, forme physique, obésité, allergie au nickel, mère qui fume, ...;
- des ***facteurs sociaux et organisationnels***, tels que: degré d'insatisfaction au travail, manque de collaboration au travail, stress au travail, ...

B. Données personnelles

Chaque étude représentant un cas particulier, les résultats se contredisent immanquablement. Ainsi, s'il est toujours préférable d'être non fumeur, non obèse et en forme physiquement, il n'est cependant pas établi que cela serait corrélé avec une moindre prévalence de symptômes de SBS. Il en est de même de l'âge.
Quant au sexe, on doit constater que la prévalence de plaintes est plus élevée chez les femmes que chez les hommes (12% vs 4% dans un groupe de 4943 employés en Suède (Stenberg et Wall 1995)). Ces auteurs émettent l'hypothèse d'un plus grand nombre de symptômes chez les femmes. Le questionnaire restait cependant relativement sommaire concernant les facteurs sociaux et organisationnels qui sont plus que probablement responsables de cette différence.

C. Facteurs sociaux et organisationnels

Les études épidémiologiques rapportent une concomitance entre les symptômes de SBS et des facteurs tels que la surcharge de travail, l'insatisfaction avec les supérieurs hiérarchiques ou les collègues (Skov et coll., 1989), le faible impact possible sur ses conditions de travail (Nordström et coll., 1995), soit, globalement, ce que l'on appelle le ″stress au travail″ (Nordström et coll., 1995; Norbäck et coll., 1990), ...

Ce ″stress″ au travail est défini de manière différente par les auteurs. Ce sujet a fait l'objet d'une étude et d'une publication de l'Institut National de Recherche sur les Conditions de Travail (Moors 1994).
Aussi nous contenterons nous de reprendre ici les composantes possibles du stress professionnel décrites par Baker (1989):

- l'environnement physique, chimique et biologique;
- la tâche: la nature, le rythme, la charge, les possibilités d'autonomie et de modifications, les délais, ...;
- la structure du travail: les horaires, les heures supplémentaires, ...;

- l'organisation du travail: le partage des responsabilités, les rivalités, les relations, la reconnaissance du travail réalisé, le respect en tant qu'être humain, ...;
- l'insécurité d'emploi, les perspectives d'avenir, les problèmes personnels, ...

Ainsi que le souligne le même auteur, ce ″stress″ professionnel peut avoir des effets dans les trois domaines:
- physiologique: réactions de stress, hypertension, ulcères, infarctus, ...;
- psychologique: insatisfaction, anxiété, dépression, burn out;
- et comportemental: moindre productivité, absentéisme, abus d'alcool et de médicaments, ...

Ces effets varient d'un sujet à l'autre en fonction de caractéristiques personnelles et sociales: type de comportement (type A ou non), ressources personnelles pour réagir, autoestime, état émotionnel, entourage familial, ... Certains interpréteront plus rapidement leurs sensations comme étant une maladie ou un inconfort. Certains encore attribueront plus vite cet inconfort ou cette maladie à leurs conditions de travail.
Cependant, il est essentiel que ceux qui sont en charge de résoudre ou d'éviter les problèmes de SBS partent du principe que les sources du stress sont NON PAS chez les travailleurs mais bien DANS le travail. Si ce principe est explicitement adopté, il sera plus aisé de focaliser l'étude sur les facteurs de stress, plutôt que sur les réactions individuelles; de rechercher les causes plutôt que de vouloir apprendre au personnel à ″faire face″.

Comme le souligne de nouveau Baker, il est donc significatif de parler de facteurs ″sociaux et organisationnels″ plutôt que de facteurs ″psychosociaux″.

IX. SBS OU HYSTERIE COLLECTIVE

Face à un problème de SBS, et faute d'éléments ″objectifs″ susceptibles de justifier les plaintes, l'hypothèse spontanément adoptée, tant par les directions que par les ″experts″ techniques, est celle d'une réaction irrationnelle et exagérée du personnel à des problèmes mineurs, voire d'une invention pure et simple de ces problèmes.

Comme dit antérieurement, facteurs ambiants et personnels-sociaux-organisationnels sont clairement imbriqués et dans de nombreux cas se potentialisent.

La dynamique d'un problème de SBS suit environ le schéma suivant:
1. certaines des causes possibles de stress professionnel ci-dessus existent;
2. un élément déclenchant se produit: l'apparition d'odeurs, une maladie soudaine, une coïncidence telle que deux fausses couches en même temps, ... Quelqu'un formule l'hypothèse d'un lien entre des problèmes de santé et les conditions de travail au sens large;
3. le problème s'amplifie: de plus en plus de personnes établissent un tel lien entre leurs problèmes et les conditions qui sont les leurs. Des plaintes sont formulées.

Toute réaction de personnes jouissant d'un pouvoir (employeur, autorité, ″experts″), qui minimise a priori ou méprise le problème, conduit à infantiliser le personnel concerné et à donner à ce problème une dimension plus grande encore (Alexandre et Fedoruk 1986).

Bien qu'un problème de SBS puisse prendre des proportions démesurées (fuite du bâtiment, ...), sa dynamique est cependant différente de celle des ″maladies psychogènes de masse″, c.à.d., en clair, des ″hystéries collectives″. Ces dernières se déclenchent en quelques heures, voire minutes, sont très violentes, avec des symptômes tels que hyperventilation, nausée, syncopes, ... qui ne se rencontrent jamais dans les cas ″normaux″ de SBS. Ils consistent en une réaction affective immédiate, alors que, dans le cas du SBS, il s'agit plutôt d'une réaction de préoccupation à moyen ou plus long terme.

On peut conclure de ce qui précède que les études épidémiologiques, du fait de leur rigueur scientifique, ne pourront probablement jamais établir de manière péremptoire une association entre facteurs sociaux et organisationnels et SBS. A fortiori, l'établissement d'une relation de cause à effet est utopique.
Néanmoins, il paraît de plus en plus incontestable que:

- le SBS résulte de la conjonction de nombreux facteurs ambiants, personnels, sociaux et organisationnels;
- le dosage des différents facteurs peut varier fortement d'un cas à l'autre, mais tous les facteurs sont toujours plus ou moins présents;
- c'est une erreur de gestion de la part des responsables que de nier l'existence et la contribution de certains facteurs;
- la solution d'un problème de SBS passe immanquablement par des actions sur chacun de ses facteurs.

Un questionnaire est présenté à la *FICHE 42* pour l'étude détaillée des facteurs sociaux et organisationnels.

X. GESTION D'UN PROBLEME DE SBS (Baker, 1989; Boxer, 1990)

1. Quels que soient les plaintes et les symptômes, les accepter avec calme et professionnalisme, leur montrer de l'intérêt et la reconnaissance de leur sincérité. Témoigner ainsi au personnel qu'il est compris, respecté et pris au sérieux. Accorder de l'importance aussi bien aux facteurs sociaux et organisationnels qu'aux facteurs ambiants.
2. Veiller à ce que personne, de l'encadrement ou des consultants, n'apporte, non plus, de manière prématurée et non fondée, crédit à certaines hypothèses de causalités.
3. Limiter le nombre d'intervenants extérieurs et rechercher la personne au sein de l'entreprise qui a une bonne connaissance générale de la problématique du SBS et qui pourra orchestrer l'investigation et solliciter l'intervention d'experts, si et seulement si c'est nécessaire et pour des aspects particuliers.

   Plus le nombre "d'experts" est grand, plus le risque de récolter des avis divergents augmente. D'autre part, cette inflation est perçue par le personnel comme la preuve de l'ampleur du problème et contribue donc à son amplification.
4. Maximaliser la participation du personnel dans l'investigation. En informer et impliquer directement le Comité de Prévention et de Protection et/ou les représentants des travailleurs.
5. Informer clairement, complètement et immédiatement le personnel des résultats des investigations, des actions qui sont envisagées, des étapes qui seront parcourues. Lutter ainsi efficacement contre le développement de rumeurs qui "pourrissent" le problème. Il est conseillé de constituer un groupe de travail, dirigé par le coordinateur défini au point 3 et regroupant des membres du personnel concerné, de la direction et de la gestion du bâtiment.
6. Faire de même avec les médias si ces derniers sont informés. Neutraliser le risque d'informations erronées "de source sûre", en donnant une information claire et directe. Désigner une seule personne pour ces contacts.
7. Ne pas se précipiter vers "LA" solution qui résoudrait définitivement le problème. Les problèmes de SBS ayant la plupart du temps des causes multiples, attendre les conclusions d'ensemble pour présenter les actions envisagées.

   Des conclusions prématurées et erronées font perdre toute crédibilité et jettent la suspicion.
8. Si, malgré toutes les actions techniques, le problème subsiste et/ou qu'un diagnostic de "stress" est porté, en assumer la responsabilité en recherchant les causes et en cherchant à les éliminer.
9. Garantir l'anonymat lors du recueil des plaintes. Ce recueil doit être réalisé par une seule personne de manière à minimiser les différences d'interprétation. Le médecin du travail est généralement le mieux placé pour un tel recueil. Sauf en cas de pathologie manifeste, il y a intérêt à éviter que les plaignants soient vus par le médecin en milieu clinique lors d'un premier entretien, de manière à éviter les rumeurs d'hospitalisation.

10. Sauf en cas de problème manifeste susceptible de compromettre la santé à court terme, éviter de fermer une zone de travail.

    Une telle fermeture est interprétée comme une reconnaissance d'un problème majeur de santé et est difficilement réversible, quelles que soient les actions entreprises.

11. Former le personnel à évaluer son environnement et à y maintenir des conditions favorables, tant en ce qui concerne les facteurs ambiants que les facteurs sociaux et organisationnels.

*
* *

PRESENTATION DE LA DEMARCHE

CHAPITRE II

I. A QUI S'ADRESSE-T-ELLE ?

- L'objectif de la démarche décrite dans cet ouvrage est de permettre aux responsables techniques des bâtiments et aux conseillers en prévention qui les assistent de résoudre ou d'éviter un problème de SBS.
- L'ouvrage s'adresse donc à ces responsables techniques et à ces conseillers en prévention. Il est bien entendu que:
  - la responsabilité finale et les décisions restent à l'employeur qui délègue seulement à ces responsables techniques et conseillers la mission d'étudier le problème existant ou à venir, et de proposer les mesures de prévention ;
  - l'étude du problème et la recherche de mesures de prévention ne peuvent être valablement réalisées qu'avec la collaboration des personnes directement concernées. Cela est plus vrai encore pour les problèmes de SBS, étant donné le caractère souvent apparemment irrationnel des plaintes.

II. OBJECTIF: LA PREVENTION

Les ″maladies liées au bâtiment″ sont essentiellement dues aux agents biologiques et la prévention consiste à faire en sorte que ces agents biologiques existent le moins possible: nettoyage des bacs à eau, des humidificateurs, des moquettes, élimination ou contrôle strict des plantes, ...

Les éléments à surveiller pour éliminer un problème de SBS particulier sont nettement moins connus et beaucoup plus spécifiques au cas rencontré.

L'attitude la plus généralement adoptée, et la seule défendable, est de ne pas rechercher, à tout prix, la ou les causes, mais d'identifier toutes les déviations de la situation rencontrée par rapport à l'optimum et de tenter d'y remédier.
L'hypothèse est donc que c'est en améliorant, un peu ou plus, l'ensemble des facteurs de la situation de travail que le problème de SBS sera maîtrisé.

Il est bien sûr nécessaire de documenter les plaintes, leur nature, leur importance, leur localisation, leurs circonstances de survenue..., afin de cerner le problème et d'orienter les remèdes. C'est cependant une erreur assez commune que de pousser l'analyse trop finement, de distinguer entre hommes et femmes, entre matin et après-midi, entre mercredi à 11h et vendredi à 9h...

III. STRUCTURE DE LA DEMARCHE

- La démarche proposée est ***itérative*** et ***progressive:***
  - Au départ: étape d'***OBSERVATION***
    Le personnel lui-même et son encadrement direct
    - ◊ parcourent les différents points repris dans la procédure des chapitres III et IV et
      - * de manière rapide, simple et peu coûteuse
    - ◊ déterminent
      - * les facteurs ou aspects qui pourraient être rapidement améliorés
      - * et ceux qui nécessitent une investigation plus approfondie.

    Cette étape devrait permettre de reconnaître les problèmes, de résoudre simplement bon nombre d'entre eux et d'orienter les étapes suivantes.
  - En seconde étape: étape d'***ANALYSE***
    - * si les actions envisagées ont un rapport coût-bénéfice a priori défavorable,
    - * ou si le problème de SBS persiste,
    - * ou si, pour des raisons conflictuelles, cela apparaît nécessaire,

- ◊ des personnes plus qualifiées,
  - * telles que les responsables techniques des bâtiments
  - * avec les préventeurs de santé et sécurité (ingénieurs, médecins, ergonomes, ...),
  - * en collaboration avec le personnel et son encadrement direct
- ◊ parcourent à nouveau la procédure décrite aux chapitres III et IV
  - * de manière plus approfondie
  - * avec des mesurages, si nécessaire
- ◊ afin , à nouveau
  - * de déterminer les remèdes possibles
  - * ou les points à approfondir

• Une troisième étape: étape d'***EXPERTISE*** et éventuellement une quatrième ... sont entreprises

- * par les mêmes intervenants
  - ♦ responsables techniques et préventeurs
- * avec l'assistance de personnes de plus en plus spécialisées
- ◊ sur des aspects détectés précédemment et de plus en plus ciblés
- ◊ pour la recherche de solutions de prévention particulières.

- La démarche est ***souple*** et ***modulable*** en fonction
  - * de la taille de l'entreprise
  - * du temps disponible
  - * des compétences disponibles.

  Il n'est donc pas précisé où une étape 1 devrait finir et où l'étape 2 devrait commencer. Dès lors qu'un facteur ou aspect ne peut être considéré valablement faute de temps, de moyens ou de compétences, il doit être traité au niveau suivant.

- Lors des étapes 1 ***OBSERVATION*** et/ou 2 ***ANALYSE***, les ***plaintes***/***symptômes*** du personnel (chapitre III) sont recueillis, mis dans leur contexte et analysés concernant:
  - ◊ leur nature
  - ◊ leur localisation
  - ◊ les circonstances d'apparition
  - ◊ les causes invoquées

  de manière à déterminer la gravité du problème de SBS et son étendue et d'orienter la recherche de solutions.

- La ***procédure technique*** (chapitre IV) consiste ensuite à passer en revue l'ensemble des facteurs ou aspects susceptibles d'être directement ou indirectement en rapport avec le problème de SBS.

  Les listes présentées abordent 5 points:
  1. le facteur ou aspect concerné (***données***)
  2. les ***points à examiner*** quant à ce facteur ou cet aspect
  3. les ***actions*** susceptibles d'être prises en rapport avec ces points
  4. les ***mesurages de base*** susceptibles d'être réalisés lors de l'étape ***ANALYSE*** ou aux étapes ultérieures
  5. les ***mesurages spécialisés*** susceptibles d'être réalisés lors de l'étape 3 ***EXPERTISE*** ou aux étapes ultérieures.

  Les mesurages courants et a fortiori les mesurages spécialisés ne se justifient que si ils sont indispensables pour définir les actions de prévention les plus adéquates.

- Les ***facteurs considérés*** se rapportent à:
  A. la gestion générale
  B. l'installation de chauffage, ventilation, conditionnement d'air
  C. la pollution chimique et biologique
  D. le climat
  E. le bruit

F. l'éclairage
G. d'autres facteurs physiques
H. l'environnement social et organisationnel

- Dans chacune de ces catégories, les facteurs considérés se rapportent aux situations susceptibles d'être rencontrées dans des immeubles de bureaux. Les listes ne peuvent en aucun cas être exhaustives.
  - Dans certains cas, des points supplémentaires devront être abordés:
    - ◊ les spécialistes les identifieront et adapteront la procédure en conséquence
    - ◊ il n'est pas indispensable qu'à l'étape 1, ***OBSERVATION***, voire à l'étape 2 ***ANALYSE***, les intervenants aient connaissance et abordent ces points supplémentaires.
  - Dans d'autres cas, les listes seront trop complètes
    - ◊ les facteurs non concernés sont simplement non pris en compte.

- Les problèmes de pollution par le ***radon***, et l'***amiante*** NE sont PAS des problèmes de SBS, quand bien même ils représentent un risque majeur. Ils ne donnent pas lieu aux symptômes atypiques caractérisant le SBS. Ils ne sont donc pas considérés dans le présent ouvrage. Des informations à ces sujets peuvent être trouvées auprès de différents organismes (dont le Centre Scientifique et Technique de la Construction, Rue Violette 21-23, 1000 Bruxelles). Une brève discussion en est présentée à la *FICHE 15.*

- ***Condition de mise en oeuvre*** (Boxer, 1990)
  - L'expérience montre que toute tentative a priori de négation ou de minimalisation du problème, se solde non seulement par un échec, mais par une amplification du problème, ce dernier étant susceptible de s'aggraver dans la dimension psychosociale.
  - Au devoir moral s'ajoute donc l'intérêt humain, voire financier, d'étudier un problème de SBS de façon objective et en toute clarté, dès qu'il surgit.
  - La procédure décrite ci-dessus exige donc une collaboration totale entre tous les partenaires:
    - employeur et ligne hiérarchique
    - employés
    - responsables techniques
    - préventeurs et experts.

*
* *

RECUEIL ET ANALYSE DES PLAINTES/SYMPTOMES DE SBS

CHAPITRE III

I. OBJECTIFS

- Recueillir les plaintes/symptômes principaux que présente le personnel dans les zones où existe un problème de SBS.
- Recueillir les avis du personnel sur les causes possibles ou les éléments qu'il estime devoir être modifiés.
- Resituer ces plaintes/symptômes et avis dans le contexte de travail.

II. PAR QUI?

- Par une personne qui a la confiance de toutes les parties:
  - de l'employeur et des responsables techniques quant à son objectivité;
  - du personnel quant à son objectivité et sa confidentialité.
- qui saura faire la synthèse des données et participer activement au groupe de travail gérant le problème de SBS.

III. COMMENT?

- En recueillant auprès du personnel, collectivement ou individuellement au cours d'un interview, les informations ci-après.

A. Liste de contrôle des informations à recueillir PAR PERSONNE

1. Caractéristiques personnelles

- Sexe:
- Age:
- Ancienneté dans l'entreprise:
- Ancienneté dans la zone avec SBS :
- Localisation de l'emplacement principal de travail sur le plan du bâtiment
- Fumeur: NON ☐ OUI ☐
- Niveau hiérarchique: Ouvrier ☐ Employé ☐
  Cadre inférieur ☐ Cadre supérieur ☐
- Présence dans le bâtiment: <50% ☐ >50% ☐
- Histoire personnelle d'eczéma, allergie, rhinite ou asthme :
  nulle ☐ légère ☐ importante ☐

2. Circonstances d'apparition du SBS

3. Symptômes

Ne noter que les symptômes occasionnels (**parfois**) et fréquents (**souvent**) dont la personne se plaint **spontanément** et préciser si la gêne qu'elle éprouve est peu ou très sévère.

Symptômes	*Fréquence*		*Sévérité*	
	parfois	*souvent*	*peu*	*très*
yeux (démangeaisons, irritations, brûlures, larmoiements)				
nez (sec, irrité, bouché, qui coule, qui saigne, éternuements)				
gorge (sèche, enrouée, irritée, toux)				
poitrine (oppression, respiration courte, sifflante)				
peau (sécheresse, rougeur, démangeaisons, éruptions)				
tête (maux de tête, lourdeur, difficulté de concentration, problèmes de mémoire)				
général (somnolence, fatigue générale, apathie, nausées, vertiges)				
maladie (grippe, fièvre, infections)				

4. Plaintes relatives aux conditions de travail

- Ne noter que les plaintes émises **spontanément** par la personne
- Pour chacun des items de la liste, noter:
  - si ces plaintes sont occasionnelles (parfois) ou fréquentes (souvent)
  - et si la personne les juge peu ou très graves
- Préciser également:
  - les circonstances dans lesquelles elles apparaissent et
  - les causes invoquées par la personne.

Facteurs	***Fréquence***		***Sévérité***		***Circonstances/Causes***
	parfois	***souvent***	***peu***	***très***	
Agents chimiques et biologiques (moisissures, parasites, ...)					
Manque d'air					
Poussières					
Odeurs (y compris tabac)					
Température de l'air					
Humidité/sécheresse					
Courant d'air					
Bruit					
Eclairage (naturel, artificiel)					
Reflets (écrans)					
Nature du travail					
Organisation du travail					
Relations au travail					
Autonomie dans le travail					
Responsabilités					
Satisfaction au travail					
Autres					

B. Synthèse des données POUR LE GROUPE

1. Caractéristiques personnelles: nombre de personnes dans chaque classe

Sexe:	..... Hommes	..... Femmes	
Age:	..... < 30 ans	..... [30, 40 ans]	..... > 40 ans
Ancienneté dans l'entreprise:	..... < 2 ans	..... < 10 ans	..... > 10 ans
Ancienneté dans la zone avec SBS	..... < 3 mois	..... < 1 an	..... > 1 an
Fumeurs:	..... NON	..... OUI	
Niveau hiérarchique:	..... ouvriers	..... employés	
	..... cadres inférieurs	..... cadres supérieurs	
Présence dans le bâtiment	..... < 50%	..... > 50% du temps	
Histoire personnelle (eczéma, allergie, rhinite, asthme):		..... nulle ou légère	....importante

2. Circonstances d'apparition du SBS

Synthèse des commentaires: *FICHE 3*

3. Symptômes: nombre de personnes présentant des symptômes.

Symptômes		***Fréquence***		***Sévérité***	
	NON	***parfois***	***souvent***	***peu***	***très***
Yeux					
Nez					
Gorge					
Poitrine					
Peau					
Tête					
Général					
Maladie					

4. Facteurs associés

- Noter le nombre de personnes mettant en cause les différents facteurs et résumer les circonstances et causes invoquées. *FICHE 2*

Facteurs	*Fréquence souvent*	*Sévérité très*	*Circonstances/causes*
Agents chimiques et biologiques (moisissures, parasites, ...)			
Manque d'air			
Poussières			
Odeurs (y compris tabac)			
Température de l'air			
Humidité/sécheresse			
Courant d'air			
Bruit			
Eclairage (naturel, artificiel)			
Reflets (écrans)			
Nature du travail			
Organisation du travail			
Relations au travail			
Autonomie dans le travail			
Responsabilités			
Satisfaction au travail			
Autres			

- Approfondir, le cas échéant, les facteurs sociaux et organisationnels au moyen du questionnaire présenté à la *FICHE 42*.

*
* *

OBSERVATION

CHAPITRE IV

A. Gestion générale

B. Etude de l'installation de chauffage - conditionnement d'air

Etude de la situation intérieure sous l'angle:

C. Pollution

D. Climat

E. Bruit

F. Eclairage

G. Facteurs physiques divers

A. GESTION GENERALE

• *Points à examiner* ☞ Actions ◊ *Mesurages de base* * Mesurages spéciaux

I. Définition des missions

- **Responsable général gestion du bâtiment** *FICHE 1*
  - *compétence*
  - *missions*
- **Responsables techniques de l'installation de HVAC** (chauffage et/ou ventilation et/ou conditionnement d'air)
  - *missions, procédures*
  - *formation*
  - *si firme extérieure: contrat, compétence*

II. Politique de maintenance et d'entretien du système HVAC

- *missions des responsables et procédures*
  - ☞ repréciser
  - ☞ définir les checklistes de procédures et missions
- *programmation des maintenances/entretiens préventifs*
  - ☞ repréciser en ce qui concerne
    - ◦ prises d'air extérieur
    - ◦ filtres à air
    - ◦ batteries de chaud et froid
    - ◦ humidificateurs
    - ◦ courroies et ventilateur
    - ◦ gaines de distribution
    - ◦ bouches de pulsion et de reprise
  - ☞ fiches d'entretien et rapport *FICHE 10*
    - ◦ contrôle de la régularité de l'entretien
    - ◦ contrôle de l'efficacité de l'entretien
- *gestion préventive*
  - ☞ installation de capteurs pour le contrôle (informatisé) des pressions, niveaux, températures, ...
- *procédure d'urgence en cas de panne*

III. Régime d'utilisation du système HVAC

- *heures d'utilisation du système par rapport aux heures d'occupation du local*
  - ☞ revoir selon les recommandations des *FICHES 8 et 9*
  - ☞ prévoir le renouvellement complet de l'air du bâtiment avant l'arrivée des occupants, si utilisation discontinue
  - ☞ revoir en fonction des conditions climatiques extérieures
- *programmation des maintenances et entretiens*
  - ☞ programmer en dehors des heures d'occupation
  - ☞ prévoir une période pour le renouvellement complet de l'air du bâtiment avant l'arrivée des occupants

IV. Politique d'entretien des locaux

- *nature et fréquence en fonction des activités effectuées*
- *produits de nettoyage utilisés* *FICHE 15*
  - ☞ demander les fiches de toxicité des produits
  - ☞ sélectionner les produits les moins toxiques
    - ◦ pour le personnel nettoyant
    - ◦ pour les occupants du bâtiment
  - ☞ prévoir le stockage de ces produits
- *méthode de nettoyage (aspiration, lavage, cirage, ...)*
  - ☞ revoir en fonction des activités
  - ☞ revoir le type d'aspirateur quant à la qualité du filtre de rétention
- *gestion des déchets*

  déchets périssables (cuisine, café, ...)
  - ☞ évacuation journalière minimale

  déchets non périssables (papier, ...)
  - ☞ évacuation fonction du volume

  déchets toxiques (cartouches, solvants, ...)
  - ☞ recueil sélectif
  - ☞ évacuation selon la législation

  poubelles: forme, taille, localisation
  - ☞ prévoir nettoyage et désinfection éventuelle

  containers centraux
  - ☞ prévoir des containers fermés
  - ☞ prévention des rongeurs
  - ☞ dans zone maintenue propre ventilée spécialement
- *gestion du problème de vermine* *FICHE 19*

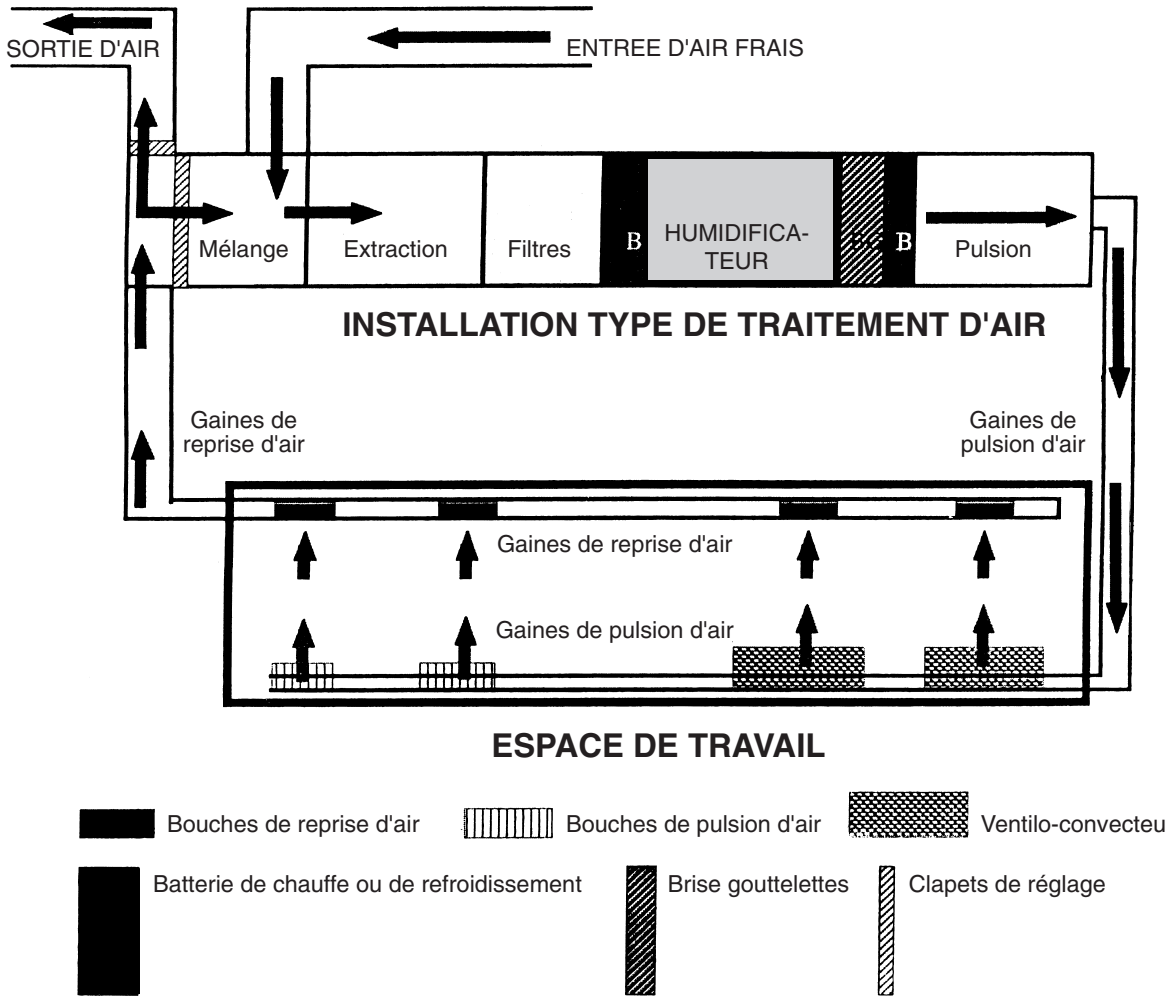
V. Politique de rénovation *FICHE 18*

- ☞ par des firmes spécialisées
- ☞ en dehors des heures d'occupation du bâtiment
- ☞ confiner les zones en rénovation
- ☞ utiliser une ventilation locale
- ☞ utiliser des produits les moins toxiques
  mis en œuvre par des techniques peu polluantes

VI. Politique d'inspection générale du bâtiment

- *organisation* *FICHES 4 et 5*
- *programmation*
- *réalisation*

SCHEMA DE L'INSTALLATION



B. ETUDE DE L'INSTALLATION DE CHAUFFAGE - CONDITIONNEMENT D'AIR

• *Points à examiner* ☞ Actions ◊ *Mesurages de base* * Mesurages spéciaux

I. Ventilation naturelle

• *localisation des entrées d'air*
- ☞ organiser la circulation naturelle à partir de zones non polluées — *FICHE 12*
- ☞ politique de nettoyage

II. Ventiloconvecteurs

1. Localisation

• *par rapport aux postes de travail*
- ☞ disposition uniforme dans le local
- ☞ à quelque distance des postes de travail (1 m)
- ☞ interdire de placer des dossiers ou autres sur les ventiloconvecteurs

• *par rapport aux plantes*
- ☞ écarter les plantes vertes — *FICHE 16*
- ☞ interdire de les poser sur les ventiloconvecteurs

2. Batteries de froid

• *capacité*
- ☞ fonction des besoins thermiques du bâtiment

• *propreté*
- ☞ politique de nettoyage — *FICHE 10*

• *drains*
- ☞ éliminer toute stagnation d'eau

3. Batteries de chaud

• *capacité*
- ☞ fonction des besoins thermiques du bâtiment

• *propreté* — *FICHE 10*
- ☞ politique de nettoyage

4. Ventilateurs

• *capacité*
- ☞ fonction des apports thermiques du bâtiment

• *propreté*
- ☞ politique de nettoyage — *FICHE 11*

5. Grilles

• *propreté, corrosion, obstructions*
- ☞ politique de nettoyage et de maintenance

III. Ventilation forcée par pulsion et chauffage

1. Prises d'air extérieur

- *localisation par rapport aux sources de pollution extérieure*
  - ☞ localiser les prises dans un milieu sans pollution *FICHE 12*
  - ☞ éviter surtout
    - localisation près du sol
    - rue à grand trafic, garage
    - végétation importante, activités agricoles
    - élevage, manège ...
    - tour de refroidissement
    - entrée de pigeons ...
  - ☞ si pollution microbiologique pas totalement évitable, accorder une attention particulière à la désinfection de l'installation
- *propreté*
  - ☞ politique de nettoyage des prises d'air à l'extérieur et à l'intérieur, en particulier poussières, débris, déchets d'oiseaux, ... *FICHE 11*
- *débit*
  - ☞ contrôle des réglages et de la régulation
    - ◊ *mesurages de débits*
  - ☞ contrôle du débit fixe ou variable par rapport aux spécifications

2. Rejets d'air

- *localisation par rapport aux prises d'air frais et aux entrées d'air de ventilation naturelle*
  - ☞ localiser les rejets à l'opposé du bâtiment et en aval des vents dominants
  - ☞ localiser à l'écart des prises d'air des voisins

3. Pré-filtres et filtres aux prises d'air extérieur

- *type de filtre* *FICHES 11 et 14*
  - ☞ pré-filtre EU1 à EU4
  - ☞ filtres EU5 à EU 9 dans le cas de bureaux ordinaires
    EU10 à EU14 (haute efficacité) salles spéciales (salles *ordinateurs)*
- *vétusté:* *étanchéité*
  - ☞ remplacement

  déchirure
  - ☞ remplacement

  programme de remplacement
  - ☞ politique de remplacement

  encrassement (perte de charge)
  - ☞ politique de nettoyage
- *technique de remplacement*
  - ☞ technique telle que le remplacement n'occasionne pas une pollution du bâtiment tout entier

B. ETUDE DE L'INSTALLATION DE CHAUFFAGE - CONDITIONNEMENT D'AIR

• *Points à examiner* ☞ Actions ◊ *Mesurages de base* * Mesurages spéciaux

4. Batteries de chaud

• *capacité*
☞ fonction des besoins thermiques du bâtiment

• *propreté*
☞ politique de nettoyage

• *contact avec l'eau d'humidification*
☞ placement d'un brise gouttelettes
☞ politique de nettoyage et de désinfection
* contrôle microbiologique

5. Batteries de froid

• *capacité*
☞ fonction des besoins thermiques du bâtiment

• *propreté*
☞ politique de nettoyage et de désinfection
☞ drains sans eau stagnante et avec mise à l'égout via un siphon

6. Ventilateur et caisson de pulsion

• *point de fonctionnement par rapport aux spécifications* *FICHE 11*
* mesurage des pressions

• *propreté du caisson et des pales du ventilateur*
☞ politique de nettoyage (en particulier des pales)

• *présence d'eau dans le caisson*
☞ réparer, remplacer le brise gouttelettes

• *corrosion, dégradation*
☞ remplacement

7. Conduits de distribution d'air

• *accès*
☞ prévoir des accès de contrôle

• *propreté - corrosion - obstructions*
☞ politique de nettoyage et de maintenance *FICHE 11*
☞ rechercher les causes de salissure-corrosion
☞ éliminer les causes (voir filtres en amont)
☞ remplacement

• *intégrité du recouvrement intérieur anti-bruit*
présence de fibres
☞ remplacement

• *fuites d'air*
☞ éliminer

8. Clapets

• *bon fonctionnement, corrosion*
☞ réparer, remplacer: politique d'entretien

• *propreté, obstructions*
☞ politique de nettoyage

IV. Ejectoconvecteurs

- *bon fonctionnement*
  ☞ propreté
- *réparer, remplacer*
  ☞ politique de nettoyage

V. Humidificateur avec bac récolteur d'eau

1. Mauvaise déconcentration

- *la mesure de la conductivité de l'eau a été faite il y a* plus d'une semaine *FICHE 10*
  ☞ le contrôle est insuffisant, instaurer une fiche de contrôle
- *présence de dépôts blancs de sels sur les parois dans l'humidificateur*
  ☞ arrêt et nettoyage en profondeur, bonne déconcentration
- *l'eau de déconcentration ne s'écoule pas à l'égout au moment de l'examen*
  ☞ débouchage de l'évacuation

2. Entretien

- *le dernier nettoyage du bac remonte à plus d'un mois*
  ☞ politique de nettoyage et désinfections *FICHES 10 et 11*
- *l'hypochlorite est utilisé*
  . mode d'utilisation
  . concentration
- *des biocides sont utilisés*
  . nature
  . efficacité
  ☞ éliminer cet usage
  ☞ à défaut, n'utiliser que des biocides non toxiques et seulement de manière occasionnelle

3. Horaire d'utilisation de l'humidification

- *l'humidificateur est à l'arrêt la nuit*
- *l'humidificateur est à l'arrêt le week-end*
- *l'humidificateur est arrêté pendant l'été pour un nettoyage approfondi*
  ☞ pendant les périodes d'arrêt prolongé il est préférable de mettre le bac à sec
- *en hiver, les batteries chaudes restent parfois en fonctionnement avec l'humidificateur à l'arrêt (antigel)*
  ☞ le bac doit être obligatoirement vidé pendant les périodes d'arrêt

4. Humidificateur est équipé d'un système UV de stérilisation

- *filtres en amont*
  ☞ filtres nettoyés ou changés une fois par mois
  ☞ de bons filtres régulièrement entretenus sont indispensables
- *nombre d'heures maximal de fonctionnement des tubes U.V.*
- *dépôts de sels sur les parois de quartz*
  ☞ nettoyage et vérification de la conductivité de l'eau

5. Stérilisateur UV de l'air

- *dépôts blanchâtres sur tubes UV*
  ☞ nettoyage et vérification de la conductivité de l'eau *FICHE 11*
- *tubes UV changés après le nombre d'heures maximal de fonctionnement*
  ☞ changer les tubes

6. Adoucisseur d'eau

- *absent*
  ☞ indispensable
- *eau dans le réservoir de stockage*
  ☞ contrôle de la conductivité

7. Siphons d'évacuation

- *bouchés*
  ☞ entretien
- *désamorcés*
  ☞ amorçage
  ☞ maintien continu de l'amorçage

VI. Humidificateur à vapeur

Condensation dans le réseau de distribution d'air (gaine)

- *le caisson situé immédiatement après les rampes de vapeur*
  ☞ revoir les dispositions respectives
- *endroit possible de condensation*
  ☞ revoir les débits de vapeur
  ☞ revoir les températures d'air
  ☞ revoir l'isolation des gaines

VII. Bouches de pulsion/Plenum

- *localisation par rapport au personnel et orientation*
  ☞ revoir l'orientation pour une diffusion optimale et des vitesses acceptables aux postes de travail
- *propreté - corrosion - obstructions*
  ☞ politique de nettoyage et de maintenance
  ◊ *examen microscopique des poussières (fibres...)* *FICHE 21*
  ◊ *examen microbiologique*
  ☞ recherche des causes
  ☞ élimination des causes
- *libre circulation et répartition dans le plenum*
  ☞ éliminer les obstacles, débris, ...

VIII. Débits

- *débit par local en fonction de son affectation*
  ☞ revoir le débit selon les recommandations de la *FICHE 8*
- *à chaque bouche*

- *répartition entre les bouches*
  - ☞ déblocage des bouches
  - * mesurages des débits d'air *FICHE 21*
- *vérification des pertes de charge dans les gaines*
  - ☞ réglage du débit total
  - ☞ réglage de la répartition entre les différentes bouches

IX. Reprises d'air dans les locaux

- *localisation par rapport aux bouches de pulsion*
  - ☞ localisation à l'opposé des bouches de pulsion par rapport au personnel
  - ☞ étudier et éliminer tout court-circuit entrée-sortie
- *localisation par rapport aux sources de pollution* *FICHE 12*
  - ☞ revoir la disposition
- *présence d'écrans/obstacles bloquant la circulation de l'air ou assurant un court-circuit entrée-sortie*
  - ☞ relocaliser les écrans-obstacles
  - ☞ éliminer tout court-circuit entrée-sortie
- *propreté des bouches*
  - ☞ politique de nettoyage
- *débits à chaque bouche*
- *homogénéité des débits*
  - * mesurage des débits d'air *FICHE 21*
  - ☞ réglage du débit aspiré
  - ☞ réglage de la répartition entre bouches de reprise

X. Recyclage d'air

1. Origine de l'air recyclé *FICHES 12 ET 13*

- ☞ modifier l'installation si l'air est repris dans un local avec nuisances particulières (archivage ...)

2. Chambre de mélange

- *propreté*
  - ☞ politique de nettoyage

3. Filtres

- *intégrité*
  - ☞ remplacement *FICHES 11 et 14*
- *perte de charge*
  - ☞ nettoyage
- *propreté*
  - ☞ politique de nettoyage
  - ☞ si pas de filtre: modification de l'installation

B. ETUDE DE L'INSTALLATION DE CHAUFFAGE - CONDITIONNEMENT D'AIR

• *Points à examiner* ☞ Actions ◊ *Mesurages de base* * Mesurages spéciaux

XI. Chaudières

- *conditions de fonctionnement par rapport aux spécifications*
- *entretien par du personnel qualifié*
  . brûleurs;
  . joints (fuites de CO et de gaz, ...); *FICHE 15*
  .....
- *entrées d'air de combustion suffisantes*
  ☞ ouvertures d'air supplémentaires
- *présence de fuites d'eau, de vapeur, de fuel*
  ☞ réparer
- *rejet des gaz de combustion à l'écart de l'aspiration d'air frais*
  ☞ relocaliser

XII. Récupérateurs de chaleur

- *type*
  ☞ type sans perte de charge
- *propreté*
  ☞ politique de nettoyage

XIII. Tours de refroidissement

- *localisation par rapport aux prises d'air*
  ☞ modifier la localisation relative
  ☞ politique de nettoyage et de désinfection des tours
  * contrôle microbiologique

XIV. Régime de pression entre les locaux

- *l'air ne peut être pulsé dans un local avec nuisances (archivage, toilettes, photocopieuses, ...) et passer dans des locaux de travail* *FICHE 6*
  ☞ modifier l'installation
  ☞ rejet total de l'air extrait de locaux avec nuisances
  ☞ locaux polluants en dépression
  ☞ locaux sensibles en surpression
  ◊ *repérage des trajets d'air par fumées*
  ☞ repérer sur un plan les différents régimes de pression entre tous les locaux tenant compte des portes, fenêtres ouvertes, cages d'escaliers, cages d'ascenseurs, cages d'évacuation, ...
- *si système HVAC, le bâtiment doit être en légère surpression par rapport à l'extérieur, de manière à éviter les entrées d'air parasites*
  ☞ débit d'air neuf supérieur au débit d'air rejeté par le système principal de HVAC.

XV. Système de régulation du HVAC

- *fonctionnem*ent

  ☞ remise en état

- *points de consigne*

  ☞ vérification par rapport aux valeurs souhaitées: *FICHE 9*
  - ○ en débit;
  - ○ en température;
  - ○ en humidité.

- *réglage du temps*

  ☞ programmation temporelle fonction des temps d'occupation du bâtiment

C. Etude de la situation intérieure sous l'angle "POLLUTION"

• *Points à examiner* ☞ Actions ◊ *Mesurages de base* * Mesurages spéciaux

En général FICHES 5 à 21

1. Les locaux *FICHE 4*

- *âge*
- *histoire (rénovation, restructurations)*
- *état général de vétusté*
  - ☞ rénovation générale
  - ☞ utilisation de peintures et produits non toxiques
- *plan*
- *orientation Nord Sud Est ou Ouest*
- *densité de personnes et d'équipement par rapport aux densités prévues initialement*
  - ☞ revoir la répartition
- *étude des locaux polluants* *FICHE 6*

2. Le milieu extérieur

- *sur rue ou jardin*
- *si rue* . intensité du trafic
  . pollution ambiante
- *si jardin*: . végétation: proximité, type, risque allergique
- *propreté à l'extérieur*
  - ☞ politique de nettoyage
  - ☞ poussières
    - * caractérisation des poussières
- *déchets d'oiseaux aux niveaux des fenêtres*
  - ☞ rendre impossible l'accès

3. Les plafonds - faux-plafonds

- *nature (plafonnage, panneaux, fibres, ...)*
- *présence de taches d'humidité*
  - ☞ éliminer les fuites d'eau
  - ☞ surveiller l'isolation thermique
    - ◊ *mesurage de l'humidité relative et de la température* *FICHE 7*
  - ☞ éviter les condensations
  - ☞ remplacement
- *état général de vétusté*
  - ☞ rénovation
  - ☞ peintures et produits non toxiques *FICHE 15*

4. Les murs et parois

- *nature (plafonnage, papier, tissus, ...)*
- *présence de taches d'humidité*
  - ☞ éliminer fuites d'eau
  - ☞ surveiller l'isolation thermique
  - ☞ éviter les condensations
    - ◊ *mesurage de l'humidité relative et de la température* *FICHE 7*
    - * température des parois
    - * mesurage microbiologique
  - ☞ rénovation

C. Etude de la situation intérieure sous l'angle "POLLUTION"

• *Points à examiner* ☞ Actions ◊ *Mesurages de base* * Mesurages spéciaux

5. Les sols

FICHES 16 et 17

- *carrelage, vinyle et moquette*
  - *. vétusté*
    - ☞ rénover
  - *. propreté*
    - ☞ politique de nettoyage,
  - *. produits de nettoyage*
    - ☞ technique
    - ☞ produits moins nuisibles
- *moquette: points particuliers*:
  - *. présence d'odeurs de solvants* *FICHE 15*
  - *. pollution microbiologique*
    - * mesurage microbiologique
    - ☞ nettoyage spécial
    - ☞ remplacement
      - ○ moquette plus adaptée
      - ○ autre matériau
- *prévention de la vermine*: *FICHE 19*
  - ☞ programmation
  - ☞ produits utilisés
  - ☞ procédure d'utilisation

6. Les fenêtres

Stores

- *présence de stores*
  - *. type*
  - *. intérieur ou extérieur*
    - ☞ stores verticaux orientables intérieurs
    - ☞ ou stores voile extérieurs
  - *. état de vétusté*
    - ☞ remplacement
  - *. état de propreté (poussières)*
    - ☞ politique de nettoyage

Ouverture

- *possible ou non*
  - ☞ fonction du système de chauffage
- *si ouverture possible pour ventilation naturelle*
  - *. type d'ouverture (ouvrant, pivotant, ouvrant/tombant, ...)*
    - ☞ préférer le type ouvrant/tombant avec réglage de l'angle d'ouverture
  - *. herméticité*
    - ☞ remplacement des joints
  - *. état de vétusté*
    - ☞ remplacement
- *circulation d'air pour assurer une ventilation naturelle adéquate*
  - ☞ éviter les courants d'air

C. Etude de la situation intérieure sous l'angle "POLLUTION"

• *Points à examiner* ☞ Actions ◊ *Mesurages de base* * Mesurages spéciaux

7. Les peintures

- *ancienneté*
- *odeurs de peinture* — *FICHE 15*
  - ☞ vieillissement des surfaces
  - * concentration en aldéhydes et solvants

8. Les postes de travail — *FICHES 13 et 16*

- *emplacement, densité sur plan des lieux*
  - ☞ diminuer la densité
- *encombrement des surfaces*
  - ☞ rangement
- *propreté des surfaces*
  - ☞ politique de nettoyage
- *produits de nettoyage*
  - ☞ produits non toxiques et non allergisants

9. Le mobilier — *FICHES 13 et 15*

- *nombre, encombrement*
- *vétusté des archives*
  - ☞ rangement - archivage
- *propreté*
  - ☞ politique de nettoyage
  - * examen microscopique des poussières

10. Les appareils polluants, imprimantes, photocopieuses ou autres machines

- *types, avec émissions annoncées par le fabricant* — *FICHE 13*
  - ☞ machines peu polluantes
  - * mesurage d'émissions d'ozone et/ou solvants
  - ☞ localiser dans un local séparé
  - ☞ sinon, étudier la possibilité d'une aspiration locale directement vers l'extérieur
- *vétusté*
  - ☞ remplacement
- *propreté*
  - ☞ politique d'entretien
- *nombre, encombrement*
  - ☞ revoir la localisation
  - ☞ envisager un local spécial séparé
- *emplacement par rapport aux bouches de pulsion et de reprise*
  - ☞ placer les appareils:
    - ◦ le plus près possible des bouches de reprise
    - ◦ le plus loin possible des bouches de pulsion

C. Etude de la situation intérieure sous l'angle "POLLUTION"

• *Points à examiner* ☞ Actions ◊ *Mesurages de base* * Mesurages spéciaux

11. Les plantes vertes *FICHE 16*

- *emplacement, nombre*
  ☞ réduire et mieux localiser
- *nature, toxicité*
  ☞ plantes non toxiques et/ou allergisantes
- *qualité de l'entretien*
  ☞ entretien systématique
  ○ eau
  ○ terreau

12. Les bacs à déchets *FICHES 15 et 16*

- *nombre*
- *nature des déchets*
  ☞ séparation des déchets organiques
- *propreté*
  ☞ politique d'entretien
  ○ fréquence d'évacuation
  ○ nettoyage

13. Les documents

- *nature (papier ordinaire, calques, ...)*
  ☞ choix de papier
- *vétusté des documents*
  ☞ remplacement

14. L'archivage *FICHE 16*

- *état des lieux d'archivage*
  ☞ nettoyage, aération
- *humidité des lieux*
  ☞ contrôle de l'humidité
  ◊ *mesurage de la température et de l'humidité par thermohygrographe* *FICHE 7*
  * examen microbiologique
  . des archives
  . de l'air ambiant
- *état des documents*
  ☞ revoir le classement

15. Les fumeurs *FICHE 15*

- *politique*
  ☞ définition d'une politique de gestion du tabagisme
- *nombre de fumeurs*
  ☞ campagne de sensibilisation
- *cendriers (nettoyage)*
  ☞ politique de nettoyage/évacuation
  * dosage CO, CO_2 dans l'air *FICHE 21*
  ☞ filtres à charbon actif

OBSERVATION

C. Etude de la situation intérieure sous l'angle "POLLUTION"

• *Points à examiner* ☞ Actions ◊ *Mesurages de base* * Mesurages spéciaux

16. Les humidificateurs internes avec réservoir

FICHE 16

• *emplacement, nombre*

☞ réduction progressive et remplacement par une technique d'humidification plus saine

• *propreté*

☞ en attendant: nettoyage systématique avec désinfectant

* étude microbiologique

17. Coins cuisine-café

• *emplacements*

• *propreté*

☞ politique de nettoyage

• *déchets*

☞ évacuation, poubelles, ...

D. Etude de la situation intérieure sous l'angle "CLIMAT"

• *Points à examiner* ☞ Actions ◊ *Mesurages de base* * Mesurages spéciaux

I. Température de l'air

1. Sources internes de chaleur

• *machines: nombre, emplacement, puissance*
- ☞ capotage avec évacuation de la chaleur
- ☞ réduction de la puissance installée

• *personnel: densité, répartition*
- ☞ répartition homogène
- ☞ réduction de la densité

2. Sources de chauffage convectif (radiateurs)

• *emplacement*
- ☞ sous les fenêtres
- ☞ répartition homogène

3. Bouches de pulsion

• *emplacement*
- ☞ densité proportionnelle à la densité du personnel et des sources de chaleur

• *politique de réglage (continu, saison, semaine, jour ..., heure début-fin)*

• *point de consigne*
- ☞ révision de la politique de réglage

4. Ordre de grandeur des températures durant les périodes où plaintes de SBS

◊ *mesurages en continu par thermohygrographe* *FICHES 7 et 25*

◊ *mesurages ponctuels pendant périodes représentatives*

• *homogénéité spatiale*
- ☞ éviter les écarts supérieurs à 2° C entre postes de travail et entre locaux

• *homogénéité verticale*

◊ *mesurages ponctuels* *FICHES 7 et 25*
. à 10, 60, 110 cm de hauteur, si sujets assis
. à 10, 110, 170 cm de hauteur, si sujets debout

- ☞ gradient maximal de température de 2° C par mètre de hauteur
- ☞ revoir l'isolation du sol et du plafond
- ☞ revoir le système de chauffage (si par le sol ou le plafond)

• *température du sol*

* par sonde de contact en différents points du sol

- ☞ température idéale >21° C
- ☞ revoir isolation du sol
- ☞ revoir le système de chauffage si par le sol

D. Etude de la situation intérieure sous l'angle "CLIMAT"

• *Points à examiner* ☞ Actions ◊ *Mesurages de base* * Mesurages spéciaux

II. Humidité de l'air

FICHE 24

1. Sources internes d'humidité

• *machines: nombre, emplacement*
- ☞ capotage avec évacuation de l'humidité
- ☞ élimination des émissions

• *personnel: densité, répartition*
- ☞ répartition homogène
- ☞ réduction de la densité

2. Humidification / déshumidification forcée

FICHE 24

• *point de consigne*
- ☞ revoir le point de consigne

3. Ordre de grandeur de l'humidité durant les périodes où plaintes de SBS

◊ *mesurages en continu par thermohygrographe* *FICHES 7 et 25*

◊ *mesurages ponctuels durant périodes représentatives avec hygromètres*

- ☞ humidité relative entre 40 et 60% à la température optimale
- ☞ réglage de l'humidification/déshumidification

4. Traces de condensation

- ☞ élimination des causes (fuites, isolation, ...)
- ☞ remplacement des surfaces souillées

III. Rayonnement thermique

FICHE 26

1. Sources de chaleur radiante

• *nature, emplacement, puissance*
- ☞ traitement des sources (isolation, écrans, ...)
- ☞ élimination progressive

2. Rayonnement de parois chauffantes

* étude de la température de surface maximale en fonction des angles d'exposition

- ☞ réduction des températures de surface

3. Rayonnement solaire

- ☞ élimination par stores extérieurs ou, à défaut,
  - ○ par stores intérieurs verticaux orientables ou
  - ○ par vitrage spécial

• *stores / vitrage*

. efficacité
- ☞ remplacement

. vétusté
- ☞ remplacement

4. Rayonnement de sources froides

• *fenêtres en hiver*

☞ placement de stores

5. Ordre de grandeur du rayonnement thermique durant les périodes où plaintes de SBS

* mesurage de la température globe noir *FICHE 25*

* ou des températures planes de rayonnement avec recherche des surfaces responsables

☞ amélioration des températures de surface

☞ réduction des asymétries de rayonnement

- entre parois verticales: à moins de 10° C
- entre sol et plafond: à moins de 5° C

IV. Vitesse de l'air

1.Sources de courants d'air

• *portes, fenêtres, ...*

☞ éliminer toutes les causes fortuites

2. Bouches de pulsion d'air

• *localisation par rapport au personnel*
• *type de diffuseurs*
• *sensation de courant d'air*

☞ modification du type de bouches pour améliorer la diffusion

☞ modification de l'orientation de la pulsion

3. Ordre de grandeur de la vitesse de l'air durant les périodes où plaintes de SBS

• *si assis*

◊ *mesurages en-dessous et au-dessus du plan de travail* *FICHE 25*

• *si debout*

◊ *mesurages à 110 cm de hauteur*

◊ *avec anémomètre à fil chaud*

◊ *pendant périodes représentatives*

☞ modification afin que V_a soit *FICHE 23*

- idéalement < 0,15 m/s
- au maximum = 0,5 m/s en pointe si sujet assis
  = 1 m/s en pointe si sujet debout

* mesurage des fluctuations de vitesse

☞ modification pour

- supprimer les fluctuations
- abaisser la vitesse moyenne d'autant plus que les fluctuations sont importantes

D. Etude de la situation intérieure sous l'angle "CLIMAT"

• *Points à examiner* ☞ Actions ◊ *Mesurages de base* * Mesurages spéciaux

V. Jugement global

1. Vêtement

• *isolement en clo*

☞ ajuster les vêtements et former le personnel de sorte que
- ◦ les vêtements soient perméables à la vapeur
- ◦ isolement 0,9 clo en hiver et 0,6 clo en été

☞ suggérer des possibilités d'adaptation comportementale

2. Activité

• *sédentaire, légère, moyenne, lourde* *FICHE 22*

☞ réduire au minimum la charge de travail

3. Estimation du confort thermique *FICHES 22 et 23*

◊ *calcul PMV-PPD par programme informatique*

• *objectif -0,5 < PMV < 0,5,PPD < 10%*

☞ recherche de modifications à apporter à tous les paramètres pour atteindre l'objectif (température, humidité, rayonnement, vitesse d'air, vêtements)

E. Etude de la situation intérieure sous l'angle "BRUIT"

• *Points à examiner* ☞ Actions ◊ *Mesurages de base* * Mesurages spéciaux

1. Critères: niveaux de bruit de fond *FICHE 28*

* mesurage du bruit de fond en dB(A)

2. Bruits extérieurs *FICHE 27*

• *bruit de fond* *FICHES 28 et 32*

☞ isolement acoustique des portes et fenêtres
- placement de vitrage double
- élimination des fentes par placement de joints en caoutchouc
- fermeture automatique des portes vers l'extérieur

* essais d'isolement au bruit aérien

• *présence de sons purs*

☞ recherche de causes particulières

3. Bruits dus à la ventilation *FICHE 30*

• *bruit de fond*

. dû au ventilateur

☞ absorption dans les gaines

. dû aux bouches de pulsion

* mesurages en amont et en aval de la bouche *FICHES 33 et 34*

☞ profil des bouches plus adapté

• *présence de sons purs*

☞ équilibrage du ventilateur et désaccordage des surfaces mises en vibration

4. Bruits des locaux voisins *FICHE 32*

• *bruit de fond*

☞ recherche des fentes, hétérogénéité

☞ isolement acoustique des parois *FICHE 31*

* essais d'isolement au bruit aérien

5. Bruits de pas *FICHE 32*

• *bruit de fond*

☞ recherche des ponts acoustiques

☞ isolement acoustique au bruit de masse

* essais d'isolement au bruit d'impact

6. Bruits particuliers *FICHES 28 et 32*

• *ascenseurs, claquements de portes*

☞ placement de joints anti-bruit

☞ placement de fermetures progressives

• *bruits de chasse d'eau*

☞ système d'évacuation et de remplissage

• *bruits d'escalier*

☞ revêtement résilient

E. Etude de la situation intérieure sous l'angle "BRUIT"

• *Points à examiner* ☞ Actions ◊ *Mesurages de base* * Mesurages spéciaux

7. Bruits liés à l'activité à l'intérieur du local

• *propagation des bruits individuels (téléphone, voix, activité, ordinateurs, imprimantes, ...)*

☞ placement d'écrans (armoire, panneaux de 1,5 m entre postes de travail)

* mesurage par bande d'octave du bruit de fond

• *bruit de fond trop faible*

* mesurage en dB (A)

☞ création d'un bruit de masque ramenant le bruit de fond au niveau optimal *FICHES 27 et 28*

8. Réverbération

• *claquement de main et écoute de la réverbération* *FICHE 30*

* mesurage du temps de réverbération

• *échos*

☞ identification des surfaces parallèles réfléchissantes

☞ recouvrement d'un matériau absorbant *FICHE 29*

• *réverbération longue*

☞ placement de matériaux absorbants *FICHE 30*

* après calcul

• *réverbération inexistante: son mat*

☞ éventuellement trop d'absorption déjà installée

- revoir les matériaux absorbants installés
- choisir des matériaux moins absorbants

F. Etude de la situation intérieure sous l'angle "ECLAIRAGE"

• *Points à examiner* ☞ Actions ◊ *Mesurages de base* * Mesurages spéciaux

1. Eclairement souhaité *FICHES 35 et 36*

• *perception des détails*

☞ détermination de l'éclairement souhaité en lux

2. Eclairage naturel *FICHE 37*

• *exposition solaire*

☞ éviter tout rayonnement solaire direct

☞ placement de stores

3. Eclairage artificiel général

Luminaires *FICHE 39*

• *type*

• *directivité*

☞ modifier pour BZ ≤ 4 dans les bureaux
BZ ≤ 3 si travail sur ordinateur

Lampes *FICHES 35 et 38*

• *type*

☞ lampes fluorescentes

• *rendu des couleurs*

☞ modifier l'indice de rendu des couleurs (IRC)

Disposition *FICHES 37 et 41*

• *orientation par rapport aux fenêtres*

☞ placer parallèlement aux fenêtres

Répartition

☞ répartir les luminaires de façon homogène

Eclairement

◊ *mesurage au luxmètre sur les plans de travail*

◊ *en l'absence d'éclairage naturel*

• *comparaison à l'éclairement souhaité*

☞ augmenter la puissance des lampes

☞ ou réduire le nombre de lampes

Uniformité *FICHES 37 et 41*

• *sur le plan horizontal*

☞ variation maximale de l'éclairement dans le rapport 1 à 3

☞ placer des luminaires moins puissants en plus grand nombre

Entretien *FICHE 41*

• *état de propreté*

☞ politique de remplacement

☞ politique de nettoyage

4. Eclairage artificiel local

☞ si possible, à éviter

Luminaires *FICHE 39*

• *type*

☞ pas de vision directe de la source de lumière

○ remonter le luminaire hors du champ visuel

○ améliorer l'orientation

F. Etude de la situation intérieure sous l'angle "ECLAIRAGE"

• *Points à examiner* ☞ Actions ◊ *Mesurages de base* * Mesurages spéciaux

Lampes *FICHE 38*

• *type*

☞ éviter les lampes dont le rayonnement thermique est important (incandescentes, halogènes, ...)

Eclairement

◊ *mesurage au luxmètre sur le plan de travail*

◊ *en l'absence d'éclairage naturel*

• *comparaison à l'éclairement souhaité* *FICHE 36*

☞ augmenter ou diminuer la puissance de la lampe

• *uniformité de l'éclairement sur le plan de travail* *FICHE 37*

◊ *mesurage au luxmètre en différents points du plan de travail, AVEC l'éclairage naturel*

☞ l'éclairement ne peut varier par plus d'un facteur 3

☞ redisposer les sources lumineuses

• *uniformité des coefficients de réflexion sur le plan de travail*

☞ modifier les teintes de sorte que les coefficients de réflexion soient les plus proches possibles

☞ éviter les surfaces de travail sombres

• *uniformité des luminances du plan de travail* *FICHES 31 et 41*

* mesurage des luminances

☞ la luminance ne peut varier par plus d'un facteur 3

☞ relocaliser les sources lumineuses locales et modifier les teintes des surfaces

Entretien *FICHE 41*

• *état de propreté*

☞ politique de remplacement

☞ politique de nettoyage

5. Eblouissement par vision directe de surfaces très lumineuses *FICHE 37*

• *fenêtres*

☞ placer les postes de travail de manière à avoir les fenêtres à gauche (pas à droite, ni à l'arrière et surtout pas à l'avant)

• *luminaires* *FICHE 39*

☞ relocaliser les luminaires de manière à ne pas permettre la vision des sources

- ○ les rehausser
- ○ placer des grilles de défilement
- ○ placer des écrans opalins pour réduire la luminance

6. Eblouissement dans le plan frontal *FICHE 37*

☞ le rapport luminance du plan de travail / luminance frontale doit être inférieur à 10, idéalement à 3

☞ modifier les teintes du plan frontal

☞ ou augmenter/réduire l'éclairement du plan frontal

* mesurage de la luminance frontale

7. Eblouissement indirect

☞ éliminer toute surface réfléchissante (verre, métal, surface brillante, ...)
☞ rendre les surfaces mates
☞ déplacer les surfaces brillantes hors du champ visuel

8. Travail sur écran

FICHE 40

- *position des écrans*

☞ les positionner parallèlement et à l'écart des fenêtres

- *reflets*

☞ identifier et supprimer toute source lumineuse se réfléchissant sur l'écran
☞ modifier l'emplacement de l'écran ou de la source

- *luminance de voile*

☞ éliminer toute réflexion diffuse sur l'écran

- *qualité*

☞ choisir des écrans avec réglage des luminances des caractères et du fond séparément
☞ former les travailleurs

- *uniformité* *FICHE 41*

☞ le rapport entre les luminances moyennes de l'écran et des surfaces avoisinantes doit être inférieur à 10 et idéalement à 3
* mesurage des luminances respectives
☞ régler la luminance moyenne de l'écran ou celle des surfaces
☞ utiliser des teintes de forces à peu près identiques dans le champ visuel de travail

- *entretien, propreté*

G. Etude de la situation intérieure sous l'angle "FACTEURS PHYSIQUES DIVERS"

• *Points à examiner* ☞ Actions ◊ *Mesurages de base* * Mesurages spéciaux

1. Electricité statique

- *déclenchement d'ordinateur*
- *décharge lors d'un contact métallique*

* mesurage de l'humidité de l'air

☞ augmentation de l'humidité de l'air
☞ traitement antistatique NON toxique des matériaux

2. Rayonnement électromagnétique

Ordinateurs

- *distance personnes-écran*

☞ éloigner le plus possible les personnes des écrans sur lesquels ils ne travaillent pas
☞ utiliser du matériel équipé d'écrans électromagnétiques

Machines diverses

☞ éloigner le plus possible les personnes

3. Ergonomie des postes de travail

FICHE 40

- *plan de travail, espace*
- *siège*
- *porte-documents*
- *repose-pied*

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

Alexander R.W., Fedoruk M.J. (1986) Epidemic psychogenic illness in a telephone operators' building. Journal of Occupational Medicine 28, 1, 42-45.

Apter A., Bracker A., Hodgson M., Sidman J., Leung Wing-Yan (1994) Epidemiology of the sick building syndrome. J. Allergy Clin. Immunol. 94, 277-288.

Baker D. (1989) Social and organisational factors in office building - associated illness. *In:* Cone J.E, Hodgson M.J. (eds) Problem buildings: building-associated illness and the sick building syndrome. Occupational Medicine: State of the Art Reviews 4, 4, 607-624.

Blair C.H. (1996) Legionella makes a comeback. Twenty years after killing 34 conventioneers at a Philadelphia hotel, legionnaires' disease is worrying health officials again. Occupational Health and Safety 65, 9, 67-69.

Boxer P.A. (1990) Indoor air quality: A psychosocial perspective. Journal of Occupational Medicine 32, 5, 425-428.

Burge H.A., Hoyer M.E. (1990) Indoor air quality. App. Occup. Environ. Hyg. 5, 2, 84-93.

CEN (Draft) (1993) Ventilation for buildings. Design criteria for the indoor environment. pp. 60.

Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents (1991) Sécurité au travail - Humidification de l'air. C.N.A., pp. 8.

Goyer N., Nguyen Van Hiep (1989) Stratégie d'étude de la qualité de l'air dans les édifices à bureaux. Institut de Recherche en Santé et en Sécurité du Travail du Québec, pp. 34.

Jaakkola J.J.K., Tuomaala P., Seppänen O. (1994) Textile wall materials and sick building syndrome. Archives of Environmental Health 49, 3, 175-181.

Jaakkola J.J.K., Miettinen P. (1995) Ventilation rate in office buildings and sick building syndrome. Occupational and Environmental Medicine 52, 709-714.

Jaakkola J.J.K, Miettinen P. (1995) Type of ventilation system in office buildings and sick building syndrome. American Journal of Epidemiology 141, 755-765.

Jones W. (1990) Le syndrome des édifices hermétiques (sick building syndrome ou SBS). Médecine et Travail 145, 32-39.

Kreiss K. (1989) The epidemiology of building-related complaints and illness. *In*: Cone J.E., Hodgson M.J. (eds) Problem buildings: building-associated illness and the sick building syndrome. Occupational Medicine: State of the Art Reviews 4, 4, 575-592.

Lund J., Rice C. (1992) Indoor air quality investigation: experience with a questionnaire survey instrument. App. Occup. Environ. Hyg. 7, 10, 682-688.

Malchaire J. (1988) Critères de ventilation, santé, hygiène et confort. Université catholique de Louvain, Unité Hygiène et Physiologie du travail, pp. 13.

Mikatavage M.A., Rose V.E., Funkhouser E., Oestendstad R. K.., Dillon K., Reynolds K.D. (1995) Beyond air quality - Factors that affect prevalence estimates of sick building syndrome. American Industrial Hygiene Association Journal 56, 1141-1146.

Moors S. (ed.) (1994) Stress et travail, origines et approches. Institut National de Recherche sur les Conditions de Travail, pp. 270.

National Institute for Occupational Safety and Health (1989) Indoor air quality. Selected references. NIOSH, Cincinnati, U.S.A., pp. 21.

Nemery B. (1990) Indoor environment and infectious disease. Arbeids- en Verzekeringsgeneeskunde & Pneumologie, K.U. Leuven.

Norbäck D., Edling C. (1991) Environmental, occupational, and personal factors related to the prevalence of sick building syndrome in the general population. British Journal of Industrial Medicine 48, 451-462.

Norbäck D., Michel I., Widström J. (1990) Indoor air quality and personal factors related to the sick building syndrome. Scand. J. Work Environ. Health 16, 121-128.

Nordström K., Norbäck D., Akselsson R. (1994) Effect of air humidifcation on the sick building syndrome and perceived indoor air quality in hospitals: a four month longitudinal study. Occupational and Environmental Medicine 51, 683-688.

Nordström K., Norbäck D., Akselsson R. (1995) Influence of indoor air quality and personal factors on the sick building syndrome (SBS) in Swedish geriatric hospitals. Occupational and Environmental Medicine 52, 170-176.

Parat S., Perdrix A., Grillot R., Croize J. (1990) Prévention des risques dus à la climatisation. Arch. Mal. prof. 51, 1, 27-35.

Robson T. (1990) What's the price of sick building syndrome? Safety and Health, 47-49.

Salvaggio J.E. (1994) Psychological aspects of ″environmental illness″, ″multiple chemical sensitivity″ and building-related illness. J. Allergy Clin. Immunol. 94, 2, part 2, 366-370.

Skov P., Valbjorn O., Pedersen B.V. (1989) Influence of personal characteristics, job-related factors and psychosocial factors on the sick building syndrome. Scand. J. Work Environ. Health 15, 286-295.

Skov P., Valbjorn O., Pedersen B.V. (1990) Influence of indoor climate on the sick building syndrome in an office environment. Scand. J. Work Environ. Health 16, 363-371.

Squinazi F., Lanfranconi I., Giard A.M. (1994) Confort et santé dans les bâtiments climatisés. Proposition d'un auto-questionnaire à utiliser par le médecin du travail. Documents pour le Médecin du Travail 60, 341-352.

Stenberg B., Wall S.(1995) Why do women report 'sick building symptoms' more often than men? Soc. Sci. Med. 40, 4, 491-502.

World Health Organisation (1990) Indoor environment: health aspects of air quality, thermal environment, light and noise. W.H.O., pp.127.

Zhu K. (1993) ″Sick building syndrome″: an inappropriate term. Journal of Occupational Medicine, Letters to the Editor, 35, 8, 752.

*
* *

FICHES

FICHES

FICHE 1
RESPONSABLE GESTION DU BATIMENT

1. Compétences requises

- compréhension du fonctionnement du système de chauffage et/ou ventilation et/ou conditionnement d'air (système HVAC);
- capacité de lire des plans architecturaux et mécaniques et de comprendre les données des fabricants;
- capacité de collaborer avec les occupants du bâtiment;
- autorité pour collecter les informations;
    - ◊ auprès des occupants;
    - ◊ auprès des opérateurs du système.

  sur:
    - ◊ les espaces de travail;
    - ◊ les équipements;
    - ◊ leur entretien (nature, programmation, ...);
- compréhension des données de sécurité et hygiène;
- compréhension des mesurages des paramètres de base:
    - ◊ les débits d'air généraux (ventilateurs, ...) et locaux (bouches de sortie, ...);
    - ◊ les pressions différentielles;
    - ◊ les paramètres climatiques;
    - ◊ la concentration en CO_2.
- SBS : connaissance générale de la problématique.

2. Missions

- dresser un état de la situation:
    - ◊ du système HVAC;
    - ◊ des locaux ;
- revoir les procédures de maintenance et d'entretien:
    - ◊ du système HVAC;
    - ◊ des locaux:
        - * politique des déchets;
        - * politique de nettoyage;
        - * politique de rénovation;
- établir et maintenir un système de communication avec les occupants;
- coordonner le personnel de maintenance et d'entretien:
    - ◊ missions respectives;
    - ◊ procédures;
    - ◊ formations;
- revoir et contrôler les rapports avec les sous-traitants:
    - ◊ firme spécialisée pour le système HVAC;
    - ◊ service de nettoyage;
    - ◊ service de gardiennage;
    - ◊ contrôle de la vermine;

- étudier tous les projets pouvant avoir une incidence sur la qualité de vie dans le bâtiment:
    - ◊ modification du système HVAC;
    - ◊ modifications architecturales;
    - ◊ rénovation;
- organiser l'inspection systématique et régulière du bâtiment;
- gérer les données enregistrées (températures, débits, ...);
- répondre aux plaintes et observations concernant la qualité de vie intérieure.

*

* *

FICHE 2
ANALYSE DES SYMPTOMES

1. Circonstances temporelles	Suggestions
• symptômes apparaissent ou empirent dès l'arrivée dans le bâtiment	• revoir le système de chauffage et/ou ventilation et/ou conditionnement d'air (HVAC) • revoir les émissions de gaz qui pourraient s'être accumulées durant les périodes de non-occupation
• symptômes empirent au cours de la journée	• revoir les débits d'air susceptibles d'être insuffisants
• symptômes intermittents	• rechercher le lien avec des phénomènes extérieurs (climat, ...)

• symptômes n'apparaissent qu'une fois	• rechercher une cause immédiate, telle que:
	  • remplacement de filtre
	  • fuite d'eau
	  • panne...

• apparition récente des symptômes	• revoir les événements récents:
	  • rénovation, redécoration
	  • modification d'équipement
	  • fuites d'eau
	  • nouveaux meubles ou moquettes

• symptômes ne disparaissent que très lentement (vacances, ...)	• problème lié à d'autres facteurs que le bâtiment • revoir les aspects sociaux et organisationnels

2. Nature des symptômes	Suggestions
• inconfort thermique	• revoir le fonctionnement du système HVAC • revoir les températures, humidité • revoir les courants d'air ou zones d'air stagnant • revoir les gains/pertes de chaleur par rayonnement
• irritation, congestion des muqueuses et voies respiratoires supérieures	• suspecter la présence de produits irritants ou allergiques • revoir la pollution microbiologique • revoir la présence d'allergènes (pollen) • revoir les sources de gaz irritants (formaldéhyde, solvant...)

• oppression, essoufflement, respiration sifflante (voies respiratoires inférieures)	• revoir la pollution microbiologique • revoir la pollution chimique
• maux de tête, somnolence, apathie, nausées, vertiges, ..., système nerveux central	• revoir la pollution chimique • revoir la ventilation générale
• plaintes générales sans systématisme	• revoir les aspects de bruit, d'éclairage • revoir les aspects ergonomiques des postes de travail • revoir les facteurs de stress

*
* *

FICHE 3
RECUEIL ET ANALYSE DES DONNEES EXISTANTES

Recueil

1. Description du système de chauffage, ventilation et conditionnement d'air (HVAC):

- plans mécaniques et architecturaux;
- spécifications
    - ◊ plan de circulation / débits d'air;
- manuel d'utilisation;
- manuel de maintenance technique;
- manuel d'entretien;
- évolution dans le temps du système.

2. Données d'entretien et de maintenance technique du système HVAC:

- rapport de réception définitive: état par rapport aux spécifications;
- programme d'entretien et de maintenance;
- données enregistrées concernant:
    - ◊ la maintenance technique;
    - ◊ l'entretien sanitaire.
- liste des personnes responsables, description des rôles, formation.

3. Données sur le bâtiment:

- affectation initiale pour laquelle le système HVAC fut prévu;
- plans architecturaux: division et affectations des espaces;
- affectations actuelles;
- plans architecturaux actuels et évolution dans le temps:
    - ◊ influence sur le système HVAC.
- transformations/rénovations du bâtiment: nature, dates;
- zones particulièrement à risque; *FICHE 6*
- zones à surpression et à dépression;
- densité d'occupation des différents locaux.

4. Données sur des plaintes SBS antérieures:

- historique des plaintes:
    - ◊ dates;
    - ◊ circonstances;
    - ◊ localisation;
    - ◊ évolution;
    - ◊ issue.

Analyse

1. Les documents (plans, manuels, ...) existent-ils?

2. Sont-ils à jour? (évolution du système)

3. Sont-ils utilisés?

- maintenance technique et entretien sanitaire:
  - ◊ séquence temporelle;
  - ◊ nature;
  - ◊ conformité du nouveau matériel avec le système et ses spécifications.
- personnel, définition des tâches, formation.

4. L'influence des modifications dans le bâtiment a-t-elle été prise en compte ?

- débit d'air total; *FICHE 8*
- répartition des débits;
- circulation de l'air.

*
* *

FICHE 4
INSPECTION DE BASE DES LIEUX DE TRAVAIL

Cette liste de contrôle reprend les problèmes les plus fréquents et les plus faciles à observer lors d'une visite rapide des lieux.

1. Anomalies dans la ventilation:
- diffuseurs obstrués, sales ou rouillés;
- courants d'air;
- pressions différentielles importantes sur les portes.

2. Anomalies dans les espaces de travail:
- densité de personnes trop importante;
- encombrement important;
- désordre général;
- obstacles à la ventilation;
- problème évident de tabagisme.

3. Anomalies quant à l'entretien:
- propreté générale des sols, étagères, dessus des armoires, fenêtres, luminaires, ...
- taches d'humidité (séchées ou non) sur les plafonds, la moquette, ...
- état des poubelles;
- propreté des bouches de pulsion, ventiloconvecteurs obstrués, ...

4. Anomalies par rapport à l'extérieur:
- proximité de route à grand trafic, industries, constructions, parkings, ...

5. Anomalies climatiques:
- températures trop élevées ou trop basses;
- exposition solaire sans stores;
- courants d'air.

6. Anomalies d'éclairage:
- éclairements trop faibles ou trop intenses;
- lumière de mauvaise qualité;
- reflets sur les objets ou les écrans.

7. Anomalies de bruits:
- bruits intenses, anormaux, sons purs, ronflements;
- ou réverbération importante.

*
* *

FICHE 5
INSPECTION GENERALE DU BATIMENT

1. Objectifs

- vue d'ensemble du bâtiment:
  - ◊ activités;
  - ◊ machines;
  - ◊ locaux;
- relevé des erreurs évidentes:
  - ◊ ventilation;
  - ◊ facteurs physiques (climat, bruit, éclairage, ...);
- relevé de premiers indicateurs:
  - ◊ circulation de l'air;
  - ◊ odeurs;
  - ◊ propreté des locaux et du système HVAC;

(les mesurages de températures, d'éclairement, de bruit, ... ne sont pas nécessaires à ce stade).

2. Support

- croquis ou plan du bâtiment (dimension réduite);
- feuilles de relevé;
- tableaux décrits au chapitre IV.

3. Procédure

- annonce de l'inspection quelques jours à l'avance de manière à:
  - ◊ encourager la participation;
  - ◊ ne pas prendre les personnes au dépourvu;
  - ◊ assurer que toutes les personnes concernées seront disponibles.
- réunion

  a. avec:
  - ◊ le responsable technique du bâtiment;
  - ◊ le préventeur de sécurité et hygiène;
  - ◊ le médecin du travail;
  - ◊ le responsable du département;
  - ◊ les représentants du personnel: (Comité de Prévention et de Protection, ...);
  - ◊ le personnel technique chargé du bâtiment (firme extérieure, ...).

  b. introduction générale:
  - ◊ présentation des objectifs;
  - ◊ présentation des résultats de l'analyse des données existantes; *FICHE 3*
  - ◊ introduction au problème de qualité de l'air et de l'espace de travail.

  c. discussion des activités de routine:
  - ◊ opération du système HVAC:
    - * programmation;
    - * fonctionnement;
    - * plaintes.

- ◊ activités générales et particulières:
  - * nature;
  - * densité d'occupation;
  - * machines particulières;
  - * polluants particuliers;
  - * plaintes.
- ◊ entretien des espaces de travail:
  - * stockage et évacuation des poubelles;
  - * nettoyage (programmation, nature, ...);
  - * stockage et évacuation des produits chimiques (cartouches d'encre, ...);
  - * traitement anti-vermine;
  - * plaintes.

• visite de l'immeuble:

- * idéalement par le groupe de personnes constitué ci-dessus.
- ◊ repérage;
- ◊ recherche des causes;
- ◊ recherche de solutions immédiates.

Pour:

- * odeurs, y compris de tabac;
- * conditions malsaines ou accumulation de saletés;
- * taches ou décoloration sur les murs, les plafonds, les sols;
- * moisissures ou taches d'humidité sur les sols, les plafonds, sous les fenêtres, dans les coins;
- * traces de fumée près d'équipements électriques;
- * bruits inhabituels;
- * éclairage défectueux ou insuffisant;
- * reflets;
- * températures anormales;
- * courants d'air anormaux;
- * pressions différentielles sur les portes;
- * ...

4. Méthode

• parcourir la liste de contrôle du chapitre IV en ce qui concerne:

- ◊ ***les données;***
- ◊ ***les points à examiner;***
- ◊ ***les actions possibles***
  - * les mesurages de base : si nécessaire.
    - ♦ les mesurages spécialisés : si indispensable.

*
* *

FICHE 6
ZONES DU BATIMENT A SURVEILLER EN PARTICULIER

1. Locaux

- ◊ laboratoires;
- ◊ zones pour fumeurs;
- ◊ imprimeries;
- ◊ cafetaria;
- ◊ coins cuisine;
- ◊ sanitaires;
- ◊ archives;
- ◊ locaux de stockage des déchets, poubelles, ...
- ◊ chaufferie;
- ◊ stockage de peintures, solvants, produits de nettoyage, produits chimiques, pesticides;

• ces locaux doivent être en dépression par rapport au reste du bâtiment.
• le débit d'air pulsé doit être majoré en fonction des risques de pollution.
• l'air de ces locaux ne peut être recyclé.

2. Installations

- ◊ système de ventilation;
- ◊ surfaces textiles: moquettes, tentures, tissus muraux, ...;
- ◊ surfaces horizontales: étagères, dessus des meubles, ...;
- ◊ radiateurs;
- ◊ nouvel équipement (dégazage, bon fonctionnement);
- ◊ vieil équipement (bon fonctionnement);
- ◊ poubelles locales;
- ◊ humidificateurs locaux;
- ◊ écrans d'ordinateurs, imprimantes, photocopieuses;
- ◊ fenêtres (fuite d'eau, condensation, ...).

*
* *

FICHE 7
APPAREILLAGE DE MESURAGE DE BASE ET D'EXPERTISE

1. Evaluation du système de HVAC

- ***Base:***
  - manomètre pour le mesurage des pressions différentielles;
  - anémomètre pour les vitesses d'air dans les gaines ;
  - pH-mètre et conductimètre : mesurages simples et rapides pour prévenir les risques de corrosion et corriger rapidement une déconcentration défectueuse.
- ***Expert:***
  - tubes de Pitot pour le mesurage des débits dans les gaines;
  - hotte Venturi pour le mesurage des débits aux bouches de pulsion et de reprise.

2. Pollution atmosphérique

- ***Base:***
  - générateur de fumée (tubes fumigènes) pour l'étude des circulations d'air entre et dans les locaux;
  - tubes détecteurs de la concentration de CO_2 avec pompe à main,
    - ◊ vérifier que les tubes sont adéquats pour les concentrations escomptées ;
  - loupe pour l'examen des poussières.
- ***Expert:***
  - tubes détecteurs spéciaux appropriés aux concentrations escomptées;
  - matériel spécialisé pour le mesurage des concentrations en CO, NO_x,O_3, formaldéhyde, ...;
  - microscope pour l'examen des poussières;
  - recours à un laboratoire spécialisé pour l'évaluation de la pollution microbiologique.

3. Conditions climatiques

- ***Base:***
  - thermohygrographe pour l'enregistrement de la température et de l'humidité à long terme (1 jour, 1 semaine);
  - thermohygromètre pour les mesurages ponctuels.
- ***Expert:***
  - anémomètre thermique pour le mesurage des vitesses d'air aux postes de travail;
  - thermomètre globe noir pour l'évaluation du rayonnement thermique.

4. Bruit

- ***Base :*** aucun recommandé.
- ***Expert:***
  - sonomètre intégrateur;
  - analyseurs de fréquences.

5. Eclairage

- ***Base:*** aucun recommandé.
- ***Expert:***
  - luxmètre pour le mesurage des éclairements.

*
* *

FICHE 8
RECOMMANDATIONS DES DEBITS D'AIR NEUF
NORME ASHRAE 1962-1989

	Application	m^3/h par personne	m^3/h par m^2
alimentaire	restaurant	35	
	cafetaria	35	
	cuisines	25	
bureaux	bureaux	35	
	zone d'acceuil	35	
	salle de conférence	35	
espaces publics	salon pour fumeurs	100	
	ascenseur		18
magasins	rez-de-chaussée / sous-sols		5
	étages		4
salles de spectacles	hall	34	
	auditoire	25	
éducation	salle de cours	25	
	bibliothèque	35	
	auditoire	25	

*
* *

FICHE 9
MAITRISE DE LA VENTILATION

1. Priorité

- Seconde méthode de prévention/amélioration après maîtrise des sources. *FICHE 13*
- Plus coûteuse en frais récurrents.
- A instaurer si preuve est faite de ce que le problème SBS est dû à la pollution de l'air.

2. Ventilation par dilution

- Augmenter la quantité totale d'air en circulation:
  - par action sur les ventilateurs, clapets de réglages...;
  - peut requérir une modification de la capacité de l'installation et donc de l'équipement.
- Augmenter la proportion d'air neuf (réduction du recyclage):
  - requiert une bonne qualité de l'air extérieur;
  - peut requérir une modification de la capacité de l'installation et donc de l'équipement.
- Améliorer la répartition de l'air entre les différents locaux:
  - requiert une étude sérieuse des régimes de pression et des circulations d'air dans le bâtiment, de manière à garder les dépressions (locaux polluants) et surpressions (locaux sensibles) ;
  - peut modifier le régime des pressions vis-à-vis de l'extérieur et entraîner l'entrée d'air non traité;
  - peut déplacer le problème si l'augmentation de la ventilation dans un local entraîne une réduction dans un autre local.

3. Confinement des polluants

- Confiner physiquement les machines ou locaux:
  - portes closes, fentes bouchées, ...;
  - vérifier les espaces au-dessus des faux-plafonds.
- Installer une aspiration locale spéciale près des sources ou dans les locaux polluants:
  - avec rejet direct à l'extérieur;
  - sans recirculation;
  - couper le système de ventilation générale dans les locaux concernés;
  - à tout le moins, couper les bouches de reprise d'air;
  - prévoir des entrées d'air de remplacement suffisantes pour les débits à extraire.
- Maîtriser strictement le régime de pression avec les locaux voisins et donc les circulations d'air.
- Localiser les occupants près des bouches de pulsion ou vice versa (en portant une attention particulière à ne pas créer de courant d'air, source de gêne).

*
* *

FICHE 10
EXEMPLE DE CAHIER DE MAINTENANCE MICROBIOLOGIQUE D'UNE INSTALLATION DE TRAITEMENT D'AIR

Un suivi spécifique des installations de traitement d'air dans les bâtiments est indispensable pour produire un air de qualité sur le plan microbiologique. C'est une maintenance inadéquate ou parfois même absente qui est à l'origine de pollutions microbiologiques trop souvent rencontrées au cours des enquêtes réalisées dans les bâtiments.

Afin d'aider au mieux les responsables de l'entretien de ces installations, le laboratoire de Mycologie de l'ISP a élaboré **un cahier de maintenance microbiologique**. Celui-ci permet à la fois de suivre les différentes étapes d'entretiens spécifiques et d'en évaluer l'efficacité sur le plan microbiologique. Une méthode de désinfection de l'eau d'humidification ainsi qu'un planning des contrôles microbiologiques et physico-chimiques de l'eau à réaliser sont entre autres proposés. Les autres niveaux de l'installation et de l'espace de travail les plus sensibles sont également signalés.

Ce cahier de maintenance est divisé en 3 volets complémentaires qui sont à remplir en fonction du type d'installation.

1. **Le premier volet** (formulaire ISP/Mycologie 961) permet de faire le point en ce qui concerne l'équipement de l'installation, de l'entretien actuel et futur. Les points sensibles sont mis en évidence et le planning des opérations et contrôles microbiologiques de base sera défini.

2. **Le deuxième volet** (formulaire ISP/Mycologie 962) renseigne sur les analyses d'eau d'humidification à effectuer régulièrement lorsque l'installation est équipée d'un humidificateur avec bac récolteur d'eau.

3. **Le troisième volet** (formulaire ISP/Mycologie 963) sert à indiquer toutes les opérations (maintenance, réparations, arrêt du groupe de pulsion, ...). La date et le nom de l'opérateur y sont également consignés.

PLANNING DE MAINTENANCE MICROBIOLOGIQUE Formulaire ISP/Mycologie 961	
Type de filtres:	
Remplacement des filtres prévu les:	
Nettoyage caissons, ventilateurs et batteries prévu les:	
Nettoyage gaines principales prévu les:	
Nettoyage bouches pulsion prévu les:	
Nettoyage éjectoconvecteurs prévu les:	
Autre:	
Autre:	
Type humidificateur:	
Présence adoucisseur:	
Stérilisateur UV:	
Type de désinfectant(s) utilisés:	
Désinfection en continu ou par doses, quantités de produits et fréquence:	
Mesure de la conductivité de l'eau prévue les :	
Mesure de l'appoint en eau prévue les:	
Autre:	
Autre:	
Autre:	
Date de remise en route de l'humidification:	
Date de l'arrêt de l'humidification:	
Nettoyages prévus les:	
Désinfection par chloration prévue les:	
Désinfection par autre(s) biocide(s) (indiquer le(s) noms(s)) prévue le:	
Nettoyage filtre UV prévu les:	
Autre:	
Autre:	
Contrôles microbiologiques et physico-chimiques de routine de l'eau prévus tous les:	
Nombre d'analyses spécifiques de l'eau prévues (au hasard pendant la saison de chauffe):	
Contrôle microbiologique annuel complet prévu le:	

FORMULAIRE DE CONTROLE DE L'EAU D'HUMIDIFICATION - Formulaire ISP/Mycologie 962

Limites maximales à ne pas dépasser: Bactéries totales(25+37°C): 50.000/ml (max.); Fonge totale (spécifique): 10/ml; Thermoactinomycètes: suivant espèces; Conductivité: 1.500 uS; pH: entre 7 & 9; endotoxines: 18ng/ml
(Ces valeurs "guide" n'ont de signification que si les protocoles d'analyses mis au point par l' ISP/Mycologie sont strictement respectés)
Les rapports (ou copie) des analyses doivent être annexés au cahier de maintenance.

Identification du groupe:

Date	Prévu dans le planning le :	Conductivité uS	pH	Bactéries 25°C/ml	Bactéries 37°C/ml	Somme math. /ml Bactéries 25 & 37°C	Endotoxines ng/ml	Fonge mésoph. total /ml	Thermoact. /100 ml	ATP	Autres analyses N° rapport	Conclusions/mesures à prendre

FORMULAIRE DE MAINTENANCE MICROBIOLOGIQUE (ISP/MYCOLOGIE 963)						
Identification du groupe:						
Opérations diverses (réparations, analyses, arrêt, ...)	**Date prévue**	**Date réalisation**	**Nom de la société ou de l'organisme**	**Opérateur (nom)**	**Opérateur (signature)**	**Observations / notes**

FICHE 11
ENTRETIEN MICROBIOLOGIQUE D'UNE INSTALLATION DE TRAITEMENT D'AIR

1. Les humidificateurs

Il existe plusieurs types d'humidificateurs. Ce sont les humidificateurs utilisant des bacs récolteurs d'eau qui nécessitent le plus d'attention sur le plan microbiologique. La régularité des opérations de nettoyage et de désinfection est primordiale.

- ***Nettoyage des bacs récolteurs d'eau:***
  - **Mise à sec des bacs récolteurs au moins une fois par an** afin de décaper les parois de tous les résidus organiques. Les surfaces de ruissellement (fils ″Amazone″, ″nid d'abeille″) doivent être examinées et, si nécessaire, traitées ou remplacées.
  - **Désinfection de l'humidificateur par chloration** conseillée une fois par semaine, une fois par quinzaine ou une fois par mois en fonction des résultats des analyses microbiologiques. Sont déconseillés les désinfectants ajoutés à l'eau pendant le fonctionnement de l'humidification.
  - **Opérations de chloration après forte contamination :**
    - ◊ traitement de ″choc″ :
      - * couper la pulsion et verser de l'Hypochlorite de soude 47/50 (14%), à raison de 1,5 l pour 100 à 150 l d'eau,
      - * faire fonctionner l'humidificateur (et U.V.) pendant 30 minutes,
      - * vidanger et remplir avec de l'eau fraîche et faire fonctionner à nouveau pendant 5 min,
      - * vidanger et recommencer la dernière opération de rinçage 1 à 2 fois ;
    - ◊ traitement de ″choc″ à réaliser plusieurs semaines consécutives, une fois par semaine. Des contrôles microbiologiques ***spécifiques*** de l'eau sont réalisés au moins tous les 15 jours ;
    - ◊ une fois la situation redevenue acceptable, diminuer la concentration en Hypochlorite de soude, d'abord par 10. Si la situation reste stable, envisager d'espacer les chlorations.
    - ◊ en cas de contamination persistante, envisager des modifications du système d'humidification.
  - **Entretien du stérilisateur U.V.:**
    - * nettoyage des tubes et du filtre, et contrôles bactériologiques réguliers de l'eau à la sortie du tube U.V. ;
    - * prévoir, si nécessaire, une vanne de purge en aval du tube, pour prélèvement d'eau ;
    - * réaliser une fois par mois quand la conductivité de l'eau (déconcentration) est satisfaisante. ;
    - ◊ surveiller également le nombre d'heures de fonctionnement du tube. Bien entretenu ce système contribue efficacement à renforcer les opérations précédemment décrites.
- ***Contrôles de l'eau à effectuer de manière régulière:***
  - **Mesures physico-chimique simples**: une fois par semaine au minimum.
    - ◊ **conductivité (<1500µS)**, et, en fonction des résultats, maintenir la **quantité d'eau d'appoint suffisante** (déconcentration). Repérer les traces de corrosion des parois.
    - ◊ surveillance de la formation de **dépôts,** du **pH (entre 7,0 et 9,0)**, dureté calcique, ...

- **Analyses microbiologiques simples et régulières**: une fois par mois au minimum.
  - ◊ Bactéries totales à 25° C: < à 50 000/ml (*)
  - ◊ Bactéries totales à 37° C: < à 10 000/ml (*)
  - ◊ Thermoactinomycètes: suivant les espèces
    (: ces valeurs sont fournies et utilisées par le laboratoire de mycologie de l'ISP et ne peuvent pas être extrapolées à des résultats obtenus avec d'autres protocoles d'analyses et de prélèvements)*
- **Analyses microbiologiques approfondies**: un bilan annuel est conseillé (ou en cas de pathologies signalées).
  - ◊ ce bilan doit être intégré à un examen approfondi de l'ensemble de l'installation et du bâtiment tout entier (voir également *FICHE 16*) ;
  - ◊ l'examen de l'humidificateur comprend des analyses d'eau et de surfaces ;
  - ◊ les organismes suivants et leurs toxines sont recherchés de manière approfondie :
    - * bactéries totales et spécifiques,
    - * thermoactinomycètes,
    - * fonge totale et spécifique,
    - * endotoxines, ATP, ...,
    - * protozoaires et microfaune.

2. Les filtres

FICHE 14

- Vérifier si le type de filtres, correspondant à une efficacité définie, a été choisi en fonction de l'usage pour lequel on le destine.

Pas de filtre ou uniquement des filtres de type EU1 à EU4	à proscrire pour des bureaux, pose de filtres plus performants en fonction de l'activité de travail et de la puissance de l'installation
Filtres de type EU5 (F40-50) EU6 (F65) EU7 (F85) EU8/9 (F95)	pour les bureaux, ce sont les EU7 (80-85% d'efficacité opacimétrique) les plus utilisés pour ce type d'environnement
Filtres de type EU10 à EU14	filtres à très haute efficacité pour salles spéciales (ordinateur, ...)

- Vérifier une fois par mois l'état des filtres: déchirures, humidité dans le caisson de filtration, taches suspectes sur la face "propre".
- Vérifier une fois par an (après la pose des nouveaux filtres) l'étanchéité des cadres de fixation des filtres.
- Remplacer au minimum une fois par an les filtres de type EU7, généralement utilisés dans les bureaux.
- Vérifier l'état de propreté de l'orifice des bouches de prise d'air (présence d'oiseaux et de leurs déjections) et de la qualité de l'environnement extérieur immédiat (proximité d'une tour de refroidissement, prise d'air au niveau du trafic routier, dans un parking, ...).
- Réaliser des contrôles microbiologiques une fois par an (voir bilan annuel) ou en cas de pathologies associées soupçonnées.

3. Les ventilateurs d'extraction et de pulsion

- Nettoyer le caisson de pulsion et d'extraction:
  - ◊ aspirations dans le cas de couches d'isolants à l'intérieur;
  - ◊ eau sous pression avec détergent si les parois sont métalliques.
- Nettoyer les pales des ventilateurs:
  - ◊ à l'eau chaude savonneuse, au moins une fois par an;
  - ◊ si les pales des ventilateurs sont corrodées, les remettre en état ou les remplacer.
- Vérifier si le brise gouttelettes est efficace,
  - ◊ par l'absence d'eau ou de dépôts blancs de sels dans le caisson de pulsion.
- Réaliser des contrôles microbiologiques une fois par an (voir bilan annuel) ou en cas de pathologies associées soupçonnées.

4. Les gaines

- Surveiller les points susceptibles de provoquer de la condensation à l'intérieur des gaines.
- Aménager des points de contrôles, particulièrement aux endroits où sont placés des silencieux.
- Contrôles microbiologiques: une fois par an (voir bilan annuel) ou en cas de pathologies associées soupçonnées.

5. Les unités terminales

- Ouvrir et nettoyer au moins une fois par an les bouches de pulsion ou d'extraction et ventiloconvecteurs.
- Contrôles microbiologiques une fois par an (voir bilan annuel) ou en cas de pathologies associées soupçonnées

6. Contrôles microbiologiques : bilan annuel

- Ce bilan permet de contrôler visuellement et à l'aide de prélèvements microbiologiques spécifiques l'ensemble de l'installation de traitement d'air ainsi que les espaces de travail (voir également *FICHE 16*).
- Ce bilan est à réaliser une fois par an (voir bilan annuel) ou en cas de pathologies associées soupçonnées.
- En plus d'un examen visuel minutieux, ce bilan repose sur des analyses microbiologiques de l'air, des surfaces, de poussières, et de l'eau d'humidification.

7. Informations

- ISP (Institut Scientifique de la Santé Publique - Louis Pasteur)
  Section Mycologie
  14, rue Juliette Wytsman B-1050 Bruxelles
  Chef de Section: Dr. N. Nolard Tél.: 02 642 55 17
  Personnes à contacter (air conditionné): Dr. C. Chasseur (02 642 55 10)
  & Mme A.M. Verhaegen (02 642 51 24 laboratoire)

Références

1. Anonyme (1995) Guide Climatisation et Santé: Uniclima 92038 Paris La Défense Cedex.

2. Chasseur C., Nolard N. (1997) La maintenance et la surveillance microbiologique des bâtiments. Brochure ISP/mycologie, Bruxelles.

3. Chasseur C., Nolard N., Verhaegen A.M. (en préparation) Air conditioning in office buildings. Results concerning microbiological maintenance of four humidifiers during one heating period.

4. EUR 14988 EN (1993) Biological particles in indoor environment, report n° 12: 1-81.

5. EUR 12294 EN (1989) Sick Building Syndrome, A Practical Guide, report n° 4: 1-36.

6. Nolard N., Symoens F., Beguin H. (1994) Mycological survey in dwellings and factories: application to diagnosis of extrinsic allergic alveolitis. In: Samson RA and al.(eds) Health Implication of Fungi in Indoor Environments. Elsevier, Amsterdam: 201-209.

7. Norbäck D., Edling C., Wieslander G. (1994) Asthma symptoms and the sick building syndrome - The significance of microorganisms in the indoor environment. In: Samson RA and al.(eds) Health Implication of Fungi in Indoor Environments. Elsevier, Amsterdam: 229-239.

8. Paramelle B., Perdrix A., Lascaud D., Ambroise-Thomas P., Aïache J.M., Cau G., Dell'Accio P. (1976) Maladies des humidificateurs en milieu industriel. Rev. Fr. Mal. Resp. 4: 525-536.

9. Singh J. (1996) Impact of indoor air pollution on health, comfort and productivity of the occupants. Aerobiologia 12: 121-127

10. Smoragiewicz W., Cossette B., Boutard A., Krzystyniak K. (1993) Trichothecene mycotoxins in the dust of ventilation systems in office buildings. Arch Occup Environ Health 65: 113-117.

*
* *

FICHE 12
SOURCES INTERIEURES ET EXTERIEURES DE POLLUTION

1. Sources extérieures

- Trafic dans les rues voisines: gaz d'échappement, odeurs, poussières.
- Parking et garages: gaz d'échappement, odeurs.
- Quai de chargement: gaz d'échappement, odeurs.
- Végétation, animaux: pollen, poussières, microbes, odeurs.
- Stockage de déchets, égouts: poussières, microbes, odeurs.
- Constructions voisines: gaz, poussières, microbes.
- Bâtiments voisins: gaz, poussières, microbes.
- Industries voisines: gaz, poussières.

2. Equipement de ventilation

- Gaines: gaz, poussières.
- Installation de conditionnement (humidificateurs): microbes.
- Filtres: poussières.
- Chaudière: gaz.
- Réfrigérant: gaz.

3. Equipement intérieur

- Matériaux de construction: gaz, poussières, microbes.
- Matériaux de recouvrement (moquette, faux plafonds, peintures): gaz, poussières, microbes.
- Mobilier: gaz, poussières.
- Appareils tels que photocopieuses, imprimantes, ...: gaz, poussières.

4. Entretien

- Rénovation (peinture, ...): gaz, poussières, microbes.
- Nettoyage (aspirateurs, produits, ...): gaz, poussières, microbes.
- Désinfection: pesticides.
- Poubelles: gaz, poussières, microbes.

5. Activités humaines

- Tabagie: gaz, poussières.
- Opérations de cuisson: gaz, poussières.
- Odeurs corporelles.
- Cosmétiques.
- Activité générale (déplacement, papier, ...): gaz, poussières, ...
- Archives: poussières, microbes.

6. Accidents

- Incendie: gaz, poussières.
- Fuites d'eau: microbes.

*
* *

FICHE 13
MAITRISE DES SOURCES DE POLLUTION / NUISANCE

1. Priorité

- Première méthode de prévention/amélioration à envisager.
- Méthode la plus efficace.
- Méthode la moins coûteuse à long terme.

2. Elimination ou réduction des sources

- Interdire ou limiter la tabagie à des zones pourvues d'une ventilation spéciale sans recyclage de l'air.
- Choisir des machines/matériaux générant moins de pollution/nuisance :
  - ◊ photocopieurs, imprimantes, ...;
  - ◊ sources de chaleur;
  - ◊ sources de bruit;
  - ◊ sources lumineuses moins divergentes.
- Relocaliser les machines/matériaux générateurs de pollution/nuisance dans des zones
  - ◊ inoccupées;
  - ◊ mieux ventilées sans recirculation de l'air;
  - ◊ à l'écart.
- Modifier la répartition du personnel dans les espaces de travail.
- Améliorer le stockage des produits polluants.
- Etanchéiser (avec un produit non polluant lui-même) tout matériau susceptible d'émettre des gaz polluants tels que composés organiques volatiles, formaldéhyde, ...
- Eliminer toute source d'humidité pouvant conduire au développement de microbes et d'insectes.

*
* *

FICHE 14
FILTRES DE POUSSIERES ET DE GAZ

1. Priorité

- ◊ deuxième priorité;
- ◊ après maîtrise vigoureuse des sources. *FICHE 9*

2. Objectifs

- ◊ éliminer les poussières, en particulier les allergènes et gaz pour améliorer la qualité de l'air;
- ◊ protéger les lieux de travail contre les salissures;
- ◊ protéger les parties mécaniques du système HVAC.

3. Remarque

- ◊ la filtration n'est efficace, au mieux, que pour les poussières et gaz en suspension dans l'air;
- ◊ elle est donc inefficace contre les poussières se déposant de préférence sur les plans et surfaces de travail telles que: pollen, poussières de maisons, déchets d'acariens...;
- ◊ ainsi la filtration est réputée être peu efficace pour la prévention des maladies allergiques et asthmatiques si les allergènes ont pénétré le bâtiment;
- ◊ seul un système central avec filtration de tout le volume d'air neuf peut s'avérer efficace à cet égard.

4. Performances des filtres à poussières, particules

- facteurs influençant les performances du filtre:
  - ◊ masse et caractéristiques des particules (diamètre, forme...);
  - ◊ nature du filtre;
  - ◊ débit d'air traité par rapport aux caractéristiques du filtre prévues par le fabricant;
  - ◊ entretien: caractéristique de perte de rendement en fonction de la charge de particules collectées.
- facteurs influençant les performances pour les occupants:
  - ◊ débit traité par rapport au volume d'air et aux volumes des locaux à traiter;
  - ◊ court-circuit au niveau du filtre.

5. Types de filtres à poussières/particules

- filtres mécaniques:
  - ◊ unités centrales pour systèmes HVAC;
  - ◊ unités portables pour utilisation locale;
- filtres plats:
  - ◊ fibres minérales, animales, végétales, artificielles:
    - * avec matière visqueuse,
    - * efficaces contre les grosses particules,
    - * peu efficaces pour les poussières respirables (qui atteignent les alvéoles dans les poumons).
- filtres à manches;

- filtres Venturi, scrubber, cyclones, ...
    - ◊ disponibles pour une gamme de débits et différentes efficacités,
    - ◊ un filtre plus efficace donne lieu à une perte de charge plus importante et donc à une réduction du débit,
        - * il faut donc revoir l'ensemble du système HVAC lorsque l'on change de type de filtre.
- filtres électriques:
        - * unités centrales et locales;
    - ◊ précipitateurs électrostatiques: particules chargées dans un champ électrique et attirées vers un collecteur;
    - ◊ filtres plats ″électret » avec film plastique chargé de façon permanente;
    - ◊ haute efficacité pour les poussières respirables;
    - ◊ avec faible perte de charge;
    - ◊ efficacité chute dramatiquement avec l'augmentation de la charge collectée:
        - * obligation d'entretien très fréquent (... toutes les 8 h);
    - ◊ production d'ozone;
    - ◊ particules non collectées chargées électriquement et susceptibles de se déposer plus facilement dans les voies respiratoires, de sorte que les effets restent les mêmes;
- appareils à ions négatifs:
        - * unités portables d'utilisation très locale;
    - ◊ particules chargées se déposant:
        - * sur un collecteur spécial chargé positivement: RECOMMANDE,
        - * ou sur les murs, sols, tables, textiles, écrans, occupants:
            - ♦ avec dégradation et salissure de ces surfaces;
    - ◊ pas efficace contre les allergènes;
    - ◊ production d'ozone;
- appareils hybrides

6. Recommandations pour le choix de l'efficacité

Rendement	Circonstances/remarques
20%	- chauffage local, conditionneur d'air en façade; - quelque peu efficace pour la prévention du rhume des foins; - pas très efficace pour les particules dans les fumées de tabac.
40%	- préfiltre dans les systèmes HVAC; - efficace pour poussières et pollen en suspension; - réduit les salissures et taches; - pas très efficace pour les particules dans les fumées de tabac.
60%	- idem que 40% avec meilleure protection; - efficace pour tous les pollens en suspension; - efficace pour la majorité des poussières de combustion (trafic) en suspension; - partiellement efficace pour les particules dans les fumées de tabac...
80%	- généralement utilisé dans les hôpitaux et espaces contrôlés; - très efficace pour la majorité des poussières; - assez efficace pour les particules dans les fumées de tabac.
100%	- idem que 80% avec meilleure protection; - excellente efficacité pour les particules dans les fumées de tabac.

7. Performances des filtres chimiques

- facteurs influençant les performances du filtre:
  - ◊ nature du polluant par rapport aux caractéristiques du filtre;
  - ◊ présence d'autres gaz ou vapeurs (humidité);
  - ◊ concentration du polluant;
  - ◊ débit d'air à traiter par rapport aux caractéristiques du filtre prévues par le fabricant;
  - ◊ entretien: caractéristique efficacité - charge collectée ;
- facteurs influençant les performances pour les occupants:
  - ◊ débit traité par rapport au volume total;
  - ◊ court-circuit au niveau du filtre;
- aucun filtre chimique ne permet d'éliminer tous les polluants gazeux;
- l'information est limitée sur leur durée de vie.

8. Types de filtres chimiques

  - ◊ unités centrales pour systèmes HVAC;
  - ◊ unités portables d'utilisation locale;
- filtres à charbon actif:
  - ◊ efficaces même dans les environnements humides;
  - ◊ pas efficaces pour les produits volatiles de faibles poids moléculaires;
  - ◊ efficaces contre les odeurs:
    - * ce qui ne signifie pas que la concentration résiduelle en polluants est acceptable;
  - ◊ rémissions possibles de solvants (toluène);
  - ◊ exigent un système efficace de régénération;
- absorbants chimiques spéciaux (permanganate de potassium, oxydes de cuivre, ...):
  - ◊ meilleure efficacité que les filtres à charbon actif;
  - ◊ mais très spécifiques à un polluant: (SO_2, NO_x, ozone, ...);
  - ◊ pas efficaces pour le CO (monoxyde de carbone);
  - ◊ coût élevé.

9. Facteurs à considérer lors du choix d'un filtre

- spécification:
  - ◊ concentration et caractéristiques du polluant à filtrer;
  - ◊ débit d'air à traiter, volume des locaux;
  - ◊ performances souhaitées: concentrations résiduelles;
- choix:
  - ◊ sécurité électrique et mécanique en particulier pour les unités portables d'utilisation locale;
  - ◊ existence de procédures:
    - * d'installation,
    - * d'utilisation,
    - * de maintenance,
    - * d'entretien;
  - ◊ caractère pratique de ces procédures;
  - ◊ contraintes de maintenance et d'entretien (fréquences, produits, ...);
  - ◊ frais fixes (achat) et récurrents (énergie, maintenance, entretien);
  - ◊ pollution secondaire: ozone, toluène;

- ◊ capacité à enlever les odeurs:
  - * l'utilisation de produits chimiques rafraîchissants (parfum, ...) est déconseillée parce que:
    - ♦ pollution propre parfois importante,
    - ♦ diminue la prise de conscience du problème que l'odeur révèle;
- ◊ bruit surajouté.

10. Installation des unités portables

- ◊ déconseillées si un système HVAC existe;
- ◊ utilisation dans des zones limitées;
- ◊ pour des problèmes locaux;
- ◊ dans des situations occasionnelles.

• bouches d'aspiration le plus près possible de la source de pollution éventuelle:
- ◊ sans que l'aspiration soit perturbée;

• bouches de rejet de l'air traité vers les occupants:
- ◊ sans créer de courants d'air inacceptables;

• entrées et sorties libres de tout obstacle;

• pas de court-circuit entre entrées et sorties:
- ◊ étudier le trajet de l'air;
- ◊ éliminer les obstacles qui interfèrent.

*
* *

FICHE 15
POLLUTION PAR AGENTS CHIMIQUES

1. Pollution par les gaz de combustion

- **Sources**
  - chauffages (locaux) au gaz, mazout, bois, ...;
  - moteurs de voitures, camions à l'essence ou au gasoil;
  - émissions de:
    - ◊ dioxyde de carbone: CO_2;
    - ◊ monoxyde de carbone: CO;
    - ◊ oxydes d'azote (en particulier NO_2);
    - ◊ dioxyde de soufre: SO_2;
    - ◊ hydrocarbures divers: HC_x;
    - ◊ poussières, suies;
    - ◊ formaldéhyde.

- **Effets sur la santé**
  - CO_2: raréfaction de l'oxygène, somnolence, maux de tête;
  - CO : carboxyhémoglobine:
    - ◊ maux de tête, faiblesse, vertiges, nausées, confusion;
    - ◊ inconscience et mort si intoxication aiguë.
  - NO_2:
    - ◊ irritation des voies respiratoires supérieures et des muqueuses;
    - ◊ affections respiratoires si exposition répétée et continue à des faibles concentrations;
    - ◊ emphysème et maladies respiratoires si concentrations élevées.
  - SO_2:
    - ◊ irritation des voies respiratoires supérieures et des muqueuses;
    - ◊ affections respiratoires, oppressions pulmonaires à fortes concentrations.

- **Actions**
  - précautions spéciales lors de l'utilisation de chauffage à combustion dans des endroits non ventilés:
    - ◊ combustible adéquat;
    - ◊ chauffage correctement réglé;
    - ◊ ouverture d'une porte du local vers les autres pièces et d'une fenêtre (légère ouverture).
  - utilisation de systèmes avec évacuation vers l'extérieur;
  - sinon: installation et utilisation de ventilateurs d'évacuation au-dessus des sources;
  - réglage correct des brûleurs:
    - ◊ flamme bleue de la veilleuse pour le gaz;
    - ◊ ne jamais utiliser des foyers à gaz comme moyen de chauffage.
  - maintien des émissions des foyers à bois au minimum:
    - ◊ choix adéquat de la taille et du modèle certifié et conforme.
  - utilisation de foyers sans joints en asbeste;
  - inspection annuelle du système de chauffage central, de la chaudière et de la cheminée et réparation immédiate des parties endommagées (fissures, ...);
  - arrêt obligatoire du moteur de tous les véhicules (fournisseurs, ...) stationnant aux alentours et, a fortiori, à l'intérieur du bâtiment (dans le garage):
    - ◊ dans le cas de garage unique, ne pas rentrer les véhicules par l'arrière;
    - ◊ dans le cas de parking près des habitations, interdire l'arrêt en marche arrière, l'échappement vers les fenêtres.

- mise en dépression par rapport au reste du bâtiment de tous les locaux (cuisines, chaufferies, garages, ...) contenant de telles sources:
  - ◊ y assurer une ventilation abondante;
  - ◊ sans recyclage;
  - ◊ sans contamination du système HVAC principal.

2. Pollution due au tabac

- **Sources**: cigarettes, cigares, pipes.
- **Effets sur la santé**
  - pour les fumeurs: perturbation généralisée de la santé, emphysème, bronchite chronique, problèmes cardiovasculaires, cancer des poumons;
  - pour les non-fumeurs exposés (tabagisme passif):
    - ◊ irritation des voies respiratoires supérieures et des muqueuses;
    - ◊ irritation respiratoire (toux, respiration sifflante, ...);
    - ◊ chez les enfants:
      - * infections du système respiratoire (pneumonie, ...);
      - * augmentation de la gravité de problèmes dus à l'asthme;
    - ◊ problèmes cardio-vasculaires;
    - ◊ cancer des poumons.
- **Actions**
  - interdiction de fumer à l'intérieur, en particulier en présence d'enfants;
  - sinon:
    - ◊ locaux spéciaux;
    - ◊ avec ventilation particulière;
    - ◊ sans recirculation de l'air.

FICHE 8

3. Pollution par le formaldéhyde

- **Sources**
  - matériaux de construction: panneaux de bois comprimé, produits à base de résines urée-formol, panneaux de décoration, mousses d'isolation, ...;
  - produits de nettoyage;
  - fumées de tabac;
  - chauffage par combustion, non ventilé;
  - colles et adhésifs;
  - peintures et produits de recouvrement:
    - ◊ diminution des émissions avec l'âge du produit;
    - ◊ augmentation des émissions des produits neufs si température, humidité et ventilation importantes.
- **Effets sur la santé**
  - irritation des voies respiratoires supérieures et des muqueuses;
  - problèmes respiratoires; aggravation chez les sujets asthmatiques;
  - allergie chez certains sujets;
  - cancérigène chez l'animal et cancérigène potentiel chez l'homme.
- **Actions**
  - achat de produits à faible concentration en formaldéhyde (panneaux de bois, isolants, ...);
  - achat de produits vieillis naturellement ou artificiellement (dégazés);
  - ventilation particulière, sans recyclage, des locaux contenant ces produits pendant 48 à 72 heures;
  - réduction ultérieure des émissions par contrôle des températures et humidité.

4. Pollution par l'asbeste (amiante)

- **Sources**
  - matériaux d'isolation des tuyaux, des chaudières (joints, ...);
  - isolation thermique et résistance au feu;
  - certaines peintures et produits de recouvrement;
  - certains carrelages;
  - certaines tuiles et ardoises;
  - freins de véhicules.
- **Effets sur la santé**
  - asbestose (cicatrices pulmonaires);
  - cancer des poumons et mésothéliome.
- **Actions**
  - faire appel à un professionnel pour éliminer ou maîtriser l'amiante selon les procédures légales et de bonnes pratiques;
  - ne jamais travailler en aucune façon des matériaux contenant de l'asbeste (couper, usiner, ...);
  - interdire toute opération sur les freins de véhicules dans les locaux non prévus à cet effet.

5. Pollution par le radon

- **Sources**
  - rarement les matériaux de construction,
  - principalement l'uranium présent dans le sol sur lequel le bâtiment est construit,
  - pénétration par:
    - ◊ les fissures dans les murs et les sols;
    - ◊ au travers des matériaux non étanches;
    - ◊ par les drains et les puisards d'égouttage;
    - ◊ par les sols en terre battue.
- **Effets sur la santé**
  - cancer des poumons;
  - risque plus élevé chez les fumeurs.
- **Actions**

  Si la région où est situé le bâtiment est connue comme ayant une concentration de radon importante dans le sol:
  - vérifier les concentrations principalement dans les sous-sols et rez-de-chaussée;
  - assurer une ventilation de ces espaces vers l'extérieur;
  - vérifier les concentrations dans l'eau de distribution et dans l'eau locale (puits, ...).

6. Pollution par le plomb

- **Sources**
  - anciennes canalisations d'eau;
  - poussières de trafic;
  - surfaces peintes au minium lorsque dégradées, grattées ou poncées sans précautions particulières.
- **Effets sur la santé**
  - risque d'intoxication surtout par ingestion;
  - à hautes concentrations: convulsions, coma et mort;
  - à faibles concentrations: effets sur le cerveau, le système nerveux central, les cellules sanguines et les reins;
  - risque important pour le foetus et les jeunes enfants.

- **Actions**
  - nettoyage particulier des entrées d'air situées face à une rue ou route avec trafic;
  - appel à des spécialistes pour la rénovation des surfaces recouvertes de peintures à base de plomb;
  - interdiction d'utilisation de peintures à base de plomb;
  - vérification et rénovation de l'installation de conduites d'eau potable à base de plomb.

7. Pollution par les produits d'entretien

- **Sources**
  - peintures, vernis, cires, décapants chimiques, solvants organiques, ...;
  - produits de nettoyage, de désinfection, dégraissants, ...;
  - divers: cosmétiques, hobbies, ...
- **Effets sur la santé**
  - effets très variables, de nuls à très graves suivant le produit chimique, sa toxicité, sa concentration, le moyen de contact (respiration, peau, ...);
  - effets immédiats: irritation des yeux et des voies respiratoires, maux de tête, vertiges, problèmes de vision;
  - pour les solvants organiques: effets neurotoxiques (mémoire, fatigue, ...) et cancer (benzène, ...).
- **Actions**
  - respect total des instructions mentionnées sur les étiquettes des produits utilisés;
  - achat en quantité limitée de produits chimiques, pas de stockage;
  - étiquetage rigoureux des produits toxiques ;
  - évacuation en toute sécurité des boîtes ou bouteilles remplies partiellement ou non de vieux produits chimiques (collecte sélective des déchets);
  - utilisation du produit à l'extérieur ou dans une zone bien ventilée, ...;
  - éviter l'utilisation de produits contenant du chlorure de méthylène (peintures en aérosol, décapants chimiques, ...) et, si possible, utilisation à l'extérieur;
  - éviter l'utilisation de produits contenant du benzène;
  - interdiction de fumer;
  - ventilation lors de l'emploi de peintures, ...

*
* *

FICHE 16
ENTRETIEN MICROBIOLOGIQUE DE L'ESPACE DE TRAVAIL

1. L'espace de travail : généralités

- La qualité microbiologique de l'espace de travail peut être affectée par:
  - ◊ des contaminations provenant de l'installation de traitement d'air, *FICHE 12*
  - ◊ l'environnement extérieur (pollen, moisissures),
  - ◊ des facteurs inhérents à cet espace lui-même.

2. La moquette

- Les moquettes peuvent à la fois être le siège de développements internes de moisissures très spécifiques,
- mais également servir de support aux spores de moisissures, de bactéries et autres particules provenant de l'extérieur (chaussures par exemple);
- non entretenus ou mal entretenus, elles peuvent se révéler parfois très contaminées.
- **Entretien des moquettes**
  - ◊ aspiration au minimum une fois par semaine (bureaux), avec plus d'insistance dans les lieux de passage et dans les lieux de rassemblements (photocopieuse, percolateur);
  - ◊ dans des lieux particuliers, un réfectoire par exemple, une aspiration quotidienne est conseillée;
  - ◊ le choix du matériel d'aspiration est très important (puissance). Il en va de même pour les produits d'entretien utilisés. *FICHE 17*
- **Contrôle et maintien de l'humidité de l'air** en-dessous de 55%.
- **Contrôles microbiologiques**:
  - ◊ à faire réaliser une fois par an ou en cas de pathologies signalées,
  - ◊ avec recherche dans la poussière de moquettes des germes suivants:
    - * moisissures mésophiles,
    - * moisissures xérophiles,
    - * moisissures très xérophiles,
    - * moisissures thermophiles,
    - * bactéries totales à 25 et 37° C,
    - * taux d'endotoxines.

3. Le mobilier

- L'empoussièrement des meubles peut être maîtrisé par des nettoyages fréquents et réguliers: minimum une fois par semaine. Afin de faciliter ce nettoyage, on évitera toute surcharge du mobilier avec des dossiers.
- Les fauteuils avec un revêtement en tissus doivent être entretenus comme la moquette, c'est-à-dire minimum une fois par semaine.
- Des contrôles microbiologiques sont à réaliser une fois par an (voir bilan annuel) ou en cas de pathologies associées soupçonnées.

4. Les plantes vertes

- Les plantes vertes constituent un apport non négligeable au bien être dans l'environnement de travail. Aussi ne faut-il envisager leur suppression que lorsque des pathologies de type allergique sont observées.
    - ◊ se souvenir toutefois que le trop nuit dans tout;
    - ◊ ne pas poser les plantes sur ou trop près des ventiloconvecteurs;
    - ◊ assurer l'entretien des plantes en renouvellant le terreau chaque année: on évite ainsi l'apparition de certaines moisissures susceptibles de contaminer l'air ambiant;
    - ◊ en cas de pathogies de type allergique, éviter notamment le *Ficus benjamina* (asthme, rhinite, conjonctivite, urticaire).

5. Les archives

- Les documents et particulièrement le papier archivé peuvent être le siège de contaminations microbiologiques diverses (moisissures, bactéries, puces de papier, ...). Ramenés dans les bureaux, ils deviennent une source de contaminations pouvant affecter la santé. C'est donc au niveau du lieu d'archivage que des mesures sont à prendre:
    - ◊ humidité relative: à maintenir en-dessous de 50%,
    - ◊ aération du local et disposition des archives.
- Contrôles microbiologiques: local d'archivage et documents contaminés à examiner au cours du bilan annuel ou en cas de pathologies associées soupçonnées.

6. Problèmes d'humidité

- ◊ recherche des problèmes d'humidité dans le bâtiment;
- ◊ infiltrations de toiture;
- ◊ infiltrations au niveau des murs;
- ◊ humidité ascensionnelle, dans le bas des fondations;
- ◊ condensation et ponts thermiques.

7. Stockage des déchets

- Stocker les déchets organiques de préférence à l'extérieur du bâtiment, et jamais plus d'une semaine.
- Dans le cas contraire, choisir un local bien ventilé pour cet usage.
- Nettoyer et désinfecter une fois par semaine (minimum), de préférence après le passage des services de ramassage.
- Contrôles microbiologiques: une fois par an minimum (voir bilan annuel) ou en cas de pathologies associées soupçonnées

8. Les humidificateurs individuels

- ◊ humidificateurs placés sur les radiateurs d'une installation de chauffage central,
- ◊ ou systèmes individuels avec réservoir d'eau et air pulsé.

- Ne pas négliger l'entretien de l'appareil.
- Désinfecter et rincer le réservoir d'eau régulièrement (minimum une fois par quinzaine).
- Utiliser de l'eau contenant peu de minéraux.
- Eviter que la zone autour de l'humidificateur ne devienne humide.
- Arrêter l'humidificateur si problème respiratoire.
- Les systèmes à ultrasons, plus coûteux mais sans réservoir d'eau, n'exigent que peu d'entretien.

9. Les purificateurs d'air individuel

- Les appareils équipés d'un filtre absolu peuvent améliorer la qualité de l'air mais leur utilisation ne doit pas inciter à la négligence.
- L'ajout de charbon actif peut également améliorer la qualité de l'air pollué par la fumée de cigarette ou par certains produits organiques volatils produits, entre autres, par de nouveaux matériaux.

10. Contrôles microbiologiques : bilan annuel

- Ce bilan permet de contrôler visuellement et à l'aide de prélèvements microbiologiques spécifiques l'ensemble des espaces de travail ainsi que l'installation de traitement d'air. *FICHE 11*
- Ce bilan est à réaliser une fois par an (voir bilan annuel) ou en cas de pathologies associées soupçonnées et de plaintes.
- En plus d'un examen visuel minutieux, ce bilan repose sur des analyses climatiques et des analyses microbiologiques de l'air, des surfaces, des poussières de moquettes, du terreau des plantes vertes, des archives, etc...

11. Informations

- ISP (Institut Scientifique de la Santé Publique - Louis Pasteur)
  Section Mycologie
  14, rue Juliette Wytsman B-1050 Bruxelles
  Chef de Section: Dr. N. Nolard Tél.: 02 642 55 17
  Personnes à contacter (air conditionné): Dr. C. Chasseur (02 642 55 10)
  & Mme A.M. Verhaegen (02 642 51 24 laboratoire)

Références

1. Anonyme (1983) Respiratory illness associated with carpet cleaning at a hospital clinic - Virginia. MMWR, 32, 29: 378-384.

2. Beguin H., Nolard N.(1996) Prevalence of fungi in carpeted floor environment: analysis of dust samples from living-rooms, bedrooms, offices and school classrooms. Aerobiologia, 12, 2: 113-120.

3. Dybendal T., Vik H. and Elsayed S. (1989) Dust from carpeted and smooth floors - III. Trials on denaturation of allergenic proteins by household cleaning solutions and chemical detergents. Ann. Occup. Hyg., 34, 2: 215 - 229.

*
* *

FICHE 17
MOQUETTES

1. Toxicité

- il n'existe pas de preuve définitive d'un lien entre les émissions chimiques de la moquette elle-même et les effets sur la santé;
- il existe un lien manifeste entre la présence de moquette et les plaintes/symptômes de SBS;
- ces plaintes sont attribuées:
    - ◊ aux colles utilisées lors du placement;
    - ◊ aux produits d'entretien;
    - ◊ à la rétention de poussières et au développement de micro-organismes.

2. Recommandations

- éviter l'usage autant que possible de moquettes;
- sinon rechercher une moquette très serrée:
    - ◊ émettant et retenant peu de poussières;
- installation:
    - ◊ dérouler et aérer dans une zone bien ventilée avant l'installation;
    - ◊ suivre les instructions de pose du fabricant;
    - ◊ utiliser des colles peu toxiques et à dégazage rapide;
    - ◊ installer en dehors des heures d'utilisation et bien avant l'arrivée des occupants;
    - ◊ couper localement le système HVAC, au moins pour la reprise d'air;
    - ◊ aérer localement avec rejet extérieur direct pendant 48 à 72 h.
- nettoyage:
    - ◊ nettoyage à la vapeur;
    - ◊ séchage rapide;
    - ◊ ventilation locale abondante durant le séchage;
    - ◊ aspiration avec aspirateur équipé d'un filtre à haute efficacité (sinon redispersion des poussières);
    - ◊ intervention immédiate en cas d'accident et en particulier d'humidification.

*
* *

FICHE 18
RENOVATION DU BATIMENT OU CONSTRUCTIONS VOISINES

1. Constructions voisines

- opérations polluantes:
  - ◊ excavation: poussières, micro-organismes, bruit;
  - ◊ démolition : poussières, micro-organismes, bruit;
  - ◊ asphaltage : gaz, poussières;
  - ◊ construction : poussières, gaz, bruit.
- actions:
  - ◊ fermer les fenêtres, portes, ouvertures quelconques;
  - ◊ réduire - couper - réorganiser les prises d'air extérieur;
  - ◊ surveillance particulière de l'état du système HVAC (filtres, batteries, ...);
  - ◊ nettoyage particulier des espaces de travail.

2. Bâtiment lui-même

- opérations polluantes:
  - ◊ rénovation moquettes, sols, plafonds, partitions, meubles;
  - ◊ peinture;
  - ◊ démolition;
  - ◊ travaux divers: installation de câbles.
- actions:
  - ◊ confiner les espaces:
    - * par des écrans contre les poussières et le bruit,
    - * en coupant la ventilation générale ou au moins les reprises d'air;
  - ◊ prévoir les opérations en dehors des heures d'occupation;
  - ◊ faire effectuer les travaux par une firme spécialisée compétente en matière de pollution intérieure;
  - ◊ utiliser des produits peu toxiques (peintures, ...),
    - * mis en œuvre par des techniques peu polluantes;
  - ◊ prévoir une ventilation locale spéciale pendant et après les travaux;
  - ◊ demander les informations au fabricant concernant la vitesse de dégazage:
    - * si dégazage rapide: le favoriser par:
      - ♦ des températures élevées,
      - ♦ une ventilation forcée importante;
    - * si dégazage lent: le ralentir:
      - ♦ en recouvrant par un matériau non toxique et étanche;
  - ◊ nettoyage immédiat des locaux et des installations;
  - ◊ maintien d'une ventilation forcée le plus longtemps possible avant la réutilisation du bâtiment;
  - ◊ surveillance des travaux de manière à éviter toute interférence avec la ventilation;
  - ◊ en cas de modifications architecturales (partitions, ...) réétude de la distribution de l'air et des régimes de pression.

*
* *

FICHE 19
GESTION DU PROBLEME DE VERMINE

1. Nature

- microbes et moisissures;
- cafards, fourmis, ...;
- rongeurs.

2. Méthodes préventives

- politique de nettoyage;
- interdiction de matière organique dans les espaces de travail (fruits, pain, ...);
- inspection et blocage des zones de développement;
- gestion des déchets:
  - ◊ poubelles fermées;
  - ◊ containers à l'écart;
  - ◊ évacuation rapide;
  - ◊ zones maintenues propres;
- entretien des installations:
  - ◊ réparation des fuites d'eau;
  - ◊ bouchage des fentes, ...;
- placement de barrières physiques à l'entrée et au mouvement de la vermine:
  - ◊ écran dans les ouvertures.
- placement de pièges.

3. Méthode curative

- utilisation judicieuse de pesticides:
  - ◊ dans les zones affectées;
  - ◊ avec traitement minimal des surfaces exposées aux occupants;
  - ◊ selon les procédures décrites par le fabricant;
  - ◊ par une firme spécialisée;
  - ◊ après notification très explicite aux occupants;
  - ◊ avec aération locale après usage et avant l'arrivée des occupants;
  - ◊ sans contamination du système HVAC et du reste du bâtiment;
  - ◊ couper la ventilation dans l'espace traité.
- l'utilisation périodique générale de pesticides à titre préventif:
  - ◊ n'est pas recommandée;
  - ◊ ne se justifie pas si les méthodes préventives ont correctement été mises en œuvre.

*
* *

FICHE 20
ECHANTILLONNAGE DE L'AIR

1. A quel moment de la procédure d'analyse d'un problème de SBS?

- après la dernière étape d'investigation consistant à observer, repérer les malfonctionnements et apporter les remèdes immédiats;
- lors de la seconde ***(ANALYSE)*** et de la troisième ***(EXPERTISE)*** étape d'investigation pour l'identification des problèmes moins évidents et la recherche de solutions.

2. Remarque

- les mesurages ne sont en général pas nécessaires pour résoudre les problèmes;
- alors que des mesurages de base peuvent être réalisés assez systématiquement, les mesurages spécialisés ne seront qu'occasionnels et dûment justifiés.

3. Objectifs

- comparer différentes zones du bâtiment pour:
  - ◊ confirmer la nature du problème;
  - ◊ établir la situation de base;
- évaluer les émissions / concentrations / niveaux locaux dans le but de déterminer quantitativement les débits d'air, les différences de température, les pressions requises, pour améliorer la situation;
- suivre en routine certains "indicateurs" et en particulier la concentration en CO_2 indicatrice du taux de renouvellement d'air frais.

4. Quels mesurages réaliser?

- ***Base:***
  - CO_2, circulation d'air;
  - températures et humidités à long terme;
  - températures et humidités locales ponctuelles.
- ***Expert:***
  - débits généraux;
  - débits aux bouches de pulsion/reprise;
  - vitesses d'air aux postes de travail;
  - rayonnement thermique;
  - concentrations de polluants;
  - pollution microbiologique;
  - niveaux sonores et fréquences;
  - éclairements;
  - vibrations, ...

5. Où mesurer?

- dans les zones avec plaintes / symptômes et les zones sans;
- aux postes de travail, sans interférence de et avec les occupants;
- autour des sources particulières de pollution/chaleur/bruit ...

6. Conditions à évaluer?

- dans des conditions ***moyennes***;
- dans les conditions ***les plus défavorables***:
  - ◊ émissions maximales;
  - ◊ ventilation minimale;
  - ◊ conditions météorologiques extrêmes;
  - ◊ ...
- selon les circonstances temporelles d'apparition des plaintes/symptômes *FICHE 3*

7. Combien d'échantillons?

- sur un nombre représentatif de situations de travail concernées. Le tableau ci-après donne le nombre de situations de travail à analyser en fonction du nombre de situations de travail avec plaintes.

Nombre de situations avec plaintes	≤ 6	7-8	9-11	12-14	15-18	19-26	27-43	44-50
Nombre de situations à étudier	toutes	6	7	8	9	10	11	12

8. Durée d'échantillonnage?

- en rapport avec le mesurage à réaliser;
- définie dans les normes et codes d'utilisation des appareils.

9. Quand mesurer?

- à des moments choisis aléatoirement pendant les conditions décidées ci-dessus.

*
* *

FICHE 21
INTERPRETATION DES MESURAGES

1. Confort thermique

FICHE 23

2. Bruit

FICHE 28

3. Eclairage

FICHE 36

4. CO_2:

- ***objectif***: voir si le taux de renouvellement d'air frais est suffisant;
- ***relevé***:
  - ◊ par tube détecteur à pompe à main selon la procédure décrite par le fournisseur;
  - ◊ ou par appareil à lecture directe;
  - ◊ loin de toute source (personnel, machines, ...);
  - ◊ prise de valeurs de référence à l'extérieur (près de la bouche de prise d'air extérieur) et dans d'autres locaux;
  - ◊ à différents moments (début, milieu et fin) d'une journée représentative;
  - ◊ relevé . des taux d'occupation,
    . des caractéristiques de fonctionnement du système HVAC,
    . du climat extérieur (y compris inversion de températures).
- ***interprétation***:
  - ◊ concentrations très inférieures à 1000 ppm: le taux de renouvellement d'air frais paraît acceptable;
  - ◊ concentrations >1000 ppm: problème probable susceptible d'être dû à:
    - * débit d'air frais insuffisant;
    - * système mal programmé dans le temps;
    - * entrées de gaz de combustion;
    - * production de CO_2 par certaines machines ou le tabagisme;
  - ◊ concentration extérieure >400 ppm: problème de pollution extérieure.

5. Mesurages de débits

- ***objectif***:
  - ◊ évaluation des débits par rapport aux normes;
  - ◊ comparaison entre bouches ou entre locaux;
  - ◊ répartition de l'air.
- ***relevé:***

  approximatif*:*
  - ◊ mesurage de la vitesse moyenne dans le conduit ou la bouche au moyen d'un anémomètre à ailettes.
    - * dans la partie la plus droite;
    - * jamais dans les déflecteurs de la bouche;
  - ◊ débit = vitesse moyenne * section;

précis:

◊ mesurage du profil des vitesses dans une partie droite d'un conduit au moyen d'un tube de Pitot;

◊ mesurage aux bouches d'aspiration ou de pulsion au moyen d'une hotte Venturi et d'un anémomètre thermique.

- ***interprétation***

◊ comparaison des valeurs aux données de la *FICHE 8*.

6. Produits chimiques divers

- recours à un spécialiste pour le dosage et l'élimination des formaldéhyde, CO, composés organiques volatiles.

7. Pollution microbiologique

- recours à un laboratoire spécialisé pour le dosage et l'élimination des pollen, allergènes, endotoxines, moisissures, bactéries, micro-organismes.

8. Poussières

approximatif:

◊ examen à la loupe ou au microscope des poussières pour mettre en évidence l'existence de particules anormales telles que fibres, déchets organiques, ...

précis:

◊ recours à un laboratoire spécialisé pour l' échantillonnage de l'air sur filtre micropore, pesage, étude granulométrique et recherche des composants.

*

* *

FICHE 22
RÉGLEMENTATION CONCERNANT LES CONDITIONS CLIMATIQUES

La réglementation belge en vigueur en 1998 spécifie:

1. des ***températures minimales*** de l'air*:*
   - pour les travaux très légers: 20° C
   - pour les travaux légers: 18° C
   - pour les travaux semi-lourds: 15° C

2. des ***ambiances limites*** lors du travail à la chaleur sur base de l'indice WBGT.
   - pour les travaux très légers: 30
   - pour les travaux légers: 30
   - pour les travaux semi-lourds: 26,7

- Ces limites sont définies dans un but de protection de la santé et non dans l'intention d'assurer des conditions de confort.
- Lorsque les conditions climatiques sont en dehors de ces limites, on ne peut parler de SBS tant l'inconfort est important et la cause est évidente.
- Cependant ces limites appellent les explications suivantes:
  - un travail sédentaire à un bureau ou un ordinateur est un travail dit ″très léger″,
    - ◊ dépense énergétique : 120 watts;
  - un travail ″léger″ est un travail comprenant quelques déplacements et/ou manipulations de dossier: il s'agit typiquement du travail administratif et de gestion de dossiers,
    - ◊ dépense énergétique : 170 watts;
  - un travail ″semi-lourd″ est un travail comprenant des déplacements plus fréquents et/ou des manipulations répétées dans des positions moins favorables: classement d'archives, tirage de photocopies, ... Dans l'industrie, il s'agit typiquement du travail de surveillance et d'alimentation d'une chaîne de conditionnement (industries pharmaceutique, alimentaire, ...)
    - ◊ dépense énergétique : 290 watts.
- Les valeurs maximales NE sont PAS des températures d'air mais des valeurs d'un indice WBGT intégrant les conditions de température et d'humidité. Le tableau suivant donne quelques correspondances dans les cas sans exposition au soleil et sans courant d'air important.

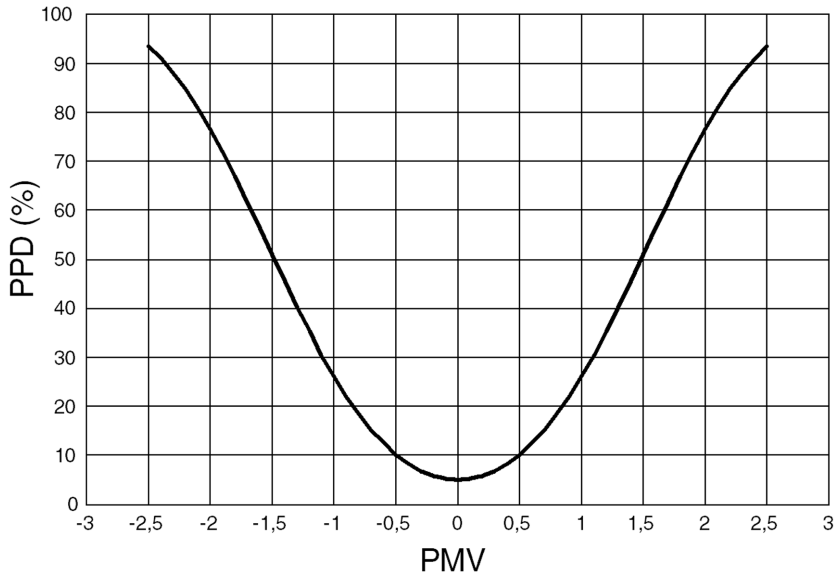
t_a	HR	WBGT
20° c	40%	15
25° c	50%	20
30° c	40%	23
35° c	30%	26
40° c	30%	30

Une situation climatique sera donc très inconfortable bien avant que les valeurs limites ne soient dépassées.

*
* *

FICHE 23
INDICES DE CONFORT THERMIQUE

- Les indices PMV et PPD sont calculés conformément à la ***norme ISO 7730*** ″Ambiances thermiques modérées - Détermination des indices PMV et PPD et spécifications des conditions de confort thermique″.
- Le ***PMV (Predicted Mean Vote)*** est un indice qui prédit la valeur moyenne des votes d'un grand groupe de personnes sur l'échelle de sensation thermique à 7 points suivante:
  - +3 très chaud, +2 chaud, +1 légèrement chaud
  - 0 ni chaud, ni froid
  - - 1 légèrement froid, -2 froid, -3 très froid
- Il est déterminé en fonction
  - ◊ des 4 paramètres climatiques
    - * température de l'air — t_a — *FICHE 25*
    - * humidité relative de l'air — HR — *FICHES 24 et 25*
    - * rayonnement thermique — R — *FICHES 25 et 26*
    - * vitesse de l'air — V_a — *FICHE 25*
  - ◊ de la charge de travail — M — *FICHE 22*
  - ◊ du vêtement caractérisé par son isolement thermique en clo
    - * complet veston, cravate : 1 clo
    - * tenue d'hiver, sans veston 0,9 clo
    - * chemise longue, cravate 0,8 clo
    - * chemise courte, sans cravate, pantalon léger 0,6 clo
    - * tenu short, T-shirt 0,5 clo
- Il est déterminé en fonction du métabolisme, de l'isolement vestimentaire et des quatre paramètres climatiques (t_a, t_r, t_h, V_a).
- Le ***PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied)*** est un indice qui prédit quantitativement le pourcentage de personnes insatisfaites, car trouvant l'ambiance thermique trop chaude ou trop froide, et qui voteraient -3, -2, 2, 3.
- La figure ci-dessous donne la correspondance entre les indices PMV et PPD



- On remarque que:
  - dans la situation optimale (PMV = 0 ni chaud ni froid), le taux d'insatisfaction est de 5% parmi des personnes connaissant les mêmes conditions thermiques et métaboliques;
  - le taux d'insatisfaction augmente de la même manière si le PMV s'écarte de 0 vers le froid et vers le chaud.
- Valeurs optimales : pour obtenir une situation de confort thermique, il est recommandé que:
  - le PPD soit inférieur à 10%
  - ce qui correspond à un PMV compris entre -0,5 et +0,5.
- En plus, il est recommandé que:
  - la vitesse de l'air reste en dessous de 0,5 m/s,
  - l'humidité relative soit comprise entre 30 et 60%,
  - la différence de température entre 1,1 m et 0,1 m du sol soit inférieure à 3° C,
  - la température de surface du sol soit comprise entre 19 et 26° C.
- Le programme en annexe permet de calculer ces indices.

Exemple:

- travail de secrétariat (170 W) en été
- température de l'air : 30° C
- pas d'exposition au rayonnement solaire
- humidité relative de 40%
- tenue vestimentaire: chemise courte sans cravate: 0,6 Clo
- → PMV = 1,7 (chaud) PPD = 67%
- la situation sera jugée très inconfortable.
- pour que le confort soit assuré (PPD = 10%), il faut ramener la température de l'air à 24° C environ.

- Températures d'air optimales dans les conditions suivantes :
  - absence de sources particulières de rayonnement,
  - vitesse d'air faibles: 0,15 m/s,
  - humidité de l'air normale : 40%.

Activité	Habillement	Gamme de températures
sédentaire	été	24,5-27,5
légère	été	18-23
sédentaire	hiver	23,5-26,5
légère	hiver	16-22

Hypothèses:
- activité sédentaire (100 W), légère (170 W),
- habillement d'été (0,7 clo) et d'hiver (0,9 clo),
- gammes de températures pour PPD $\lesssim$ 10%.

Références

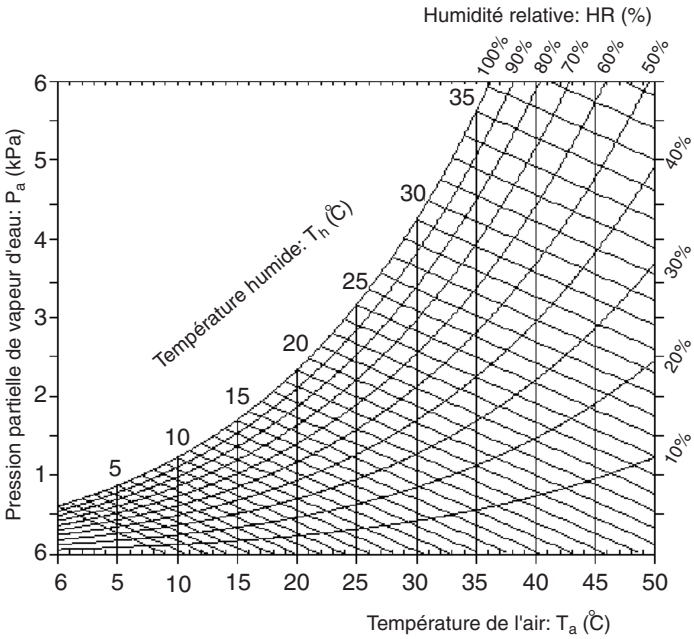
1. Mairiaux Ph., Malchaire J. (1990) Le travail en ambiance chaude. Paris, Ed. Masson, pp. 108-113.
2. Norme ISO 7730 (1995) Ambiances thermiques modérées - détermination des indices PMV et PPD et spécification des conditions de confort thermique. Organisation internationale de Normalisation. Genève.
3. Norme belge X10-005 (1986) Ambiances thermiques modérées - détermination des indices PMV et PPD et spécification des conditions de confort thermique. Institut belge de Normalisation, Bruxelles.

*
* *

FICHE 24
CARACTERISATION DE L'HUMIDITE DE L'AIR
DIAGRAMME PSYCHROMETRIQUE

- ***L'humidité de l'air*** se caractérise essentiellement par:
  - La pression partielle de vapeur d'eau P_a en kilo pascals (kPa) : la contribution de la vapeur d'eau à la pression atmosphérique.
  - L'humidité relative (HR %) : pourcentage de la pression partielle de vapeur d'eau P_a par rapport à la pression de vapeur à la saturation à la même température .
  - La température humide (t_h, °C) : température minimale d'une nappe d'eau soumise à évaporation forcée dans l'air considéré à une température et humidité données.

- ***Diagramme psychrométrique*:**
  - Le diagramme psychrométrique permet de passer d'un paramètre à l'autre.



Exemple : Si t_a = 30° C et HR = 50%, on a P_a = 2,1 kPa et t_h = 21° C

- En hiver, la température extérieure est basse (*exemple* 0° C) et, même par temps de brouillard, (humidité relative 100%) la pression partielle de vapeur est faible (P_a = 0,6 kPa). A l'intérieur (t_a = 20° C), à défaut de sources d'humidité, la pression partielle de vapeur sera la même (0,6 kP_a) et l'humidité relative sera égale a 30% environ. Dans les pays froids, l'humidité relative risque donc d'être faible à l'intérieur en hiver.

Référence

1. Norme ISO 7726 (1998) Ambiances thermiques - appareils et méthodes de mesure des caractéristiques physiques de l'environnement. Organisation internationale de Normalisation. Genève.

*
* *

FICHE 25
MESURAGES DES PARAMETRES CLIMATIQUES

1. Température de l'air: t_a (° C)

- Mesurages qualitatifs:
  - au moyen d'un thermohygrographe ou datalogger;
  - placé au poste de travail;
  - pendant 1 à 2 semaines;
  - étudier les variations au cours du temps;
  - déterminer une période représentative pour les mesurages quantitatifs.
- ***Mesurages quantitatifs:***
  - au moyen d'un thermomètre à mercure, d'un appareil électronique ou d'un psychromètre étalonnés[1]
  - placé au poste de travail à 1,5 m de hauteur en écartant les travailleurs;
  - abriter le capteur du rayonnement (soleil, ...);
  - attendre la stabilisation de l'appareil:
    - ◊ 3-5 min pour un psychromètre
    - ◊ 8-10 min pour un thermomètre à mercure,
    - ◊ quelques secondes ... 10 min pour un appareil électronique;
  - précision souhaitée ± 0,2° C entre 10 et 30° C,
    ± 0,5° C en dehors.

2. Humidité relative de l'air: HR (%)

- ***Mesurages qualitatifs:***
  - au moyen d'un thermohygrographe ou datalogger;
  - placé au poste de travail;
  - pendant 1 à 2 semaines;
  - étudier les variations au cours du temps;
  - déterminer une période représentative pour les mesurages quantitatifs.
- ***Mesurages quantitatifs:***
  - de l'humidité relative HR% avec un hygromètre:
    - ◊ placer l'appareil au poste de travail à 1,5 m de hauteur en écartant les travailleurs,
    - ◊ abriter le capteur du rayonnement éventuel (soleil...),
    - ◊ attendre la stabilisation de l'appareil selon le temps de réponse de l'appareil,
    - ◊ précision souhaitée : 5%.

.....

[1]Le psychromètre comprend deux thermomètres, l'un mesurant t_a et l'autre t_h, ventilés à plus de 2 m/s au moyen d'un dispositif mécanique. Le thermomètre indiquant t_h est recouvert d'un manchon en tissu qui doit être humidifié avant la mesure.

3. Rayonnement thermique

- ***Température du globe noir (t_g ° C):***
  - le globe doit avoir un diamètre de 15 cm et être peint en couleur noire mate;
  - placer l'appareil au poste de travail à 1,5 m de hauteur;
  - attendre la stabilisation de l'appareil après 15 à 30 minutes selon le rayonnement à mesurer;
  - après 15 minutes, lire le thermomètre toutes les minutes jusqu'à stabilisation.
    Le rayonnement doit être constant durant cet intervalle de temps. S'il varie, le mesurage n'a aucun sens et des appareils plus spécialisés doivent être utilisés.
- ***Températures planes de rayonnement:***
  - les températures planes de rayonnement requièrent des appareils et des techniques de mesurages coûteux et sophistiqués qui ne seront pas décrits ici.

4. Vitesse de l'air : V_a (m/s)

- Seuls les anémomètres à fil chaud permettent de mesurer les vitesses inférieures à 0,5 m/s rencontrées dans les cas de SBS.
  - placer la sonde au poste de travail successivement au niveau du tronc, de la tête et des jambes, en l'orientant dans le sens du courant d'air (rechercher cette direction en faisant pivoter la sonde et en recherchant la vitesse la plus élevée);
  - lire les vitesses minimales et maximales les plus fréquentes pendant 5 secondes et en faire la moyenne arithmétique;
  - répéter le mesurage en différents points de l'aire de travail;
  - calculer la moyenne arithmétique aux 3 hauteurs et noter les gammes de variation.

Références

1. Mairiaux Ph., Malchaire J. (1990) Le travail en ambiance chaude. Paris, Ed. Masson, pp. 74-86.
2. Norme ISO 7726 (1998) Ambiances thermiques - Appareils et méthodes de mesurage des caractéristiques physiques de l'environnement. Organisation internationale de Normalisation. Genève.

*
* *

FICHE 26
RAYONNEMENT THERMIQUE

1. Rayonnement solaire

- Le soleil est la principale source de rayonnement intervenant dans le contexte du SBS.
- Les différences (t_g - t_a) dépendent de la température, de la vitesse, du temps et de la position du soleil. Les valeurs suivantes ne sont donc données qu'à titre indicatif:
  - · *rayonnement solaire direct à l'extérieur:* t_g - t_a = 15 à 25 ° C;
  - · *à l'intérieur* d'un bureau:

Fenêtres	Rayonnement solaire	Stores	Distance de la fenêtre	t_g - t_a ° C
-	nul	-	-	0
fermées	indirect (ombre)	oui	2m	0,7
fermées	direct (soleil)	oui	1m	3,3
ouvertes ou fermées	indirect (ombre)	non	2m	2
fermées	direct (soleil)	non	1m	13,5
ouvertes	direct (soleil)	non	1m	18,5

2. Sources lumineuses

- Les ampoules à incandescence des lampes de bureau donnent lieu à un rayonnement thermique important sur les parties du corps exposées (bras, visage, ...).
- Ce n'est pas le cas des lampes fluorescentes dont la température superficielle est beaucoup plus basse.

*
* *

FICHE 27
ORDRES DE GRANDEUR DE NIVEAUX SONORES

1. Unités

- Le bruit est caractérisé par:
  - sa fréquence (Hz): gamme audible 20 à 20.000 Hz,
    sons graves: basses fréquences (< 400 Hz),
    sons aigus: hautes fréquences (>1600 Hz).
  - son amplitude en décibels (dB).
- En terme d'exposition professionnelle, l'unité des niveaux sonores est toujours le dB(A) qui caractérise le bruit tel qu'il est entendu, en tenant compte de la sensibilité de l'oreille humaine.

2. Ordres de grandeur

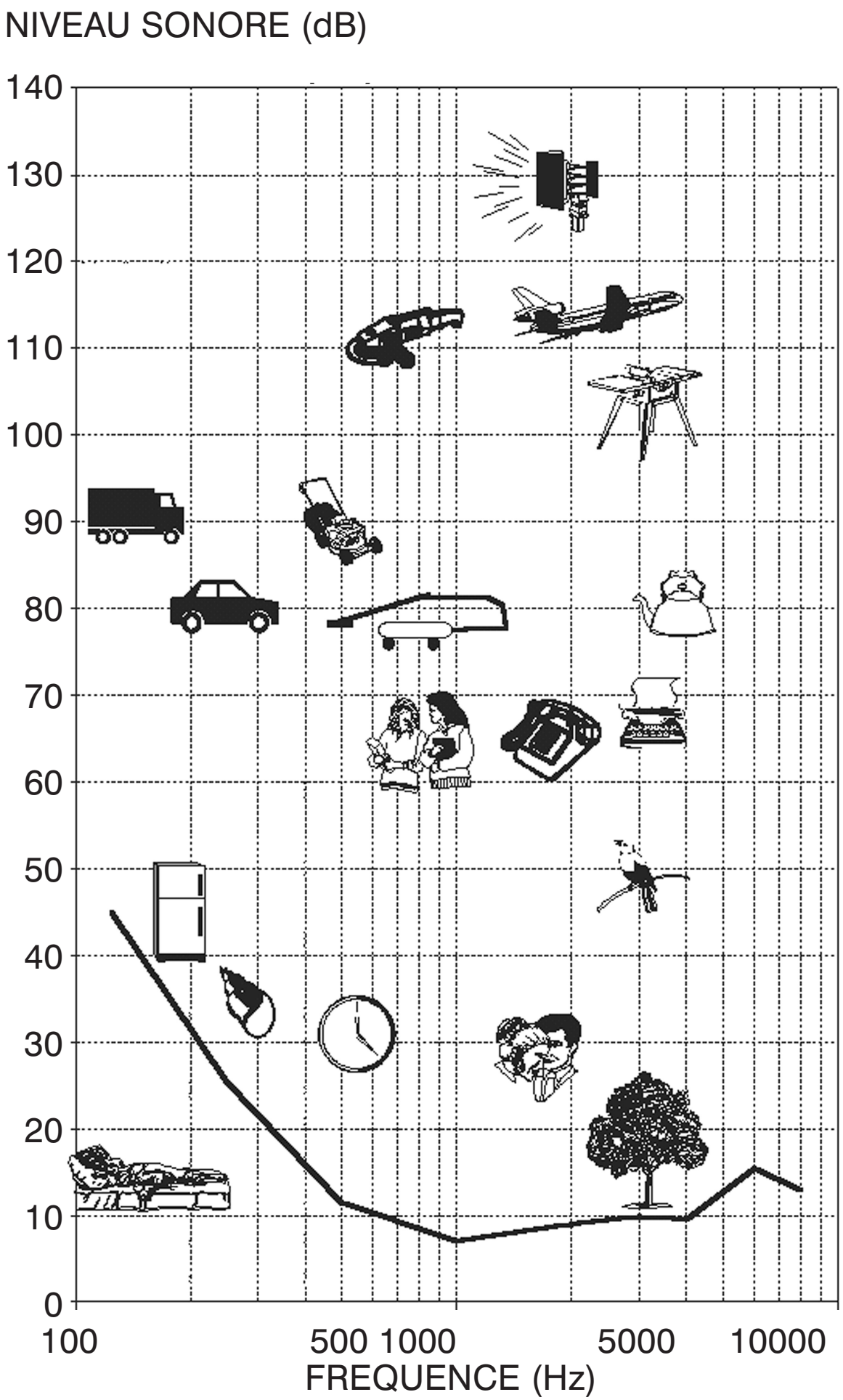
- La figure ci-après caractérise quelques bruits courants en termes de fréquences et d'amplitudes.
- La table ci-après donne les ordres de grandeur de bruits typiques.

3. Masquage

- Un bruit en masque un autre, dès qu'il lui est supérieur d'environ 10 dB.
- Auditivement cependant, cela n'est vrai que si les deux bruits sont de mêmes fréquences.
- Ce n'est pas toujours le cas dans les bureaux, et une sonnerie de téléphone, ... sera entendue et pourra être source de gêne, quel que soit le niveau ambiant.
- C'est par contre le cas pour la voix basse et les petits bruits associés aux mouvements (pas, fermeture de tiroirs, dépôts d'objets sur un bureau, ...). Afin de masquer ces bruits et en diminuer la gêne, on est amené à créer un bruit de fond artificiel.

Référence

1. Alsina D. (1992) Le bruit. Un casse-tête? C.R.A.M., France, p. 17.


NIVEAU SONORE (dB)
140
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
100
500
1000
5000
10000
FREQUENCE (Hz)

Ordres de grandeur de bruits typiques *(Alsina, 1992)*

Possibilité de conversation	Sensation auditive	Niveau sonore dB(A)	Bruits intérieurs	Bruits extérieurs
A voix chuchotée	Seuil d'audibilité	0		
	Très calme	15		Feuilles légères agitées par vent doux dans jardin silencieux
	Calme	25	Conversation à voix basse à 1,50 m	Jardin tranquille
		30	Appartement dans quartier tranquille	
		35		
A voix normale	Assez calme	40	Bureau tranquille dans quartier calme	
		45	Appartement normal	Bruits minimaux le jour dans la rue
Assez forte	Bruits courants	50	Restaurant tranquille	Rue très tranquille
		60	Grands magasins Conversation normale	Rue résidentielle
	Bruyant mais supportable	65	Appartement bruyant	
		70	Restaurant bruyant	Circulation importante
		75	Atelier dactylo Usine moyenne	
Difficile	Pénible à entendre	85	Radio très puissante Atelier de tournage et d'ajustage	Circulation intense à 1 m
		95		Rue à trafic intense

FICHE 28
CRITERES DE CONFORT ACOUSTIQUE

1. Réglementation

La réglementation (code sur le bien-être au travail) ne concerne que le risque de surdité professionnelle à des niveaux supérieurs à 85 dB(A) en moyenne sur la journée. Elle ne concerne donc pas le milieu tertiaire où de tels niveaux ne sont jamais rencontrés et où le bruit est à étudier comme source de gêne dans le travail.

2. Confort intérieur

Le confort acoustique est à envisager:

- vis-à-vis des ***bruits internes*** au local, ***liés aux activités.***
  Afin d'éviter que ces bruits ne se réverbèrent trop dans le local, on souhaite:
  - ◊ pour les bureaux: un temps de réverbération (T_{60}) à 500 Hz entre 0,5 et 0,7 seconde;
  - ◊ pour les ateliers: un T_{60} de l'ordre de 1 seconde; *(FICHE 30)*
- vis-à-vis des ***sources de bruit:***
  - * internes ***non liées*** aux activités (ex.: ventilation);
  - * ***externes***: trafic, voisins, ascenseurs, ...

Il s'agit cette fois de bruits ambiants susceptibles de gêner le travail.
La norme NBN S01-401 spécifie des limites de bruit de fond en fonction de l'affectation du local et du type d'environnement.

Quatre types d'environnement sont envisagés:

I. résidentiel à plus de 500 m d'une voie de circulation importante;
II. résidentiel urbain à moins de 500 m d'une voie de circulation importante;
III. quartier commercial ou industries légères;
IV. centre de ville, industries lourdes, à proximité d'une autoroute ou aéroport;

Valeurs limites du niveau de bruit de fond (dB(A)) (norme NBN S01-401)

Environnement	I	II	III	IV
bureau				
• direction	30	35	40	45
• cadre	35	40	45	50
• ordinaire	40	45	50	55
dactylographie	45	45	50	55
salle				
• ordinateur	55	55	60	65
• conférence	35	40	45	50
• réunion	40	45	50	55
restaurant	45	50	55	60
laboratoire	55	55	60	60
magasins	40	45	50	50
usines, atelier	50 à 75			

- vis à vis de bruits brefs tels que bruits de pas, claquement de portes...
  On souhaite que ces bruits ne dépassent pas le bruit de fond (émergence) de plus de 3 à 5 dB;
- remarque: dans certains locaux, le traitement acoustique est tel que le bruit de fond est très faible et les bruits brefs ″émergent″. On est alors amené à créer un bruit de fond artificiel destiné à ″masquer″ ces bruits.

3. Isolement acoustique souhaitable entre locaux

- La norme NBN S01-401 stipule l'isolement acoustique minimal et optimal entre deux locaux en fonction de leur affectation respective.
  On se bornera ici à résumer les recommandations de la norme, en renvoyant aux experts pour la vérification de ces isolements et à la *FICHE 31* pour une discussion des matériaux isolants.

Local voisin	Locaux concernés			
	locaux peu peuplés		locaux peuplés	salles de mécanographie
	direction	cadre		
escalier, ascenseur	II_b^a	II_b^a	-	-
immeuble voisin	II_b^a	II_b^a	II_b^a	II_b^a
locaux peu peuplés direction	III_b^a			
locaux peu peuplés cadres	III_b^a	IV_b^a		
locaux peuplés	II_b^a	II_b^a	IV_b^a	
salle de mécanographie	I_b^a	I_b^a	II_b^a	IV_b^a

Références

1. Malchaire J. (1994) Programmes de conservation de l'audition - organisation en milieu industriel. Masson, Paris, Chap. X., pp. 145-151.

2. NBN S01-400 (1992) Acoustique - Critères de l'isolation acoustique. Institut belge de Normalisation.

3. NBN S01-401 (1987) Acoustique - Valeurs limites des niveaux de bruit en vue d'éviter l'inconfort dans les bâtiments. Institut belge de Normalisation.

*
* *

FICHE 29
MATERIAUX ABSORBANTS ACOUSTIQUES

1. Matériaux absorbants

- Matériaux destinés à réduire la réverbération du bruit **à l'intérieur** d'un local,
  - caractérisés par leur coefficient d'absorption a (%):
    - ◊ a = 0%: rien n'est absorbé et tout le bruit est réverbéré,
      Exemple: béton lisse,
    - ◊ a = 100%: tout est absorbé,
      Exemple: porte ouverte;
  - l'absorption est en général meilleure à hautes fréquences,
    - ◊ il est donc plus facile de réduire les bruits aigus que les bruits graves.

2. Types de matériaux absorbants

- Matériaux absorbants poreux:
  - ◊ laine de verre, de roche,
  - ◊ mousses plastiques, bois expansé.
  - caractérisés par:
    - ◊ une très haute absorption à hautes fréquences ;
    - ◊ une absorption nettement plus faible à basses fréquences.
  - l'absorption à basses fréquences peut être augmentée en utilisant des panneaux poreux semi rigides, placés à 20 à 40 cm de la paroi arrière: c'est le cas en général de faux plafonds acoustiques.
- Matériaux membranes et résonateurs:
  - ◊ panneaux légers en bois, verre, métal,
  - caractérisés par:
    - ◊ une faible absorption à hautes fréquences,
    - ◊ une absorption plus élevée à basses fréquences.
- Matériaux membranes recouverts d'un matériau poreux,
  - caractérisés par une absorption plus égale à toutes les fréquences.
- Remarque : le liège n'est pas un très bon matériau absorbant. Il sera utilisé principalement sous les machines pour éliminer la transmission des vibrations au sol (matériau résilient).

Références

1. Brüel & Kjaer (1983) Réduction du bruit. Principes et pratique. pp. 114-121.

2. Malchaire J. (1994) Programmes de conservation de l'audition - organisation en milieu industriel. Masson, Paris, pp. 32-34.

3. Occupational Safety and Health Administration (1980) Noise control. A guide for workers and employers. U.S. Department of Labor, pp. 64-71.

*
* *

3. Coefficients d'absorption de matériaux classiques

	Basse fréquence 125 Hz	Moyenne fréquence 500 Hz	Hautes fréquences	
			2 kHz	4 kHz
Revêtement de sol dur	0,03	0,03	0,05	0,05
Liège, blocs de bois, linoléum ou caoutchouc sur sol ou mur dur	0,05	0,05	0,1	0,1
Fenêtres verre 3 mm	0,2	0,1	0,05	0,02
Grandes fenêtres 7 mm	0,1	0,04	0,02	0,02
Plafonnage sur fond dur	0,03	0,03	0,04	0,04
Plafonnage sur vide	0,3	0,1	0,04	0,04
Plafonnage suspendu au plafond avec vide important	0,2	0,1	0,04	0,04
Contreplaqué sur fond dur	0,05	0,05	0,05	0,05
Idem sur vide ou chevron	0,3	0,15	0,1	0,05
Idem avec matériau absorbant dans vide	0,4	0,15	0,1	0,05
Panneaux bois comprimé 13 mm sur fond dur	0,05	0,15	0,3	0,3
Idem avec vide d'air ou monté sur chevrons	0,3	0,3	0,3	0,3
Carpette moyenne épaisseur sur sol en béton	0,1	0,3	0,5	0,5
Feutre sous membrane perforée sur fond dur	0,1	0,7	0,8	0,8
Panneaux bois non comprimé 25 mm sur fond dur	0,1	0,4	0,6	0,6
Idem 80 mm	0,2	0,8	0,8	0,8
Idem 25 mm sur vide	0,15	0,6	0,6	0,6
Laine de verre 25 mm sur fond dur	0,2	0,7	0,9	0,8
Idem 50 mm	0,3	0,8	0,9	0,9
Laine de verre 25 mm sur espace vide	0,4	0,8	0,9	0,8

FICHE 30
TEMPS DE REVERBERATION T_{60}
AMELIORATION DE L'ACOUSTIQUE D'UN LOCAL

1. Définition

- Le temps de réverbération T_{60} (en secondes) est le temps nécessaire pour que le niveau sonore du champ réverbéré décroisse de 60 dB dans le local lorsque le bruit est brusquement interrompu.
- Il dépend du volume du local et de l'absorption des matériaux recouvrant les parois par la formule de Sabine:

$$T_{60} = \frac{0{,}16\ V}{S\bar{a}} \text{ (secondes)}$$

où V = volume du local en m^3,
S = la surface des parois, sol et plafond en m^2,
$\bar{a}$ = le coefficient d'absorption moyen.

- Tout comme le coefficient d'absorption, T_{60} varie en fonction de la fréquence.

2. Critères

- Dans les bureaux, salles de cours, petits ateliers, le T_{60} doit être
  - idéalement compris entre 0,5 et 0,7 s à toutes les fréquences;
  - en pratique, tolérance de +50% à 125 Hz et +10% à 250 Hz.
- Dans les usines:
  - T_{60} de l'ordre de 1 seconde à toutes les fréquences.

3. Mesurage du T_{60}

- Le mesurage du temps de réverbération ne peut se faire qu'au moyen d'un matériel spécialisé. La collaboration d'un laboratoire spécialisé est requise.

4. Calcul a priori de la réverbération optimale

- La procédure consiste à:
  - identifier tous les éléments de surface: S_i;
  - estimer, à partir des tables, leur coefficient d'absorption à 500 Hz ou à toutes les fréquences: a_i;
  - calculer les "aires d'absorption équivalente" de chaque élément: $S_i\ a_i$;
  - calculer "l'aire d'absorption équivalente totale": $S\bar{a} = \Sigma\ S_i\ a_i$;
  - calculer le volume du local V;
  - appliquer la formule de Sabine:

$$T_{60} = \frac{0{,}16\ V}{S\bar{a}}$$

- Le tableau suivant est utilisé

Surfaces partielles	S_i	a_i	$S_i\ a_i$
plafond , ,			
Total	S	-	Sā

- Ce calcul est généralement peu précis du fait de la difficulté de prévoir l'absorption due à l'encombrement du local (bureaux, armoires, ...).

5. Calcul connaissant le T_{60} existant (niveau EXPERTISE)

Le calcul suivant doit idéalement être mené aux différentes fréquences centrales de bandes d'octave:

- calcul du volume: V;
- calcul de l'aire d'absorption équivalente totale réelle à partir du T_{60} mesuré:

$$Sā_{opt} = \frac{0{,}16\ V}{T_{60mes}}$$

- calcul de l'aire d'absorption équivalente souhaitable nécessaire pour un élément de surface (le plafond généralement) susceptible d'être recouvert d'un matériau absorbant supplémentaire;
- calcul du coefficient d'absorption nécessaire pour cet élément, en divisant par sa surface;
- choix du matériau d'absorption;

Exemple:

◇ $T_{60\ mes\ 500\ Hz} = 1$ seconde
◇ $T_{60\ opt\ 500\ Hz} = 0{,}5$ seconde
◇ local 5 x 4 x 3 = 60 m^3
◇ on a: $Sā_{réel} = \frac{0{,}16.60}{1} = 10\ m^2$
◇ or plafond (plâtre): $S = 20\ m^2$ $a = 0{,}03$ $Sa_{plafond} = 0{,}6\ m^2$
◇ et murs (plâtre): $S = 54\ m^2$ $a = 0{,}03$ $Sa_{mur} = 1{,}6\ m^2$
◇ donc $Sa_{sol} = 10 - 0{,}6 - 1{,}6 \cong 8\ m^2$
◇ il faut $Sā_{opt} = \frac{0{,}16.60}{0{,}5} = 20\ m^2$
◇ donc $Sa_{plafond} = Sā_{opt} - Sa_{sol} - Sa_{mur} = 10\ m^2$
◇ or $S_{plafond} = 20\ m^2$
◇ donc $a_{plafond\ 500\ Hz} = 10/20 = 0{,}5$

- choix matériau: panneau de bois non comprimé

6. Réduction du bruit de fond dû aux sources internes étrangères à l'activité principale

L'absorption du local ayant été déterminée en fonction de l'absorption optimale selon les procédures ci-dessus, la réduction supplémentaire du bruit de fond ne peut être obtenue que par traitement des sources de ce bruit de fond.

- Sources internes (photocopieuses, ...):
  - localisation à l'écart des postes de travail;
  - choix d'un matériel moins bruyant;
  - traitement acoustique circonstancié.
- Bruit de ventilation:
  - amélioration des bouches de sortie de manière à éviter la création de bruit de turbulence sur les ailettes;
  - traitement acoustique INTERNE des gaines d'air de manière à réduire la propagation du bruit du ventilateur.

Référence

1. Malchaire J. (1994) Programmes de conservation de l'audition - organisation en milieu industriel. Masson, Paris, p. 35.

*
* *

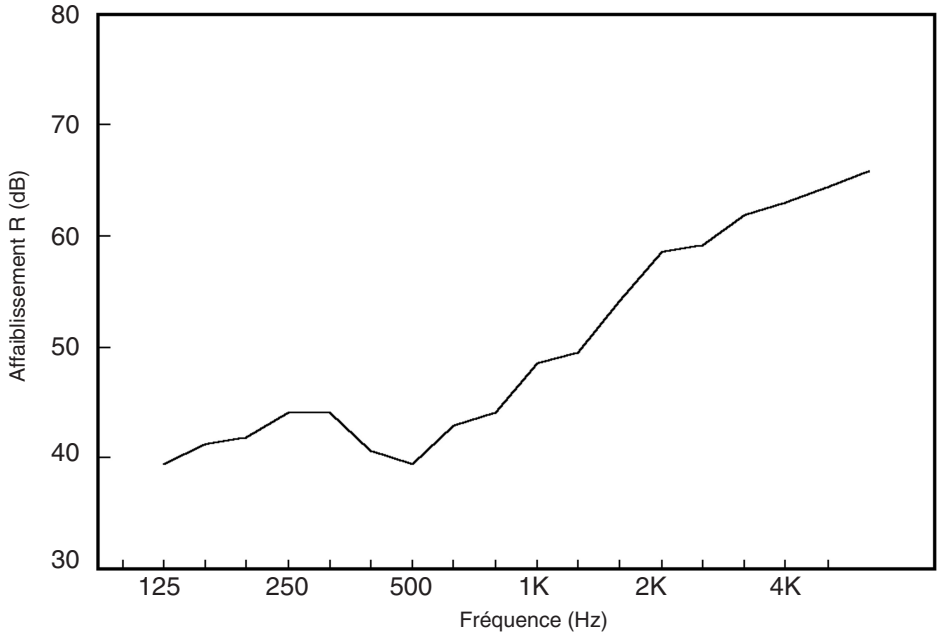
FICHE 31
MATERIAUX ISOLANTS ACOUSTIQUES

1. Définition

- Un matériau isolant empêche le bruit de passer d'un local à l'autre.
- L'isolement entre deux locaux est l'atténuation du bruit d'un local à l'autre. Il varie en fonction de l'ensemble de la structure et de tous les matériaux séparant les deux locaux.
- L'affaiblissement acoustique est une caractéristique intrinsèque d'un matériau.
- L'isolement entre deux locaux est fonction:
  - de l'affaiblissement des matériaux de la paroi commune;
  - de celui des matériaux des parois latérales;
  - des surfaces de ces parois latérales et de la paroi commune;
  - du type de raccordement entre ces parois;
  - de l'homogénéité des surfaces: présence de portes, fentes, trous, éléments faibles, ...

2. Affaiblissement d'un matériau en paroi simple épaisseur

Typiquement l'affaiblissement (R) varie en fonction de la fréquence selon la figure suivante:



- Il est normalement plus important aux sons aigus qu'aux sons graves.
- Avec une chute à une fréquence "critique" caractéristique du matériau.

- L'ordre de grandeur de l'affaiblissement à 500 Hz :
  - vaut environ 40 dB pour une paroi de 100 kg/m^2,
  - augmente de 4 dB si on double le poids,
  - augmente de 4 dB si on double la fréquence.

3. Types de matériaux isolants en paroi simple

- Matériaux lourds *(béton lourd)*
  - avec un poids par m^2 et donc un affaiblissement élevé,
  - avec une fréquence critique basse et donc une chute d'affaiblissement peu gênante.
- Matériaux mi-lourds *(briques et surtout plâtre)*
  - avec un poids par m^2 et donc un affaiblissement moyen,
  - avec une fréquence critique proche de 500 Hz et donc une chute d'affaiblissement telle que la voix humaine est moins atténuée.
- Matériaux légers *(bois, briques creuses, verre, ...)*
  - dont le poids par m^2 et donc l'affaiblissement est trop faible.

4. Parois doubles

- Parois constituées de deux couches les plus désolidarisées possibles.
- Permettent d'obtenir des affaiblissements aussi ou plus importants qu'une paroi simple en béton.
- *Exemple: deux plaques de plâtre espacées de 10cm*
- L'effet est susceptible d'être ruiné si les deux plaques sont solidarisées par des supports rigides (ponts acoustiques).

*
* *

FICHE 32
AMELIORATION DE L'ISOLEMENT ACOUSTIQUE

1. Perte d'affaiblissement par des fentes, trous, ...

- Il est indispensable de supprimer ou de réduire au minimum les trous, les fentes ou les éléments de faible affaiblissement:
  - les passages de canalisation, en particulier de gaines de conditionnement d'air ;
  - les boîtes électriques;
  - les fentes autour des portes et fenêtres;
  - les espaces derrière les chambranles de portes;
  - ...
- Il faut donc soigner la FINITION.
- Ces fentes et trous doivent être colmatés avec des matériaux isolants *(béton, plâtre, ...)* et non des matériaux absorbants.

2. Vitrages simples et doubles

- Le vitrage simple est de poids par m^2 trop faible (épaisseur 3 à 5 mm) que pour donner des affaiblissements supérieurs à 30 dB (à 500 Hz).
- Le vitrage double thermique offre peu d'avantages du fait d'une épaisseur de l'espace intermédiaire limitée à 10 à 12 mm.
- Les châssis, le poids total et l'herméticité des vitrages doubles sont cependant tels que les isolements acoustiques sont nettement meilleurs.
- Un isolement important sera obtenu par un survitrage, c.à.d., deux châssis simples espacés de 10-15 cm pour constituer une paroi double.
- Des vitrages acoustiques spéciaux sont également disponibles.

3. Portes

- Les portes ordinaires en nid d'abeilles ne peuvent donner que des isolements faibles, du fait de leur légèreté.
- Des isolements de 40 dB ne peuvent être obtenus qu'au moyen de portes spéciales, lourdes.
- Les points faibles sont cependant toujours:
  - les fentes sur le pourtour: placer des joints pleins obturant totalement le pourtour de la porte fermée;
  - la fente sous la porte:
    - ◊ la réduire au minimum par un réglage précis de la verticalité de la porte,
    - ◊ placer des paumelles hélicoïdales permettant à la porte de s'appuyer sur le sol quand fermée et de s'en écarter lors de l'ouverture,
    - ◊ les espaces derrière les chambranles: ces espaces doivent être supprimés en dressant la tête de mur au niveau de l'ébrasement. Le placement de matériaux poreux est sans effet significatif.

4. Cloisons amovibles préfabriquées

- Il est important d'exiger au départ des matériaux ayant un affaiblissement acoustique suffisant et dont le mode de pose garantit un isolement acoustique de la classe désirée (*FICHE 28).*
- Les points faibles sont:
  - les raccordements en plan ou en coin entre panneaux;
  - les raccordements au sol et au plafond;
  - le passage par au dessus des parois lorsque
    - ◊ elles s'arrêtent au faux plafond,
    - ◊ et que le faux plafond est absorbant mais non isolant.
- Il y a donc lieu de
  - surveiller les raccordements entre panneaux;
  - surveiller les raccordements haut et bas, principalement dans le cas de structure en béton précontraint;
  - prolonger si possible les parois au delà du faux plafond jusqu'à la structure;
    - ◊ à défaut, prévoir des faux plafonds isolants (panneaux lourds horizontaux au-dessus de la paroi).

5. Gaines de ventilation

- Les gaines de ventilation donnent lieu à plusieurs problèmes acoustiques:
  - diminution considérable de l'isolement acoustique de la paroi traversée;
  - propagation du bruit venant du ventilateur;
  - propagation du bruit d'un local à l'autre par mise en vibration de la gaine elle-même.
- Afin d'éviter ces problèmes ou de les réduire, il convient:
  - de placer les gaines au dessus des faux plafonds;
  - de rendre les faux plafonds isolants par l'utilisation de matériaux lourds;
  - de couvrir ***l'intérieur*** des gaines d'un matériau absorbant;
  - à défaut, ou pour des raisons thermiques, de couvrir l'extérieur de matériaux absorbants.

6. Isolement au bruit de masse (bruit de pas, chocs, ..., bruit dû aux vibrations transmises à la paroi, ...)

- Une paroi en béton isole parfaitement le bruit de la voix mais transmet tous les bruits de masse.
- L'isolement au bruit de masse s'obtient par
  - des socles antivibratoire en dessous des machines vibrantes:
    - ◊ silent blocs,
    - ◊ matériaux résilients;
  - un revêtement de sol résilient:
    - ◊ moquette,
    - ◊ matériau caoutchouteux;
  - un sol flottant:
    - ◊ dalle flottante,
    - ◊ parquet flottant.

Références

1. Brüel & Kjaer (1983) Réduction du bruit. Principes et pratique. pp 106-113.
2. Malchaire J. (1994) Programmes de conservation de l'audition - organisation en milieu industriel. Masson, Paris, pp. 30-31
3. Occupational Safety and Health Administration (1980) Noise control. A guide for workers and employers. U.S. Department of Labor, pp 94-103.

*
* *

FICHE 33
APPAREILS DE MESURAGE DU BRUIT

1. Microphone:

- Taille de 1/2 pouce de diamètre.
- Type champ diffus.

2. Sonomètre classique pour le mesurage du niveau sonore instantané

- ***Type*** I plus précis, plus coûteux, possibilités plus diversifiées
  II utilisation courante.
- ***Gamme dynamique*** des niveaux sonores: 20 à 100 dB(A): échelles linéaires de 40 dB(A) avec recouvrement des gammes.
- ***Gamme de fréquences***: 20 à 20 kHz
- ***Amortissement***:
  - mode ″SLOW″: moyenne sur 2 secondes;
  - mode ″FAST″: moyenne sur 0,2 seconde.
- ***Filtre de pondération:***
  - linéaire: 20-20 kHz pour bruit d'impact;
  - A : bruit tel qu'entendu: niveau sonore d'exposition en dB(A).

3. Sonomètre intégrateur

- Pour le mesurage du ***niveau équivalent*** N_{Aeq} en dB(A) (niveau continu qui, sur la même durée, donnerait la même énergie acoustique que le bruit considéré).
- Mêmes caractéristiques que le sonomètre classique.
- Mesurage du N_{Aeq} sur une période quelconque réglable.

4. Source étalon

- Source de bruit de référence pour étalonner les appareils de mesurage: habituellement de 94 dB(A) à 1000 Hz.

5. Pour les experts: appareillage spécial

- pour le mesurage du ***temps de réverbération***
- et les ***analyses de fréquences*** par octave ou tiers d'octave.

*
* *

FICHE 34
MESURAGE DU NIVEAU DE BRUIT

1. Choix de l'appareillage de mesurage

(FICHE 33)

- Microphone.
- Sonomètre classique.
- Sonomètre intégrateur.
- Source étalon.

2. Vérification du bon fonctionnement

- Etat des piles.
- Etat du microphone.

3. Etalonnage initial avec source étalon

4. Positionnement de l'appareil

- Sonomètre ordinaire ou intégrateur près de l'oreille du sujet.
- Dans n'importe quelle direction.

5. Mesurage pendant une période de travail représentative

6. Etalonnage en fin de mesurage

- Si variation supérieure à 1 dB par rapport à la valeur de l'étalonnage initial: rejet des mesurages.

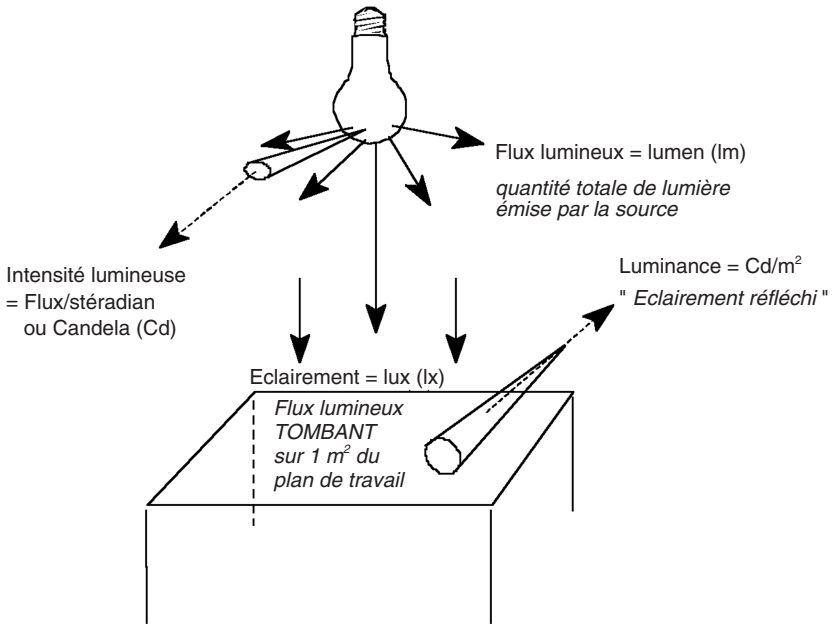
7. Interprétation

- Sonomètre ordinaire:
  - gamme de variations en mode "SLOW";
  - valeur moyenne.
- Sonomètre intégrateur et exposimètre:
  - $N_{Aeq;}$

*
* *

FICHE 35
UNITES D'ECLAIRAGE

- Une lampe:
  - émet un certain flux lumineux (lumens)
  - répartit dans différentes directions (candelas).



- La quantité de lumière
  - tombant sur une surface est l'éclairement en lux;
  - réfléchie par cette surface est la luminance en cd/m^2.
- Le contraste entre 2 surfaces s'exprime simplement par le rapport des luminances des 2 surfaces L_1 et L_2 (avec L_1 la luminance la plus élevée)

  si $L_1 / L_2 = <3$ la situation est idéale
  <10 la situation est acceptable
  >10 la situation est à améliorer
- La température de couleur indique la qualité chromatique de l'éclairage
  - 2700° K : lumière blanche, très chaude (rouge)
  - 3000° K : lumière blanche, chaude (rougeâtre)
  - 4000° K : lumière blanche, fraîche (blanche)
  - >5000° K : lumière blanche, proche de la lumière de jour, dite froide (bleuâtre)
- L'indice de rendu des couleurs (de 0 à 100) exprime la qualité d'une lumière à rendre les couleurs de la même façon que la lumière du jour
  - Ra = 91-100 excellent
  - Ra = 81-90 bon
  - Ra = 51-80 moyen
  - Ra = < 51 médiocre

*
* *

FICHE 36
ECLAIREMENTS SOUHAITABLES

1. Eclairement de la tâche

- Le tableau 1 donne les éclairements minimaux exigés par la Réglementation du Travail en Belgique en fonction du degré de perception requis par la tâche.

Nature du travail	Eclairement minimal (lux)	Exemples de travaux correspondants
Perception générale	50	Sites **intérieurs**: couloirs, escaliers, lieux de passages
Perception légère des détails	100	Travaux grossiers et intermittents; inspection et comptage de pièces
Perception modérée des détails	200	Assemblage mécanique et vérification de pièces moyennes
Perception assez poussée des détails	300	Travaux de bureau de toute nature
Perception poussée des détails	500	Travaux de dessin; montage et vérification de petites pièces
Perception très poussée des détails	700	Montage et vérification de pièces de précision; fabrication d'outils et de matrices; lecture d'instruments de mesures
Perception extrêmement poussée des détails	1000	Horlogerie; imprimerie

- En pratique, l'éclairement doit être compris entre 1 à 2 fois l'éclairement minimal.
- Le tableau 2 résume les recommandations du projet de norme ISO/8995 concernant les espaces de travail où sont susceptibles d'apparaître des problèmes de SBS.

Zones de circulation, photocopies...	300 lux
Salles de réunion, conférences	300 lux
Bureau de réception	300 lux
Travail ordinaire de bureau*	500 lux
Travail de dessin	750 lux
Archivage	200 lux
Cafetaria	200 lux
Salles de cours	500 lux

* avec attention particulière au travail avec ordinateur

- Les valeurs ci-dessus sont recommandées dans des conditions normales de vision. Elles sont à augmenter dans les cas où:
  - les contrastes au niveau de la tâche sont très faibles;
  - le travail visuel est très critique;
  - les erreurs sont très coûteuses à rectifier;
  - la grande précision est requise;
  - les capacités visuelles du travailleur sont inférieures à la normale.

2. Variations significatives de l'éclairement

Une majoration par un facteur ***1,5*** est nécessaire pour donner lieu à une variation de l'éclairement qui soit reconnaissable.
On recommande l'échelle suivante: 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000, 5000 lux.

3. Eclairement des surfaces avoisinantes

Le rapport des éclairements de la tâche et des alentours devrait être
- idéalement $< 1,5$
- en pratique < 3
- au maximum $= 10$

Références

1. Règlement général pour la Protection du Travail, Ministère de l'Emploi et du Travail. Articles 59 à 62 - Eclairage.
2. ISO-8995 (1997) Ergonomics of the visual environnement. The lighting of indoor work systems. International Standard Organisation, Geneva.

*
* *

FICHE 37
EBLOUISSEMENTS

On distingue 3 types d'éblouissement:

1. Eblouissement direct

- ***Causes:***
  - une zone très lumineuse se trouve dans ou à la périphérie du champ de vision;
  - en général:
    - ◊ lampe, source de lumière;
    - ◊ surface brillamment éclairée par un spot ou le soleil;
    - ◊ fenêtre;
  - la vision de la tâche en est perturbée et le sujet a tendance à plisser et avoir mal aux yeux.
- ***Remèdes***:
  - dans le cas d'une source de lumière:
    - ◊ la supprimer si elle n'est pas indispensable;
    - ◊ la sortir du champ visuel en changeant l'emplacement de la source ou la position de travail;
    - ◊ la remonter de sorte qu'elle se trouve à plus de 45° de l'horizontale par rapport au sujet;
    - ◊ la dissimuler derrière un cache opaque, lui-même peint en blanc (et non en noir!);
    - ◊ la placer derrière un cache très diffusant de manière à en diminuer la luminance;
  - dans le cas d'une surface très lumineuse:
    - ◊ supprimer l'éclairement sur cette surface s'il n'est pas indispensable;
    - ◊ réduire la luminance de la surface:
      - * en réduisant l'éclairement incident,
      - * en la peignant en une teinte plus foncée de moindre coefficient de réflexion;
    - ◊ modifier la position de travail:
      - * fenêtres à gauche, la plupart des personnes étant droitières ;
      - * ....

2. Eblouissement indirect

- ***Causes:***
  - reflets d'une source ou surface lumineuse sur le plan de travail;
  - en général:
    - ◊ reflet d'une lampe sur une table polie,
    - ◊ sur des feuilles plastiques,
    - ◊ sur un écran,
    - ◊ sur les touches d'un clavier;
  - la vision de la tâche en est perturbée et il en résulte à nouveau une fatigue oculaire.
- ***Remèdes:***
  - supprimer toute source ou surface lumineuse responsable de reflets, si elle n'est pas indispensable;
  - modifier ces sources ou surfaces pour diminuer leur luminance (voir point 1);
  - modifier la position de travail ou de l'écran de manière à éviter la réflexion gênante;

- supprimer la surface réfléchissante:
    - ◊ surface de table mate,
    - ◊ chemises en plastique mates,
    - ◊ pas de surface en verre.

3. Eblouissement relatif

- ***Causes***:
  - les luminances de différentes zones dans le champ visuel restent très différentes, malgré les mesures prises ci-dessus;
  - l'oeil modifie constamment sa sensibilité lors du passage d'une zone à une autre: il en résulte une fatigue visuelle.
- ***Remèdes:***
  - modifier les sources lumineuses et les surfaces de manière à avoir des rapports de luminances:
    - ◊ inférieurs à 3 sur le plan de travail,
    - ◊ inférieurs à 10, et si possible à 3, dans tout le champ visuel;
  - en jouant sur:
    - ◊ l'emplacement des sources lumineuses,
    - ◊ les couleurs (coefficients de réflexion) des différentes surfaces.

*
* *

FICHE 38
TYPES DE LAMPES

1. Définition: ***L'efficacité lumineuse*** est le rapport entre le flux de lumière et la puissance électrique consommée.

2. Lampes à incandescence

- ***Principe:*** filament de tungstène, porté à très haute température. Si la température augmente, l'efficacité lumineuse augmente mais la durée de vie diminue.
- ***En pratique:***
  - ◊ durée de vie: 1000 heures;
  - ◊ efficacité lumineuse: 10 lm/W;
  - ◊ température de couleur: 2600° K;
  - ◊ indice de rendu des couleurs: Ra 100;
- ***Avantages/inconvénients:***
  - ◊ les lampes incandescentes donnent une lumière appréciée (lumière ″rouge″). Cependant elles ne sont pas économiques (mauvaise efficacité) et donnent lieu à une chaleur par rayonnement susceptible d'être inconfortable.

3. Lampes fluorescentes:

- ***Principe:*** ionisation de vapeur de mercure avec émission d'un rayonnement UV transformé en lumière par le revêtement interne du tube. L'efficacité lumineuse et la durée de vie sont plus importantes.
- ***En pratique:***
  - ◊ durée de vie: 10000 heures;
  - ◊ efficacité lumineuse: 40-80 lm/W;
  - ◊ température de couleur: variable: 3000 à 5000° K;
  - ◊ indice de rendu des couleurs: variable: Ra 50-80;
  - ◊ les allumages fréquents réduisent fortement la durée de vie;
- ***Avantages/inconvénients:***
  - ◊ les lampes fluorescentes sont les lampes optimales pour les espaces de travail, pour autant que leur rendu des couleurs soit bon et que les luminaires en empêchent la vision directe.

4. Lampes halogènes:

- ***Principe***: régénération du filament de tungstène par l'intermédiaire du gaz halogène***.*** Leur durée de vie est donc plus élevée que pour les lampes à incandescence, de même que leur efficacité lumineuse.
- ***En pratique:***
  - ◊ durée de vie: 2000 heures;
  - ◊ efficacité lumineuse: 15-25 lm/W;
  - ◊ température de couleur: 2900 ° K;
  - ◊ indice de rendu des couleurs: Ra 100;
  - ◊ les allumages fréquents réduisent fortement la durée de vie;

- ***Avantages/inconvénients :***
  - ◊ les lampes halogènes peuvent servir de lampes d'appoint dans des bureaux particuliers. Elles ont les mêmes inconvénients que les lampes à i ncandescence: consommation et chaleur.

5. *Consulter les catalogues* des fabricants pour choisir les lampes optimales, en fonction de:

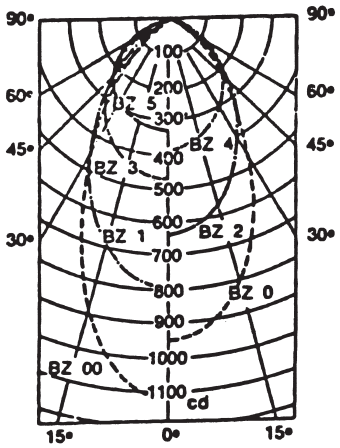
- leur efficacité lumineuse
- leur rendu des couleurs
- leur flux lumineux.

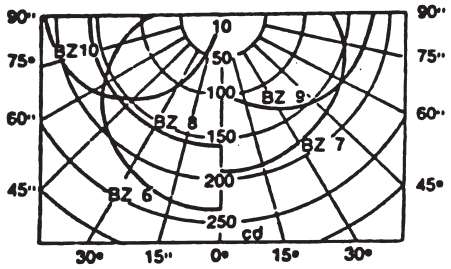
*
* *

FICHE 39
TYPES DE LUMINAIRES

- La ***catégorie*** de luminaires: classe BZ 1 à classe BZ 10 (British zonal) est définie à partir de la répartition de l'intensité lumineuse dans le plan perpendiculaire au luminaire:

Les luminaires de catégories . inférieures sont les moins divergents
. supérieures dispersent plus la lumière

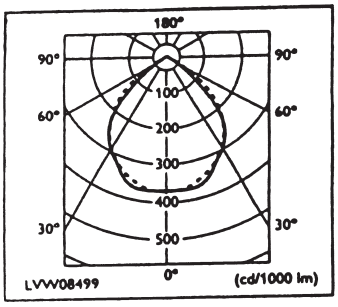




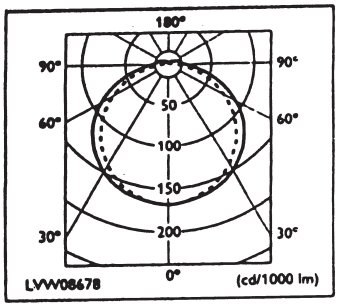
- Le ***diagramme polaire*** d'un luminaire montre sa répartition de l'intensité lumineuse dans toutes les directions.

Exemple

Classe BZ 2



Classe BZ 5



- En pratique, plus la distribution est grande latéralement, plus le risque d'éblouissement par vision directe est élevé.
  - pour des bureaux BZ < 4
  - en industrie BZ < 7
  - travail devant écran BZ ≤ 3
- Au contraire, les luminaires de classe faible peu divergents sont susceptibles de donner lieu à un éclairement non uniforme sur tout le local, s'ils sont trop espacés les uns des autres.

*
* *

FICHE 40
TRAVAIL SUR ORDINATEUR

La fiche concerne non seulement les PC standard, mais tout poste de travail avec écran non standard

1. Caractéristiques de l'écran

- Diagonale 14″, 15″, 17″.
- Largeur variable de 16 à 40 cm: en général 21 cm.
- Hauteur variable de 4 à 35 cm: en général 15 cm.
- Nombre de lignes: 6 à 80: moyenne 24.
- Nombre de caractères par ligne: 20 à 80: moyenne 80, soit en général 1920 caractères sur l'écran.
- Forme des caractères: matrice de 5 x 7 points ou de 7 x 9 points, ce qui donne une impression de ligne plus continue.
- Dans tous les cas, la hauteur minimale des caractères doit être égale à 3 mm, la distance verticale à 0,5 à 1 fois la hauteur et la distance horizontale à 0,25 à 0,5 fois cette hauteur.
- Eviter :
  - la couleur rouge pour le fond de l'écran et les caractères ;
  - la couleur bleue pour les caractères ;
  - plus de 4 couleurs différentes (sauf dans les applications de CAO).
- Utiliser ***de préférence*** des caractères foncés sur fond clair

2. Qualité de l'écran

- Astigmatisme et focalisation: les points formant les caractères doivent être ronds et précis, sinon flou et difficulté d'interprétation.
- Linéarité: la forme des caractères, leur grandeur et leur alignement doivent être les mêmes quel que soit l'emplacement sur l'écran.
- Luminance des caractères la même en tout point de l'écran.
- Chargement continu de l'écran sans clignotements.
- Stabilité de l'image.
- Absence de rayons x.
- Sécurité: résistance mécanique, raccordement électrique.
- Luminances de fond et des caractères:
  - contraste 5:1 ... 3:1 entre caractères et fond;
  - possibilité de réglage séparé de la luminance des deux.

3. Caractéristiques des accessoires

- ***Clavier***
  - AZERTY ;
  - largeur inférieure à 42 cm, soit à l'écartement normal des coudes;
  - plat ou légèrement incurvé ou incliné de 7 à 9° ; épaisseur au centre: environ 3 cm;
  - couleurs claires et mates: les touches deviennent à l'usage brillantes; les rendre mates au moyen de sticks en fibres de verre;
  - lettres gravées noires sur fond clair;
  - trois ensembles de touches de couleurs pastel différentes: clavier alphabétique, clavier numérique et touches ″fonctions″;
  - repères gravés sur certaines touches pour permettre la frappe à l'aveugle;
  - claviers électroniques requérant une pression et des déplacements réduits. Un cliquetis électronique et des signaux de fin de course sont ajoutés.
  - séparé de l'écran et facile à positionner au gré de l'utilisateur;
  - réglage de la distance œil-clavier 45 à 50 cm.
- ***Souris***
  - forme confortable et cliquage aisé;
  - surface d'utilisation de la souris avec le bras au repos sur la table, sans extension prolongée et répétitivité.
- ***Support papier***
  - installer un support pour le document papier;
  - prévoir la possibilité de réglage de la position, la distance, la hauteur, l'angulation (perpendiculaire au regard);
  - éliminer toute vibration ou oscillation;
  - localiser dans le plan de l'écran et à côté, de sorte que soit évitée la rotation trop fréquente ou prolongée de la tête.
- ***Support des mains et bras***
  - prévoir des accoudoirs réglables en hauteur;
  - prévoir un support pour les poignets devant le clavier (pas recommandé si clavier moderne).

4. Eclairements conseillés

- si lecture de documents : 500 lux;
- si pas de documents : 300 lux.

5. Luminances

- idéalement: luminance écran = luminance clavier = luminance environnement immédiat;
- si pas possible, respecter:
  luminance écran >1/3 luminance environnement immédiat
  luminance environnement immédiat > 1/3 et < 3 luminance générale.

6. Luminance de voile sur l'écran

◊ due aux réflexions diffuses sur la face extérieure de l'écran ;

- modifier l'emplacement relatif de l'écran par rapport aux luminaires de manière à éviter l'éclairage direct ou tangentiel;
- augmenter la luminance du fond à plus de 10 cd/m^2 pour ″noyer″ les réflexions diffuses (ceci nécessite le double réglage des luminances du fond et des lettres);

- placer un filtre à l'avant de l'écran de manière à empêcher ces réflexions diffuses. Cependant, ceci peut diminuer la lisibilité des caractères. Il s'agit donc d'une solution en dernier recours:
    - ◊ verre antireflet: élimine les réflexions spéculaires,
    - ◊ filtre polarisant: élimine les réflexions spéculaires,
    - ◊ filtre à volets miniatures : canalise la lumière, renforce le contraste et réduit l'éblouissement.

7. L'implantation optimale d'un poste de travail

- placer les écrans de préférence à l'écart des fenêtres;
- de façon telle que l'axe de vision soit parallèle aux fenêtres situées à la gauche du sujet (droitier):
    - ◊ si le sujet est dos à la fenêtre: reflets sur l'écran,
    - ◊ si le sujet est face à la fenêtre: éblouissement;
- placer le poste
    - ◊ à la verticale du luminaire,
    - ◊ ou entre deux rangées de luminaires;
- des stores à lamelles orientables devant les fenêtres sont conseillés.

Utiliser des luminaires de classe BZ < 3 (peu divergents) *FICHE 39*

8. Siège

- ***La surface de l'assise***
    - hauteur ajustable par le sujet entre 40 et 53 cm;
    - surface de taille appropriée en largeur (45 cm minimum) et profondeur (entre 34 et 45 cm);
    - inclinaison ajustable de manière à permettre un angle de 90° à 140° entre cuisses et jambes;
    - bord avant arrondi de manière à éviter une pression sur la partie inférieure des cuisses;
    - munie d'accoudoirs distants d'au moins 46 cm;
    - fixée sur pied à 5 branches;
    - assise globalement confortable.
- ***Dossier***
    - réglable en hauteur entre 10 et 30 cm par rapport à l'assise, de manière à soutenir dans le bas du dos;
    - largeur de 30 cm minimum;
    - inclinaison réglable par rapport à la surface de l'assise entre 100° et 115°.

9. Poste de travail

- ***Bureau***
    - réglage possible par le sujet à une hauteur confortable: entre 58 et 71 cm;
    - largeur telle que tous les accessoires de travail se situent à une distance d'atteinte confortable;
    - profondeur telle que l'écran et le clavier puissent être placés directement face à la personne: entre 60 et 90 cm;
    - espace en dessous du bureau suffisant pour les jambes et les accessoires tels qu'appui-bras et repose-pied:
    - distance genoux-table: 20 cm,
    - bord du bureau largement arrondi pour éviter les compressions locales sur l'avant-bras,
    - si possible, clavier incorporé dans la table si travail uniquement avec le clavier,
    - teinte pastel mate,
    - idéal: hauteur réglable des différentes parties.

- ***Ecran***
  - de couleur uniforme, mate, claire;
  - hauteur réglable sur 13 cm, de sorte à avoir un angle de 5 à 15° entre l'œil et le centre par rapport à l'horizontale;
  - réglage de la distance ″avant - arrière″ entre 30 et 40 cm;
  - réglage de l'inclinaison ″haut/bas″: perpendiculaire au regard;
  - réglage de l'orientation gauche / droite.
- ***Support des pieds***
  - placement d'un repose-pied;
  - réglable en hauteur entre 0 et 5 cm;
  - réglable en inclinaison entre 10 à 15°.

10. Le travailleur

- ***Fatigue***
  - organisation de pauses lors d'un travail requérant des postures défavorables prolongées ou répétées ou une activité soutenue de frappe ou de travail à la souris;
  - rotations ou changements d'activité prévus lorsque le travail requiert des postures, des forces, des répétitions défavorables.
- ***Vision***
  - fournir des lunettes unifocales plutôt que verres bi-foyer qui obligent à incliner la tête pour voir correctement;
  - examen pour des problèmes de vision chez les travailleurs présentant des symptômes de fatigue oculaire, des sensations de brûlure, des irritations des yeux, de vision trouble, de maux de tête.
- ***Formation du personnel en ce qui concerne***
  - la disposition de l'écran (hauteur, profondeur, orientation);
  - le réglage des luminances du fond et des caractères;
  - le nettoyage de l'écran.

11. La tâche

- Le software doit être conçu de manière à faciliter le travail et à permettre les initiatives.
  - touches ″fonctions″ permettant les macroopérations et, dans une certaine mesure, programmables par l'utilisateur;
  - positionnement automatique;
  - affichage à double luminance permettant de faire ressortir les parties importantes ou de différencier entre les informations venant de l'ordinateur et celles à fournir par l'utilisateur;
  - indication des erreurs ou localisation directe (par double luminance) de l'endroit où est l'erreur;
  - mémoire de quelques pages;
  - possibilités d'autocorrections autres qu'immédiates;
  - possibilités de choix de procédures: ordre aléatoire des entrées.

*
* *

FICHE 41
RECOMMANDATIONS CONCERNANT L'ECLAIRAGE

L'éclairage doit être tel que soient assurés:
- la sécurité visuelle,
- les performances visuelles en fonction des exigences de la tâche,
- le confort visuel avec une sensation de bien-être.

Pour ce faire, les paramètres suivants sont à considérer:
- le niveau d'éclairement,
- la diffusion et l'uniformité de cet éclairement,
- l'absence d'éblouissement,
- la qualité de la lumière, son rendu des couleurs,
- les couleurs des surfaces,
- la contribution de la lumière du jour,
- l'entretien.

1. L'éclairement souhaitable

(*FICHE 36*)

2. Diffusion de la lumière

- L'éclairage ***direct*** (90% ou plus vers la surface):
  - risque d'être plus éblouissant;
  - donne lieu à des zones d'ombres très tranchées;
  - convient pour les étalages, salles d'exposition.
- L'éclairage ***indirect*** (90% réfléchi par les surfaces):
  - donne lieu à trop peu de zones d'ombre et donc de relief;
  - coûte cher;
  - convient pour des applications spéciales.
- L'éclairage ***mixte*** (75% vers le bas, 25% en indirect):
  - donne lieu aux contrastes et au relief optimal;
  - rend le local plus accueillant.

3. Uniformité de l'éclairage

Les luminaires doivent être choisis *(FICHE 39)* et placés de sorte que l'éclairement ne varie pas
- de plus de 20% idéalement sur la tâche,
- de plus d'un facteur 2-3 idéalement entre la tâche et l'environnement immédiat.

A cette fin, les luminaires doivent être placés de sorte que le rapport entre l'écartement entre luminaires et la hauteur utile (entre les luminaires et le plan de travail) soit inférieur à une valeur limite, fonction du luminaire.

4. Eblouissement

(FICHE 37)

5. Qualité de la lumière

La qualité de la lumière est déterminée par 3 caractéristiques:

- La ***couleur apparente*** de la lumière elle même caractérisée par sa ***température de couleur*** définie à la *FICHE* 35;
  - des températures basses sont préférées (lumière "chaude": < 4.500° K)
    - ◊ aux faibles éclairements,
    - ◊ dans les climats plus froids.
  - des températures élevées (lumière "froide" > 4.500° K) sont préférées
    - ◊ aux éclairements plus élevés (> 700 lux),
    - ◊ dans les climats plus chauds.
- Le ***rendu des couleurs*** défini à la *FICHE* 35;
  - la valeur minimale souhaitable est de 60,
  - les valeurs les plus élevées (proches de 100) sont indispensables si les couleurs de sécurité doivent être reconnues ou selon les exigences de la tâche:
    - ◊ > 80 magasins, bureaux, industrie textile du papier, imprimeries, peintures,
    - ◊ 60 à 80 bâtiments industriels,
    - ◊ 40 à 60 dans l'industrie lourde.
- Les ***couleurs des surfaces extérieures***:
  Le choix des couleurs doit être réalisé
    - ◊ de manière à obtenir une réflexion importante de la lumière;
    - ◊ de façon à influencer l'humeur et la satisfaction des occupants.
  - *Facteurs de réflexion recommandés*
    - ◊ plafonds (75)....90%: blancs mat,
    - ◊ parois (50)....75%: couleurs pastel claires
      - * parois très éclairées: couleurs plus sombres,
      - * parois faiblement éclairées (*exemple*: entre fenêtres): couleurs plus claires,
    - ◊ mobilier (20)....50%: couleurs pastel claires,
    - ◊ sol..... 25

Le tableau 1 donne les coefficients de réflexion de différentes couleurs.

Couleur du revêtement	Claire	Moyenne	Sombre
blanc	0,80	0,70	-
jaune	0,70	0,50	0,30
beige	0,65	0,45	0,25
brun	0,50	0,25	0,08
rouge	0,35	0,20	0,10
vert	0,60	0,30	0,12
bleu	0,50	0,20	0,05
gris	0,60	0,35	0,20
noir	-	0,04	-

- *Couleurs et coloris*
  Les effets psychologiques créés par les couleurs sont la création d'illusions sur les distances et la température et l'influence sur l'humeur.

Couleur	Impression de distance	Impression de température	Effet psychologique
bleu	éloignement	froid	calmant
vert	éloignement	très froid et neutre	très calmant
rouge	rapprochement	chaud	calmant et excitant
orange	rapprochement très fort	très chaud	stimulant
jaune	rapprochement	très chaud	stimulant
brun	rapprochement très fort	neutre	stimulant
violet	rapprochement très fort	froid	stimulant, inquiétant, décourageant

6. Lumière du jour

- Les avantages de la lumière du jour sont:
  - contact avec le milieu extérieur, le temps, les variations diurnes, le soleil;
  - rendu des couleurs de référence;
  - variation spatiale et temporelle de l'éclairement dans le local rompant la monotonie;
  - éclairage horizontal au contraire de l'éclairage vertical habituel des luminaires;
  - effet bactéricide par les UV qu'elle comprend.
- Les désavantages sont:
  - risque accru d'éblouissement et/ou de reflets si les postes de travail/écrans, ... sont mal dirigés;
  - le soleil éclaire directement certaines surfaces intérieures.
- Recommandations:
  - orienter les postes de travail parallèlement aux fenêtres et jamais vers ou dos aux fenêtres;
  - éviter les ouvertures en plafond;
  - installer des écrans, de préférence orientables, verticalement
    - ◊ de préférence dans tous les cas,
    - ◊ obligatoirement dans le cas d'exposition solaire directe.

7. Entretien

- Le vieillissement et l'accumulation de poussières sur la lampe ou le luminaire peuvent réduire le flux lumineux et donc l'éclairement résultant jusqu'à 50%.
- Recommandations:
  - entretien systématique à une fréquence fonction du risque de salissure;
  - élimination immédiate des lampes donnant lieu à un papillotement perceptible;
  - remplacement systématique des lampes:
    - ◊ après un certain nombre d'heures,
    - ◊ dès que 20% sont hors d'usage.

*
* *

FICHE 42
EVALUATION DES FACTEURS SOCIAUX ET ORGANISATIONNELS

1. Introduction

- Cette fiche comprend une série de 17 aspects des conditions de travail sur lesquels il est important de réfléchir.
- Le but n'est pas d'évaluer la situation par un score quelconque mais:
  - de regarder cette situation de travail sous chacun de ces aspects,
  - de prendre conscience de conditions non optimales,
  - et de chercher, si c'est possible, comment améliorer cette situation.
- Cette réflexion devrait être idéalement menée en concertation entre la direction - au moins l'encadrement direct - et le personnel concerné.

2. Liste

- **Autonomie individuelle**
  1. le travail s'effectue souvent sous la pression du temps ou en fonction des ″échéances″, ou bien les normes de production ne sont pas faciles à atteindre.
  2. le sujet n'a pas la possibilité de varier l'allure de son travail, étant donné la cadence imposée par l'organisation du travail.
  3. les tâches de cycle court sont fréquentes (une tâche est de cycle court lorsque la même manipulation est répétée après moins de 1,5 minutes, c'est-à-dire lorsque le cycle est inférieur à 1,5 minutes).
- **Contraintes relationnelles**
  1. il existe des postes de travail isolés où le travail est totalement indépendant de celui des autres;
  2. les travailleurs n'ont pas suffisamment l'occasion de bavarder quelques instants avec leurs collègues;
  3. il n'existe pas de concertation de travail régulière, ou bien, lorsqu'il y a concertation sur le travail, il est pratiquement impossible d'aborder les problèmes du travail;
  4. les travailleurs n'ont pas l'occasion de s'entraider lorsque cela s'avère nécessaire;
  5. le travail comporte une charge émotionnelle, par exemple en raison des relations sociales avec les patients, les clients, les élèves, etc...
- **Contraintes organisationnelles**
  1. il arrive fréquemment que l'organisation du travail et/ou les procédures de travail posent des problèmes;
  2. il arrive fréquemment que le travail ne soit pas bien préparé par les autres départements;
  3. il arrive fréquemment que le support des autres départements soit insuffisant;
  4. l'outillage, les machines, les instruments ou le logiciel présentent souvent des problèmes (mauvais fonctionnement, défauts, pannes).

- **Intérêt du travail**
    1. les tâches monotones sont fréquentes (il s'agit de tâches qui après peu de temps se font dans la routine);
    2. le travail est très morcelé dans le département. Chaque travailleur apporte une petite contribution au ″produit″ du département;
    3. les travailleurs ne reçoivent pas assez d'informations sur le résultat de leur travail;
    4. les travailleurs n'ont pas ou pratiquement pas la possibilité de déterminer eux-mêmes leur rythme de travail;
    5. les travailleurs n'ont pas ou pratiquement pas la possibilité de choisir leur méthode de travail dans le cadre de certaines règles générales.

Référence

Cette liste a été adaptée à partir de la liste proposée dans l'ouvrage : Moors S. (éd.) (1994) Stress & travail. - origines, approches. Bruxelles, Institut National de Recherche sur les Conditions de Travail, pp. 270.

*
* *

INDEX DES MATIERES

INDEX DES MATIERES

Air frais : 27, 29-37, 39, 97, 99
Absorption acoustique (ou matériaux absorbants): 115, 123
Adoucisseur: 34, 74
Appareils de mesurages: humidité: 69, 106
température: 69, 106-107
vitesse d'air: 69, 107
pressions: 69
substances chimiques: 69
bruit: 70, 125-126
éclairage: 70
Archives: 40-41, 68, 81, 92-93
Batteries de chaud: 27, 29-30, 32-33, 74
Batteries de froid: 27, 29-30, 32, 74
Bouches de pulsion d'air: 27, 29-36, 40, 43, 45, 47, 65, 69, 72, 74, 79, 97, 99
Bouches de reprise d'air: 27, 29-36, 40, 72, 79, 86, 97, 99-100
Brise gouttelettes: 29, 32, 79
Bruit: 5, 14, 21, 23, 47-48, 62, 65, 70, 82, 95, 109-114
Bruit - ordres de grandeur: 111
Bruit de fond: 47-48, 109-114, 119
Caissons de pulsion: 32, 74, 79
Charge de travail: 6, 46, 101-102
Chaudières: 36, 81, 87, 89
Climat: 5, 14, 44-46, 61, 65, 66, 69, 99, 101, 105, 106
CO: 36, 41, 69, 85, 87, 100
CO_2: 41, 59, 69, 87, 97, 99
Coefficients d'absorption: 115-119
Conditionnement d'air: 5, 14, 27, 29, 30-37, 59, 61, 63
Confort thermique (PMV-PPD): 46, 61, 102-104
Couleurs: 49, 127, 131, 132-133, 135-138, 139-141
Courant d'air: 21, 23, 34, 39, 45-46, 72, 97, 107
Débits d'air: 31, 34, 36, 37, 64, 68, 83, 85, 99-100
Déchets: 28, 41-42, 59, 68, 81, 90, 92, 96
Eblouissement: 50, 130-131, 134, 137, 140, 141
Eclairage: 4, 5, 15, 21, 23, 49-51, 62, 65, 66-67, 70, 97, 127, 128-129, 130, 134, 139-141
Eclairage - ordres de grandeur: 128-129
Eclairement sur ordinateur - ordres de grandeur: 50-51, 135-138
Ecran: 21, 23, 50-51, 52, 65, 68, 84, 130-131, 134, 135-138, 141
Ejecto-convecteurs: 33, 74
Entretien: système HVAC: 27, 33-34, 35, 42, 59, 63, 65, 73, 77, 92
système d'éclairage: 49-51, 139-141
des lieux, locaux et bâtiments: 28, 40, 59, 65, 66-67, 91-93, 94
des filtres: 31, 33, 35, 83-86
Ergonomie: 40, 51, 52, 62, 119, 135-138, 139-141, 142-143
Facteurs organisationnels: 6-9, 21, 23, 61, 142-143
Facteurs personnels: 6, 8-9, 61-62
Facteurs sociaux: 6-9, 21, 23, 142-143
Filtres: 27, 29, 31-32, 33, 35, 74, 78, 81, 83-86, 93, 95
Formaldéhyde: 61, 69, 82, 87-90, 100
Humidificateurs HVAC: 13, 27, 29, 32-34, 73-75, 77-78
Humidificateurs locaux: 41-42, 68, 92
Humidité: 5, 21, 23, 37, 38, 41, 44-45, 65, 67, 82, 92
Humidité de l'air: 44-46, 52, 61, 69, 85, 88, 91-93, 97, 101, 102-104, 105, 106
Isolement acoustique: 47-48, 113-114, 120-121, 122-124
Lampes: 49-50, 108, 127, 132-133
Locaux polluants: 28, 36, 40, 66, 68, 72, 88-89
Luminaires: 65, 134, 137, 139
Maladie des Légionnaires: 3

Maladie liée aux bâtiments: 3-4, 13
Matériaux isolants: 88, 89, 120-121, 122-124
Mobilier: 40, 50-51, 61, 68, 81, 91, 95, 135-138
Moquettes: 5, 13, 39, 61, 65, 68, 81, 91, 93, 94, 95
Muqueuses: 4-5, 87-90
Ordinateur: 49, 52, 78, 135-138
Peintures: 38, 40, 68, 81, 88-90, 95
Plantes vertes: 13, 30, 41, 92-93
Plomb: 89-90
Pollution atmosphérique: 5, 31, 35, 38-42, 68, 69, 72, 81, 82, 88, 99
Pollution chimique: 5, 14, 21, 23, 40, 62, 81, 85-86, 87-90
Pollution microbiologique: 5, 14, 21, 23, 31, 39, 41, 61-62, 69, 73, 81, 97, 100
Poussières: 21, 23, 31, 34, 38-40, 69, 71, 81, 83-86, 87, 89, 91, 94, 95, 100, 141
Prévention: 4, 13-15, 82, 83
Prises extérieures: 27, 30-37, 95
Produits d'entretien: 28, 39-40, 68, 81, 85, 90, 91, 94
Rayonnement thermique: 5, 44-46, 49-50, 61, 69, 97, 102-104, 106-107, 108, 132
Recyclage d'air: 35, 72, 82, 88-89
Rejets d'air: 29, 30-37, 95
Rénovation des locaux: 28, 38-39, 59-60, 61, 63, 81, 90, 95
Responsable de la prise en charge du problème (qui - rôle): 8, 13-15, 19, 27, 59-60, 63, 66
Stérilisateur UV.: 33, 74, 77
Stress au travail: 6-8, 62, 142-143
Système nerveux central: 3-5, 20, 22, 62, 89
Tabac: 21, 23, 41, 67, 84, 88
Température de l'air: 5, 21, 23, 34, 37, 38, 41, 43, 46, 60, 61, 65, 67, 69, 88, 97-98, 101, 102-104, 106, 108
Températures internes - ordres de grandeur: 43, 101, 102-104, 105
Temps de réverbération: 48, 112
Tour de refroidissement: 31, 36, 79
Ventilateurs: 14, 27, 30-37, 47, 59, 72, 74, 79, 88, 123
Ventiloconvecteurs: 29, 30, 65, 79, 92
Vermine: 28, 39, 59, 67, 96
Vêtements (clo): 46, 102-104
Vibrations: 47, 97, 115, 123
Vitrages: 39, 44, 47, 50, 122
Voies respiratoires inférieures: 3-4, 20, 22, 62, 83-84
Voies respiratoires supérieures: 3-4, 20, 22, 61, 84, 87-90
WBGT: 101

*
* *