

Qualité de l'air

Résultats d'enquêtes dans un bâtiment récent

Le Sick Building Syndrom ou syndrome des bâtiments malsains a été décrit par plusieurs auteurs [1, 2, 3]. Ce diagnostic, évoqué chez une population d'employés du secteur tertiaire, a été à l'origine de 2 enquêtes par questionnaire et d'une enquête métrologique dont les résultats sont présentés et discutés dans cet article.

En résumé

À la suite du déplacement de 200 personnes environ d'un bâtiment ancien où la ventilation était naturelle, vers un bâtiment plus moderne équipé d'une ventilation mécanique, un grand nombre d'occupants s'est rapidement plaint de divers symptômes faisant suspecter un « Sick Building Syndrome » (SBS) ou « syndrome des bâtiments malsains ». Deux enquêtes par questionnaire ainsi qu'une enquête métrologique ont été effectuées. Les résultats de ces enquêtes, présentés dans cet article, sont analysés en fonction de l'âge, du sexe, de la fonction et de l'ancienneté des agents et de leurs antécédents allergiques. Au plan technique, il apparaît que dans cet immeuble le débit de ventilation en air neuf est largement inférieur aux prescriptions réglementaires qui sont déjà très peu contraignantes, et que le niveau d'humidification trop bas de l'air entraîne un inconfort certain.

Introduction

À la suite du déménagement en 1998 dans un nouveau bâtiment équipé d'une ventilation mécanique, des manifestations évocatrices de Sick Building Syndrom ou SBS (*encadré 1 page suivante*) ont été constatées dans une population d'employés du secteur tertiaire. La ventilation mécanique fonctionnait en air totalement neuf (non conditionné). Les locaux précédemment occupés étaient vétustes, munis de fenêtres peu hermétiques laissant une large place à la ventilation naturelle. Le nouveau bâtiment, situé à côté de l'ancien, possédait quant à lui des fenêtres hermétiques qui pouvaient s'ouvrir de façon très partielle grâce à un système coulissant. Le déménagement a eu lieu en raison de la vétusté des locaux de l'ancien bâti-

ment et du nombre insuffisant de bureaux (3 à 4 personnes par bureau). Le nouveau bâtiment possédait plus de locaux, ce qui a permis de réduire le nombre de personnes dans chaque bureau (en moyenne deux personnes par bureau). La population étudiée était suivie par le même médecin du travail depuis dix ans et ne rapportait pas de problème particulier. Après installation dans le bâtiment neuf, les manifestations suivantes ont été décrites lors des visites médicales :

- oculaires : picotements, brûlures, assèchement, utilisation nécessaire de larmes artificielles, port de lunettes impossible au travail ;
- ORL : otites, angines, rhinites et sinusites ;
- pulmonaires : asthme, toux irritative, gêne respiratoire ;
- cutanées : picotements, brûlures, assèchement, changement de crème cosmétique nécessaire.

Les manifestations d'irritation cutanéomuqueuse, quoique bénignes, étaient très gênantes. Pour certaines personnes allergiques, la situation était particulièrement invalidante avec une majoration de leurs symptômes. Il n'y avait en revanche que de très rares plaintes concernant l'apparition de céphalées, de fatigue ou de somnolence.

Cette symptomatologie « nouvelle » a été à l'origine de deux enquêtes à quatre ans d'intervalle (1999 et 2003) réalisées par le médecin du travail. La première enquête réalisée en 1999 a été suivie d'une étude métrologique.

Objectifs des enquêtes

- L'enquête de 1999 avait pour objectifs :
- de quantifier les manifestations apparues dans cette population du tertiaire depuis le changement de bâtiment en 1998 ;
 - d'évaluer leur gravité et leur fréquence ;

LAFOSSAS S*, BARAT F**,
VERDUN-ESQUER C***

*Service de Médecine de Prévention, Ministère de la Justice, Bordeaux.

**Ingénieur conseil Caisse régionale d'Assurance maladie Aquitaine.

***Service de médecine du travail et pathologie Professionnelle, CHU de Bordeaux.

- d'obtenir des moyens d'investigations supplémentaires pour apporter des solutions adaptées.

L'enquête métrologique avait pour objectifs :

- d'analyser le système de ventilation du nouveau bâtiment ;

- de mesurer une éventuelle pollution chimique et d'évaluer son éventuelle incidence sur la survenue d'une symptomatologie irritative ou allergique ;

- de mesurer la concentration en poussière ;

- de mesurer les débits d'air, la température et l'humidité relative.

ENCADRÉ 1

Le « Sick Building Syndrom » ou syndrome des bâtiments malsains

Le « Sick Building Syndrom » (SBS) ou syndrome des bâtiments malsains est un ensemble de symptômes non spécifiques touchant la peau, les muqueuses, le système respiratoire et/ou le système nerveux central. Les symptômes sont bénins et surviennent de façon isolée ou en association ; ils sont rythmés par la présence dans le lieu de travail. La définition adoptée par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) en 1982 est la suivante :

- Symptômes généraux :

- fatigue, tête lourde, céphalée
- nausée, vertiges
- difficultés de concentration

- Symptômes affectant les muqueuses :

- démangeaisons, sensations de brûlure, irritation des yeux
- nez irrité, bouché ou qui coule
- gorge sèche et rauque, toux

- Symptômes affectant la peau :

- peau du visage sèche ou rouge
- démangeaisons, sensation de brûlure ou de pression sur le visage

D'autres classifications ont été proposées telles que celle de J. Malchaire dans *Sick Building Syndrom, Analyse et Prévention* [3]. Les symptômes y sont classés en 5 catégories en y ajoutant les symptômes touchant le système respiratoire profond et les symptômes de gêne extérieure (*Tableau I*).

Le SBS est rapporté de façon croissante depuis les années 70 : l'OMS estime que 30 % des bâtiments neufs ou rénovés seraient concernés. On considère qu'un immeuble est « touché » lorsqu'un pourcentage non négligeable, dit excessif, des occupants se plaignent de manifestations (pour certains auteurs un bâtiment est malsain lorsque plus de 20 % de ses occupants ont des symptômes anormaux) [4, 5, 6, 7].

Le SBS est un diagnostic d'exclusion qui ne peut être envisagé qu'après élimination des « maladies liées au bâtiment » ou « building-related illnesses » dont les étiologies sont bien connues (*Tableau II*).

Il s'agit avant tout de pathologies infectieuses, immunologiques ou allergiques souvent liées à un défaut de conception ou de maintenance des systèmes de climatisation/ventilation avec contamination et développement de microorganismes, moisissures, bactéries et parasites.

Le SBS doit être différencié des « hystéries collectives ». Celles-ci se déclenchent assez rapidement (en quelques heures, voir minutes...) accompagnées de réactions affectives immédiates et violentes, alors que les manifestations de SBS apparaissent progressivement à moyen et long terme, de façon moins démonstrative, à titre de plaintes et de gênes répétées [3].

Le SBS a une origine complexe, souvent multifactorielle, pour laquelle peuvent être distingués :

- les facteurs ambiants :

- facteurs physiques : insuffisance d'apport d'air neuf, vitesse de l'air excessive, humidité relative insuffisante, empoussièrément,
- facteurs chimiques : composés organiques volatils, monoxyde de carbone, anhydride carbonique, oxydes d'azote, anhydride sulfureux, aldéhydes, tabagisme,
- facteurs biologiques : microorganismes

- les facteurs socio-organisationnels : manque d'intérêt professionnel, d'autonomie, difficultés relationnelles avec la hiérarchie [8].

De nombreuses enquêtes ont permis d'étudier les manifestations de SBS. Parmi celles-ci, une enquête a été menée par Burge et coll. en 1987 chez 4 373 employés de bâtiments administratifs au Royaume Uni [2]. Les auteurs ont étudié les symptômes rencontrés chez les salariés sur une période de 12 mois. Les bâtiments étaient choisis au hasard et non connus comme posant des problèmes de SBS. Les symptômes les plus fréquemment rencontrés étaient : nez bouché (47 %), gorge sèche (46 %), maux

Ces mesures ont eu lieu dans les bureaux où travaillent des personnes particulièrement touchées par le SBS.

L'enquête de 2003 avait pour objectif :

- d'étudier l'évolution des manifestations d'irrita-

tion des muqueuses dans le temps (4 ans après la première enquête et 5 ans après l'entrée dans les locaux) ;

- de comparer les résultats des 2 enquêtes ;
- de mettre en évidence des facteurs de risques d'apparition de SBS.

de tête (43 %). Ils ont constaté une augmentation significative des symptômes dans les locaux utilisant l'air conditionné par rapport à la ventilation naturelle.

En 1991 une étude finlandaise menée par Jouni et coll. sur 2 678 salariés de 41 bâtiments du secteur administratif [9], montre aussi une augmentation des symptômes de SBS chez les salariés occupant des bâtiments administratifs équipés d'une ventilation mécanique ou à air conditionné sans humidification d'air, par rapport à ceux travaillant dans des bureaux à simple ventilation naturelle.

Tableau I

Classification des symptômes de SBS proposée par Malchaire [3]

- | | |
|---|--|
| <p>► SYMPTÔMES AFFECTANT LES MUQUEUSES ET LES VOIES RESPIRATOIRES SUPÉRIEURES :</p> <ul style="list-style-type: none"> • irritation, sécheresse des yeux, du nez, de la gorge ; • picotements des yeux, larmoiements, congestions nasales ; • toux, éternuements, saignements du nez ; • voix enrouée ou modifiée. <p>► SYMPTÔMES AFFECTANT LE SYSTÈME RESPIRATOIRE PROFOND :</p> <ul style="list-style-type: none"> • oppression thoracique, respirations sifflantes, asthme, essoufflements. | <p>► SYMPTÔME AFFECTANT LA PEAU :</p> <ul style="list-style-type: none"> • sécheresse, démangeaisons, éruptions. <p>► SYMPTÔME AFFECTANT LE SYSTÈME NERVEUX CENTRAL :</p> <ul style="list-style-type: none"> • fatigue, difficultés de concentration, somnolence ; • maux de tête ; • étourdissements, vertiges, nausées. <p>► SYMPTÔMES DE GÊNE EXTÉRIEURE :</p> <ul style="list-style-type: none"> • odeurs déplaisantes, modification du goût. |
|---|--|

Tableau II

Maladies spécifiques liées aux bâtiments d'après Menzies et Bourdeau [8]

Maladie	Type d'immeuble	Source intérieure	Agent ou facteur d'exposition
INFECTIEUSE			
► Maladie du légionnaire et fièvre de Pontiac	Immeubles de bureaux, hôpitaux, hôtels	Climatisation, humidificateur, circuit d'eau chaude, ...	<i>Legionella pneumophila</i>
► Maladies grippales et rhumes	Immeubles de bureau Baraquements militaires, hôpitaux	Source humaine	Virus respiratoire (rhinovirus, virus influenza...)
► Tuberculose	Immeubles de bureau Baraquements militaires, hôpitaux	Source humaine	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>
IMMUNOLOGIQUE			
► Pneumonie d'hypersensibilité	Immeubles de bureaux,	Humidificateurs	Bactéries, champignons, actinomycètes
► Fièvre des humidificateurs	Immeubles de bureaux	Climatisation, humidificateur, ventilation	<i>Aspergillus, Penicillium, autres</i>
ALLERGIQUE			
► Dermatite atopique, rhinite et asthme	Immeubles de bureaux	Poussière de surfaces moquette, vêtements, humidificateur	Acarions, blattes, champignons, allergènes, animaux
► Rhinite allergique, urticaire de contact, œdème de Quincke	Immeubles de bureaux	Papier autocopiant sans carbone	Résines d'alkylphénol (novolac ¹)
IRRITATIVE			
► Dermatite, irritation des voies aériennes supérieures et inférieures	Immeubles de bureaux	Faux plafond, fumée de tabac, gaz d'échappement, combustion	Fibres de verre produits de combustion (CO, NO ₂ ...)

¹ Novolac est une résine epoxy

Méthodologie

La méthodologie utilisée a associé une première enquête par auto-questionnaire, une enquête métrologique et un essai d'humidification puis une deuxième enquête par auto-questionnaire.

ENQUÊTE RÉALISÉE EN 1999

Un auto-questionnaire simple a été mis au point d'après les symptômes évoqués lors des visites médicales, ressentis depuis l'entrée dans les nouveaux locaux. Il ne portait que sur les manifestations d'irritation cutanéomuqueuse.

Ce questionnaire a été adressé à l'ensemble du personnel durant la période estivale (août et septembre 1999) et devait être retourné au service de médecine du travail dans les 2 mois. L'analyse des résultats a été faite sous Excel.

ENQUÊTE MÉTROLOGIQUE

La qualité de l'air dans les locaux de travail du secteur tertiaire dépend d'un grand nombre de facteurs : physiques, pollution chimique et microbiologique. Le fait de procéder à l'analyse de tous ces facteurs représente un travail considérable. En effet, il est nécessaire de faire appel à la métrologie basée sur des mesures répétées un grand nombre de fois, ou sur des prélèvements de longue durée, suivis d'analyses (les prélèvements peuvent durer deux semaines consécutives et doivent se dérouler pendant les heures de présence du personnel). La norme XP 43-401 [10] donne une indication sur les paramètres à contrôler.

L'enquête métrologique a consisté en l'analyse de différents paramètres et des essais d'humidification des bureaux, objets de l'étude.

Les paramètres évalués

- Trois paramètres ont été évalués :
- l'existence d'une éventuelle pollution chimique ;
 - la pollution particulaire ;
 - les caractéristiques physiques de l'air.

Évaluation de la pollution chimique

Mesure des composés organiques volatils (COV)

Différents appareils de mesure portables, donnant un résultat en temps réel, ont été utilisés. Le plus inté-

ressant d'entre eux, bien que non spécifique d'un polluant donné, est un appareil de mesure très sensible, basé sur le principe de la photoionisation.

L'air à analyser passe dans une chambre d'irradiation où il est soumis à un rayonnement ultraviolet de courte longueur d'onde correspondant à une énergie de 10,2 eV. Des dosimètres passifs (badges Gabie INRS) ont également été utilisés pour confirmer les données recueillies.

Dosages spécifiques

L'oxyde de carbone (CO), le sulfure d'hydrogène (H₂S), l'ammoniac (NH₃) et l'anhydride sulfureux (SO₂) ont été mesurés par méthode électrochimique. Les aldéhydes et l'anhydride carbonique ont été mesurés respectivement par HPLC⁽¹⁾ et par spectrophotométrie infra rouge. La mesure de l'anhydride carbonique a eu lieu sur toute une journée de travail, quand des agents présentant des symptômes d'irritation et d'allergie étaient présents.

Évaluation de la pollution particulaire

La concentration en poussières a également été mesurée à partir de prélèvements de longue durée selon les méthodes mises au point par l'INRS.

Évaluation des caractéristiques physiques de l'air

Des mesures de débit d'air, de température et d'humidité relative ont été effectuées au début du mois de mars 2000 dans deux bureaux occupés par des agents s'étant plaints plus particulièrement de symptômes d'irritation et d'allergie.

Essais d'humidification des bureaux objets de l'étude

Dans le bâtiment étudié, il s'est avéré impossible d'envisager d'installer une centrale d'humidification à la vapeur qui aurait traité la totalité de l'air distribué, et ce pour des raisons de coût (de l'ordre de 150 000 euros).

À titre d'expérience, des humidificateurs individuels destinés, dans un premier temps, aux deux bureaux occupés par des agents présentant les symptômes les plus critiques d'irritation et d'allergie ont été testés (les deux bureaux dans lesquels des relevés précis de température et d'humidité relative ont été effectués). Le choix s'est porté sur des humidificateurs à évaporation froide, permettant de traiter des pièces de 60 m³, et d'un débit d'air de 100 ou 150 m³ par heure (données constructeur ; 2 vitesses de fonctionnement). L'air à humidifier pénètre par les deux grilles latérales de l'appareil, traverse les deux filtres « buvard » humides qui se présentent en cassettes facilement remplaçables, et il est distribué verticalement sous l'action d'un ventila-

(1) Chloratographie liquide haute performance.

teur hélicoïde basse vitesse (silence de fonctionnement). Les filtres « buvard » s'imprègnent d'eau dans le réservoir situé au bas de l'appareil.

Les essais ont été effectués dans deux pièces identiques de 40 m³, l'une d'entre elles servant de pièce témoin dépourvue d'humidificateur.

Ces pièces donnaient sur la même façade du bâtiment et étaient occupées en permanence par une personne.

Aucune précaution particulière n'a été prise pour que les accès à ces pièces restent fermés, c'est-à-dire que l'activité a été habituelle quant aux entrées et sorties des occupants ou de leurs visiteurs.

Pour chaque symptôme, il était demandé s'il existait une recrudescence saisonnière et laquelle, si les manifestations étaient apparues depuis l'entrée dans le nouveau bâtiment, s'il y avait une amélioration pendant les week-ends ou les congés et qu'elle était l'évolution avec le temps.

Ce questionnaire a été adressé à l'ensemble du personnel durant la période estivale (août et septembre 2003) et devait être retourné au service de médecine du travail dans les 2 mois.

L'analyse de l'enquête a été faite sous Excel et la comparaison des pourcentages sur Epi Info en utilisant le test du khi 2 pour la comparaison des pourcentages. Le seuil de signification retenu était de 5 %.

ENQUÊTE RÉALISÉE EN 2003

Une deuxième enquête par auto-questionnaire a été organisée 4 ans plus tard afin d'étudier l'évolution dans le temps du SBS et de mieux en connaître les facteurs d'apparition.

Un questionnaire plus élaboré qu'en 1999 a été réalisé comportant une soixantaine de questions. Ont été explorées les données socio-démographiques : âge, sexe, catégorie socio-professionnelle, ainsi que d'éventuels facteurs de risque : tabagisme, antécédents allergiques (asthme, rhinite, conjonctivite, eczéma) et enfin l'ancienneté dans le bâtiment. Le questionnaire reprenait les mêmes symptômes que ceux de l'enquête 1999.

Résultats

ENQUÊTE DE 1999

Sur 254 personnes ayant reçu le questionnaire, il y avait 75 % de répondants, ce qui représente un résultat appréciable pour ce genre de consultation. Quarante-sept pour cent des répondants déclaraient ressentir au moins un symptôme. Les manifestations d'irritation cutanéomuqueuse rencontrées sont présentées dans le *tableau III*, dans la colonne « enquête 1999 ».

Comparaison de la prévalence des symptômes cutanéomuqueux évocateurs de SBS entre l'enquête de 1999 et 2003 parmi les répondants.

TABLEAU III

Symptômes rapportés	Prévalence en %		p
	Enquête 1999 N = 190	Enquête 2003 N = 144	
► MANIFESTATIONS ORL	64	65	NS
Rhinites	60	59	NS
Sinusites	27	35	NS
Angines	22	19	NS
Otitis	7	9	NS
► MANIFESTATIONS OCULAIRES	69	52	P = 0,0017 *
Picotements, brûlures	54	35	P = 0,0004 *
Assèchement	42	39	NS
Utilisation de larmes artificielles	12	17	NS
Impossibilité de port de lentilles	5	8	NS
► MANIFESTATIONS PULMONAIRES	35	35	NS
Toux	27	35	NS
Gêne respiratoire	17	29	NS
► MANIFESTATIONS CUTANÉES	32	33	NS
Picotements brûlures	9	13	NS
Assèchement	29	28	NS
Changement de crème nécessaire	17	22	NS
► AU MOINS UN SYMPTÔME	87	82	NS

* différence significative au seuil de 5 %

ENQUÊTE MÉTROLOGIQUE

La présentation, en CHSCT des résultats de l'enquête de 1999 a permis d'obtenir une étude métrologique de l'air du bâtiment. Le principe de ventilation du bâtiment fait l'objet de l'*encadré 2*.

Les paramètres évalués

Évaluation de la pollution chimique

Mesure des COV

Dans cette étude, il n'a été trouvé aucune différence significative entre la pollution extérieure et la pollution intérieure en ce qui concerne les composés organiques volatils. La concentration totale est pratiquement non mesurable. Ceci a été confirmé à l'intérieur des locaux par l'utilisation de dosimètres passifs pour vapeurs organiques (badges Gabie de l'INRS). Pour un prélèvement de 7 heures en ambiance, la détection de vapeurs

organiques se situe au voisinage de la limite de sensibilité de la méthode d'analyse par chromatographie en phase gazeuse, de l'ordre de 0,2 ppm.

Dosages spécifiques

Le monoxyde de carbone, l'hydrogène sulfuré, l'ammoniac, l'anhydride sulfureux n'étant pas photoionisables à 10,2 eV, et dans le même souci de comparaison entre la qualité de l'air extérieur et de l'air intérieur, des appareils spécifiques de mesure à cellule électrochimique ont été utilisés. Aucune différence significative n'a été retrouvée. Il faut toutefois signaler que l'utilisation de ces appareils s'est faite au voisinage de leur seuil de sensibilité, ce qui a rendu cet usage assez délicat.

Une plus forte concentration en monoxyde de carbone a été mesurée lorsque les tests étaient effectués à proximité de bureaux de fumeurs, ce qui n'est pas étonnant.

Des prélèvements de longue durée ont été effectués à l'intérieur des locaux pour mesurer la concentration en aldéhydes (supports spécifiques et chromatographie liquide haute performance). La présence d'aldéhyde formique a été décelée à la concentration moyenne de 0,046 mg/m³ et d'aldéhyde acétique à la concentration moyenne de 0,044 mg/m³. Les recommandations de l'ASHRAE⁽²⁾ prévoient de ne pas dépasser 0,120 mg/m³.

Dans un premier bureau occupé par deux personnes, la concentration moyenne obtenue à partir de six mesures effectuées de façon aléatoire était de 900 ppm. Le débit d'air neuf par occupant était de 12 m³/heure.

Dans un deuxième bureau occupé par une seule personne, la concentration moyenne obtenue à partir de huit mesures effectuées de façon aléatoire était de 675 ppm. Le débit d'air neuf par occupant était de 31 m³/heure.

De la même façon, dans un troisième bureau occupé par trois personnes et en fin de journée, la concentration relevée était de 1 000 ppm. Le débit d'air neuf par occupant était de 14 m³/heure. Le jour de ces mesures, la concentration naturelle en anhydride carbonique dans l'air extérieur était de 300 ppm.

Évaluation de la pollution particulaire

La concentration en poussières s'établit dans une fourchette de 30 à 50 microgrammes par m³ d'air, ce qui est tout à fait classique puisque l'air entrant prélevé à l'extérieur, est filtré avant d'être distribué dans le bâtiment. L'OMS recommande de ne pas dépasser 150 microgrammes/m³. Dans ce bâtiment, et en particulier dans les bureaux où les occupants se plaignent d'irritations et d'allergies, la pollution chimique reste très modérée et ne semble pas, *a priori*, devoir être mise en cause. C'est la raison pour laquelle certains facteurs physiques ont été étudiés.

(2) American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers.

ENCADRÉ 2

Principe de ventilation du bâtiment

Le principe de ventilation du bâtiment objet de cette étude est classique.

Ses caractéristiques sont les suivantes :

- « tout air neuf », c'est-à-dire qu'il n'existe pas de recyclage de l'air pour réaliser des économies d'énergie en hiver ;
- l'air neuf est prélevé au niveau du sol, dans une cour centrale, ce qui n'est pas la meilleure solution, compte tenu de la pollution automobile dans l'environnement du bâtiment ;
- la filtration de cet air neuf est assurée par des filtres de classe EU 5 (norme EUROVENT) ;
- il est ensuite dirigé vers la chaufferie et distribué dans le bâtiment ;
- un système d'humidification d'air avait bien été prévu, mais il n'a jamais été mis en fonctionnement ;
- un système de rafraîchissement d'air, utilisé en période estivale, est propre à chaque bureau ou groupe de bureaux (ventilo-convecteurs à eau glacée et à recyclage total).

L'air neuf est d'abord distribué dans un grand hall central où circule toute la journée un nombreux public. Il est ensuite prélevé dans ce hall, donc déjà pollué par la présence humaine, pour être dirigé vers les nombreux bureaux qui occupent sur trois étages la périphérie de cet espace fermé. Cette conception peut être critiquée, car, en dehors du fait que l'air distribué dans les bureaux ne peut plus être qualifié d'« air neuf », il aura tendance à s'assécher lors de son passage dans le hall.

L'analyse minérale d'échantillons de poussières sédimentées a donné les résultats suivants :

- composants majoritaires ; carbonate de calcium, chlorure de sodium, sulfate de calcium hydraté ;
- quartz et cristobalite inférieurs à 0,5 % ;
- aluminium ; néant ;
- chrome total ; néant ;
- fer ; traces inférieures à 0,002 % ;
- nickel ; traces inférieures à 0,0006 % ;
- manganèse ; 0,0008 % ;
- plomb ; 0,003 % ;
- cobalt ; néant ;
- cuivre ; 0,03 % ;
- cadmium et composés ; néant
- zinc ; 0,12 %.

Évaluation des caractéristiques physiques

Les résultats sont les suivants pour le premier bureau :

- débit d'air : 12 m³/heure/occupant ;
- température : 22,3° C (moyenne) ;
- humidité relative : 30,0 % HR ⁽³⁾ (moyenne)

Pour le deuxième bureau :

- débit d'air : 31,1 m³/heure/occupant ;
- température : 23,2° C (moyenne) ;
- humidité relative : 26,0 % HR (moyenne).

Les références extérieures étaient les suivantes :

- fin de matinée : 10,8° C et 38,0 % HR ;
- fin d'après midi : 23,6° C et 16,0 % HR.

Essais d'humidification des bureaux objets de l'étude

Les conditions de réalisation de ces tests et les résultats obtenus ont été les suivants :

- le débit moyen d'air traité : 56 m³/heure, donc plus faible que celui annoncé par le constructeur (100 m³/heure).
- les tests effectués en période hivernale, du 16 octobre 2000 au 25 octobre 2000, et du 20 novembre 2000 au 13 janvier 2001, pendant les heures d'occupation des locaux.
- la consommation moyenne d'eau : 1,7 litre/jour (autonomie de 3 jours).
- 200 mesures simultanées de température et d'humidité relative réparties sur la période de test.

L'augmentation de poids des filtres « buvard » pendant la période d'essai n'est pas significative ; ainsi, le terme de « laveur d'air » utilisé par le fabricant est probablement exagéré.

Dans le bureau équipé d'un humidificateur, l'augmentation maximale de l'humidité absolue a été de

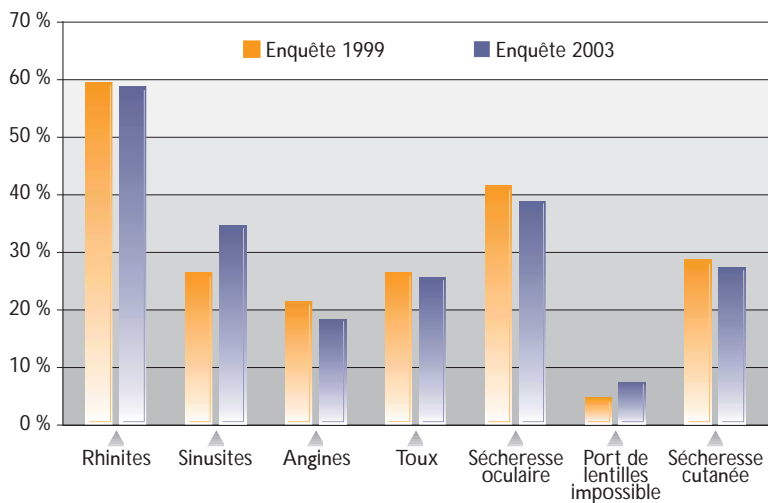


Fig 1. : Comparaison de la prévalence des symptômes cutanéomuqueux évocateurs de SBS entre l'enquête de 1999 et 2003 parmi les répondants.

2,8 g d'eau par m³ d'air et l'augmentation minimale de 1,0 g d'eau par m³ d'air.

À titre d'exemple, cela signifie que dans un bureau où la température et l'humidité absolue sont initialement de 23° C et 5 g d'eau par m³, la mise en place d'un humidificateur de ce type relève au maximum l'humidité relative de 27 % HR à 43 % HR.

(3) Humidité relative.

En conclusion pour l'enquête métrologique

Les résultats de l'enquête métrologique mettent en évidence l'absence de pollution chimique, un débit d'air ainsi qu'une hygrométrie insuffisants.

ENQUÊTE DE 2003

Sur 280 personnes ayant reçu le questionnaire, il y avait 51 % de répondants ce qui est plus faible que lors de la première enquête.

La prévalence des symptômes observés a été étudiée et comparée à celle de 1999.

82 % des personnes ayant répondu déclarent ressentir au moins une gêne. Les résultats comparés sont présentés sur la figure 1 pour les symptômes les plus fréquents et dans le tableau III pour l'ensemble des symptômes. Les manifestations ORL étaient les plus fréquentes, rapportées par 65 % des répondants, suivies des manifestations oculaires pour 52 %, puis des manifestations pulmonaires pour 35 %, et des manifestations cutanées pour 33 %.

Une grande stabilité de survenue des symptômes entre les deux enquêtes est notée. La seule différence

significative observée concerne les manifestations oculaires et particulièrement les sensations de « picotement brûlure » qui ont diminuées entre 1999 et 2003 (il faut noter qu'il y a eu une amélioration concomitante des conditions d'éclairage du bâtiment). Les caractéristiques sociodémographiques de la population répondante sont comparées avec celles de la population source dans le *tableau IV*. Elle ne diffère pas de façon significative de la population source en ce qui concerne le sexe et l'âge. Celle-ci est très féminisée (85 % de femmes) et 74 % d'entre elles ont plus de 40 ans. Il existe une sur-représentation des agents administratifs et une sous représentation des cadres supérieurs avec une différence significative ($p = 0,013$).

La prévalence des symptômes en fonction du sexe est présentée dans le *tableau V*.

Il y a significativement plus de femmes rapportant des symptômes de type oculaire ou cutané par rapport à la population des répondants, ce qui n'est pas le cas

pour les manifestations ORL ou pulmonaires, où il n'apparaît pas de différence significative en fonction du sexe. Il apparaît donc une sur-représentation de certaines manifestations de SBS chez les femmes.

La prévalence des symptômes selon l'âge est présentée dans le *tableau VI*.

Il n'y a pas de différence significative de prévalence des symptômes avec l'âge.

La prévalence des symptômes selon la catégorie socioprofessionnelle est présentée dans le *tableau VII*.

Même si davantage d'agents administratifs ont répondu que de cadres supérieurs, il n'y a pas de différence significative de prévalence des symptômes selon la catégorie professionnelle.

La prévalence des symptômes en fonction du statut tabagique, est présentée au *tableau VIII*.

Parmi les répondants, il y a 21 % de fumeurs dont 10 % avec une consommation inférieure à 10 cigarettes par jour et 11 % avec une consommation supérieure à

TABLEAU IV

Comparaison des données socio-démographiques entre population source et population répondante dans l'enquête de 2003.

Caractéristiques socio-démographiques	Population source N = 280 personnes	Population des répondants N = 144 personnes	p
► SEXE			
Femme	78 %	85 %	NS
Homme	22 %	15 %	NS
► TRANCHES D'ÂGE			
20 à 30 ans	12 %	8 %	NS
30 à 40 ans	22 %	19 %	NS
40 à 50 ans	42 %	43 %	NS
> 50 ans	24 %	30 %	NS
► CATÉGORIE PROFESSIONNELLE			
Agent administratif	17 %	24 %	$p = 0,013^*$
Adjoint administratif	23 %	26 %	$p = 0,013^*$
Cadre	27 %	28 %	$p = 0,013^*$
Cadre supérieur	33 %	22 %	$p = 0,013^*$

* différence significative au seuil de 5 %

TABLEAU V

Prévalence des symptômes cutané-muqueux en fonction du sexe dans l'enquête de 2003.

	Sexe		p *
	Hommes N = 22 personnes	Femmes N = 78 personnes	
Population répondante n = 144	15 %	85 %	
Symptômes ORL n = 93	12 %	88 %	NS
Symptômes oculaires n = 75	5 %	95 %	$p = 0,03^*$
Symptômes pulmonaires n = 51	5 %	95 %	NS
Symptômes cutanés n = 48	2 %	98 %	$p = 0,01^*$

* différence significative au seuil de 5 %

10 cigarettes. Il n'y a pas eu de recensement du tabagisme de la population source.

Il n'y a pas de différence significative de prévalence des symptômes entre les fumeurs et les non fumeurs. Ceci s'observe notamment pour les manifestations telles que la toux, les rhinites, les angines, les otites et

les sinusites qui n'apparaissent pas plus fréquentes chez les fumeurs que chez les non fumeurs dans le cadre du SBS.

En ce qui concerne l'association entre symptômes et allergies, 12 % des personnes ayant répondu au questionnaire déclarent un antécédent de rhinite, 9 % un

Prévalence des symptômes cutanéomuqueux en fonction de l'âge dans l'enquête de 2003.

TABLEAU VI

	Tranches d'âge				p *
	20 à 30 ans n = 11	30 à 40 ans n = 27	40 à 50 ans n = 62	> 50 ans n = 44	
Population répondante n = 144	8 %	19 %	43 %	30 %	
Symptômes ORL n = 93	8 %	20 %	42 %	30 %	NS
Symptômes oculaires n = 75	7 %	22 %	44 %	27 %	NS
Symptômes pulmonaires n = 51	10 %	19 %	42 %	29 %	NS
Symptômes cutanés n = 48	14 %	19 %	44 %	23 %	NS

* différence significative au seuil de 5 %

Prévalence des symptômes cutanéomuqueux en fonction de la catégorie socio-professionnelle dans l'enquête de 2003.

TABLEAU VII

	Catégorie socio-professionnelle				p *
	Cadres supérieurs n = 31	Cadres n = 41	Adjointes administratifs n = 37	Agents administratifs n = 35	
Population répondante n = 144	22 %	28 %	26 %	24 %	
Symptômes ORL n = 93	22 %	28 %	25 %	25 %	NS
Symptômes oculaires n = 75	14 %	29 %	29 %	28 %	NS
Symptômes pulmonaires n = 51	10 %	19 %	35 %	36 %	NS
Symptômes cutanés n = 48	13 %	29 %	31 %	27 %	NS

* différence significative au seuil de 5 %

Prévalence des symptômes cutanéomuqueux en fonction du statut vis-à-vis du tabagisme dans l'enquête de 2003.

TABLEAU VIII

Symptômes	Statut tabagique		p *
	Non fumeurs n = 114	Fumeurs n = 30	
Population répondante n = 144	79 %	21 %	NS
Symptômes ORL n = 93	82 %	18 %	NS
Symptômes oculaires n = 75	73 %	27 %	NS
Symptômes pulmonaires n = 51	86 %	14 %	NS
Symptômes cutanés n = 48	77 %	23 %	NS

* différence significative au seuil de 5 %

TABLEAU IX

Prévalence des symptômes cutanéomuqueux en fonction de la présence dans le bâtiment dans l'enquête de 2003.

	Apparition depuis présence dans les locaux <i>Critère 1</i>	Amélioration pendant le W.E. et les congés <i>Critère 2</i>	Critère 1 et 2 réunis
Symptômes ORL	79 %	73 %	68 %
Symptômes oculaires	88 %	89 %	81 %
Symptômes cutanés	88 %	77 %	75 %
Symptômes respiratoires	93 %	95 %	89 %

TABLEAU X

Prévalence des symptômes cutanéomuqueux en fonction de l'ancienneté dans les locaux dans l'enquête de 2003.

	Ancienneté dans le bâtiment		p *
	< 5 ans	≥ 5 ans	
Population répondante n = 144			
Symptômes ORL n = 102	39 %	61 %	NS
Symptômes oculaires n = 75	39 %	61 %	NS
Symptômes pulmonaires n = 44	40 %	60 %	NS
Symptômes cutanés n = 48	52 %	62 %	NS

* différence significative au seuil de 5 %

antécédent d'asthme, 9 % un antécédent d'eczéma et 12 % un antécédent de conjonctivite. Pour la suite de l'analyse, la variable « antécédent allergique » a été définie comme étant le fait d'avoir au moins un antécédent allergique parmi les antécédents de rhinite, d'asthme, d'eczéma ou de conjonctivite.

Quarante-cinq pour cent de cette population répondante déclare un antécédent allergique, mais il n'y a pas de différence significative de la prévalence des symptômes en fonction de l'existence ou non d'antécédents.

L'étude de l'association entre les symptômes ressentis et la présence dans les nouveaux locaux de travail, présentées dans le *tableau IX*, met en évidence un lien fort avec un taux de réponses positives moyen de 86 %. Une amélioration est par ailleurs constatée pendant les week-end et les congés à hauteur de 83 %. Selon le type de symptôme, il varie entre 68 et 89 %.

L'ancienneté dans les locaux a également été étudiée, et il n'a pas été observé de lien significatif. La prévalence est la même pour ceux qui occupent le bâtiment depuis longtemps et ceux qui l'occupent depuis peu de temps *tableau X*.

À la question de l'évolution des symptômes dans le temps, et en particulier sur leur amélioration, les réponses restent en général négatives, puisque, en ce qui concerne les manifestations ORL et oculaires, seules 4 % des personnes signalent une amélioration des symptômes, 10 % une amélioration des symptômes cutanés, et 7 % une amélioration des symptômes respiratoires. Il n'y a donc

pas d'évolution favorable avec le temps, puisque moins de 10 % des personnes se déclarent améliorées.

De même, la recrudescence saisonnière des symptômes n'a pas été mise en évidence, puisque celle-ci n'est évoquée que par moins de 20 % des personnes présentant au moins un symptôme et sans corrélation significative avec une saison.

Discussion

ENQUÊTES PAR AUTO-QUESTIONNAIRES

En remarque préliminaire, il faut noter que les questionnaires utilisés n'étaient pas identiques, l'ensemble des questions posées étant plus précis dans le deuxième questionnaire, ce qui peut être à l'origine d'un biais lors de l'analyse de l'évolution de la symptomatologie. Il n'a par ailleurs pas été tenu compte de la charge mentale, l'organisation du travail n'ayant pas été modifiée par le déménagement.

Les deux enquêtes par auto-questionnaire rapportent une prévalence de symptômes pouvant être rattachés à un SBS pour plus de 80 %, avec des manifestations d'irritation cutanéomuqueuse allant de 33 à 65 % selon les localisations. Ces résultats sont plus élevés que ceux d'autres enquêtes, notamment celle

réalisée en 1994 par la Société de médecine du travail d'Ile de France et le Laboratoire de la ville de Paris [11], dans laquelle les pourcentages pour les principales manifestations d'irritation cutanéomuqueuse allaient de 11,7 à 42,1 % selon les localisations. Ces différences s'expliquent certainement en partie par les différences méthodologiques entre cette étude et les travaux publiés. Ces deux enquêtes ont la particularité de porter sur une population présélectionnée comme ayant des manifestations de SBS, alors que la plupart des enquêtes étudiant le SBS sont menées sur des populations choisies au hasard. Les questionnaires ont été établis à partir des plaintes exprimées par le personnel présent dans le bâtiment.

Le comparatif des deux enquêtes met en évidence la grande stabilité des symptômes de SBS dans le temps ; il n'y a pas d'amélioration spontanée, les personnes restent gênées avec les mêmes manifestations. Seules les manifestations oculaires liées à la fatigue visuelle (picotements, brûlures) ont significativement diminué. Les autres symptômes oculaires (assèchement, nécessité de l'utilisation de larmes artificielles, impossibilité du port des lentilles) restent stables ce qui peut s'expliquer par l'amélioration notable des conditions d'éclairage apportée entre les deux enquêtes.

Il apparaît une surreprésentation féminine dans la survenue des symptômes de type oculaires et cutanés alors que ceux de type ORL ne sont pas significativement différents selon le sexe. Ces résultats sont proches de ceux publiés dans la littérature. Dans la publication précédemment citée [11], il ressort une différence significative pour tous les symptômes de SBS chez les femmes à une seule exception pour la toux. D'autres enquêtes ont montré la fréquence accrue des manifestations de SBS chez les femmes (au Danemark, pour un personnel de bureau, Skov et Valbjorn évaluent à 44 % chez les femmes et 25 % chez les hommes la survenue d'un signe d'irritation muqueuse [12]).

Il n'apparaît pas de différence significative des symptômes en fonction de l'âge (mais la moyenne d'âge de l'échantillon est assez élevée, représentant peut-être un biais de recrutement) alors que dans la plupart des enquêtes les symptômes sont plus fréquents chez les jeunes (20-30 ans).

S'il existe une surreprésentation des agents administratifs dans la population répondante et une sous représentation des cadres supérieurs (dont le temps de présence dans les locaux est plus faible), il n'existe pas de différence significative de survenue des symptômes en fonction de la catégorie socio professionnelle.

Le tabagisme ne semble pas avoir non plus joué de rôle significatif dans la survenue du SBS.

Il apparaît un pourcentage élevé de personnes présentant des antécédents allergiques parmi les répondants puisque 45 % d'entre eux déclarent un

antécédent de rhinite ou d'asthme ou de conjonctivite ou d'eczéma (20 à 30 % dans la population générale). Cependant, parmi ces répondants, il n'existe pas de différence significative de survenue des symptômes en fonction des antécédents allergiques : il n'est pas démontré de lien entre le SBS et l'allergie. Par ailleurs, il s'agit de résultats déclaratifs, le diagnostic d'allergie pouvant être discuté.

Il apparaît que la prévalence des symptômes est la même quelle que soit l'ancienneté : il n'y a pas de différence significative de survenue des symptômes de SBS que l'on soit nouveau ou ancien dans les locaux. Il n'y a pas d'évolution favorable avec le temps.

La rythmique saisonnier ne semble pas jouer de rôle déterminant dans la survenue des symptômes.

Tous ces résultats restent bien entendu à interpréter avec prudence, l'échantillon de population étant assez faible : 190 en 1999 et 144 en 2003.

ENQUÊTE MÉTROLOGIQUE

Dans cette étude métrologique, il n'a pas été possible d'établir de lien entre la pollution chimique et la symptomatologie observée.

La concentration en zinc, supérieure à celle des autres métaux provient probablement de l'abrasion lente des conduits de ventilation en acier galvanisé sous l'action de l'air en circulation.

La réglementation française du travail impose un débit d'air neuf minimal de 25 m³/heure/occupant. Les couples température/humidité relative occupés dans les bureaux sont très sensiblement éloignés des zones de confort recommandées par l'ASHRAE. En effet, pour les températures relevées, l'humidité relative devrait être de 50 % HR pour satisfaire à l'exigence de confort thermique. En période d'hiver, l'air intérieur de la très grande majorité des immeubles situés en région Aquitaine est trop sec, car ils ne sont pas équipés de centrale d'humidification. Une trop grande sécheresse de l'air se comprend aisément à partir de l'exemple suivant. Un air extérieur à 3° C et 70 % d'humidité relative contient 4 g d'eau par m³ d'air. Il est admis dans le bâtiment et réchauffé à 23° C, mais il contient toujours 4 g d'eau par m³ d'air. Son humidité relative est tombée à 20 % HR (diagramme psychrométrique⁽⁴⁾). Pour satisfaire à l'exigence de confort thermique, il serait nécessaire d'humidifier artificiellement cet air à hauteur d'environ 6 g d'eau par m³ d'air et par heure en mettant en œuvre des humidificateurs

Le résultat de ces essais peut paraître décevant, mais il est nécessaire de rappeler qu'il est obtenu dans une configuration d'essai où aucune précaution n'a été prise pour maintenir un confinement des bureaux (pas

(4) Le diagramme psychrométrique, construit en tenant compte de la température et de l'humidité permet de définir une zone de bien être.

de contrôle de la fermeture des portes d'accès). Des tests complémentaires, mais correspondant à un nombre de mesures beaucoup moins important, ont donc été effectués dans les bureaux du bâtiment faisant l'objet de cette étude.

L'accès au bureau témoin a été condamné et celui au bureau de test rigoureusement contrôlé par ses occupants. Dans ces conditions, le seuil de confort de 50 % HR est atteint parfois dépassé dans le bureau humidifié, alors que l'humidité relative restait comprise entre 25 et 30 % HR dans le bureau non humidifié. Ainsi, l'utilisation de ces humidificateurs « personnels », simples d'emploi, ne nécessitant qu'une faible maintenance, et d'un coût modéré (de l'ordre de 300 euros hors consommables), peut être une solution pour lutter contre une trop grande sécheresse de l'air dans les bureaux du secteur tertiaire. Après l'enquête de 1999, des humidificateurs personnels de bureau ont été mis à disposition des personnes déclarant une symptomatologie importante. Le modèle choisi évitait toute stagnation d'eau et tout risque de contamination. Il a été mis à disposition 5 humidificateurs qui ont apporté une nette amélioration des symptômes.

Conclusion

La comparaison de deux enquêtes par auto-questionnaire menées à 4 ans d'intervalle chez des salariés d'un bâtiment présentant un SBS ne montre pas d'évolution significative des symptômes dans le temps. Elle témoigne même d'une grande stabilité de la gêne ressentie par le personnel. L'amélioration n'intervient que dans 4 à 10 % des cas. La relation de survenue des symptômes avec la présence dans les locaux est fortement établie.

Ces deux enquêtes présentent l'intérêt d'avoir été accompagnées par une étude concomitante de la qualité de l'air. Pour cela, il paraît indispensable dans un premier temps d'évaluer par une enquête le nombre de personnes réellement gênées. Plusieurs questionnaires existent à cet usage [3, 11 et 10].

Cette première approche est déterminante sur la bonne orientation des recherches ultérieures, tel que cela a été montré dans plusieurs études [13, 14, 15]. C'est un travail qui doit être mené dans la pluridisciplinarité de part la multiplicité des facteurs en jeu. Le SBS, bien qu'étant un phénomène relativement bénin, constitue une gêne non négligeable pour de nombreuses personnes et devrait être davantage pris en compte par les concepteurs, les architectes et les ingénieurs. Il est à l'origine de fréquents arrêts de travail chez les personnes qui y sont le plus sensibles. Il serait souhaitable que les recommandations réglementaires

concernant la ventilation générale et la maintenance soient vraiment appliquées.

En ce qui concerne l'enquête métrologique et à titre de conclusion provisoire puisque l'enquête se poursuit, il paraît nécessaire, en cas de suspicion de SBS, de s'intéresser au moins autant aux paramètres physiques (débit d'air neuf et l'humidité relative) qu'aux paramètres chimiques et micro biologiques. Une mesure du débit d'air neuf doit absolument être effectuée puisque l'on comprend aisément que de la valeur de ce débit dépend la dilution, donc l'abaissement de la concentration des poussières, micro-organismes, gaz et vapeurs présents dans l'environnement de travail. Or, la valeur réglementaire de 25 m³/heure/occupant est très rarement respectée. Ceci peut avoir différentes origines. En premier lieu, le fait que dans le coût de construction d'un bâtiment, le lot « ventilation » est le parent pauvre et il n'est pas intégré à sa juste place par les architectes. La ventilation devrait faire l'objet d'une attention toute particulière lors de la réception de nouveaux locaux. En second lieu, les réseaux aérauliques d'un immeuble sont complexes et il est extrêmement difficile d'équilibrer la distribution d'air entre les différents bureaux. Ainsi, on rencontre souvent des zones sur ventilées et d'autres sous ventilées. Logiquement, ce sont dans les immeubles où il existe un système de ventilation propre à chaque étage que sont constatés les meilleurs équilibres. Mais ceci a un coût, tant à la construction qu'en maintenance. Il est par ailleurs licite de s'interroger sur la valeur réglementaire, basée sur la maîtrise de la concentration en anhydride carbonique à 1 000 ppm. En effet, aux États-Unis, la recommandation de l'ASHRAE est de 40 m³/heure/occupant, permettant une dilution plus importante des polluants internes.

Points à retenir

Le syndrome des bâtiments malsains (ou Sick Building Syndrome) est un ensemble de symptômes non spécifiques touchant la peau, les muqueuses, le système respiratoire et/ou le système nerveux central.

Les symptômes sont bénins et surviennent de façon isolée ou en association ; ils sont rythmés par la présence sur le lieu de travail.

L'exploration d'une symptomatologie évocatrice de syndrome des bâtiments malsains peut comporter une enquête par auto questionnaire et une étude métrologique.

Le débit de ventilation ainsi que le niveau d'humidification sont des facteurs à prendre en compte précocement dans l'enquête étiologique.

Bibliographie

- [1] FINNEGAN MJ, PICKERING CA, BURGE PS – The sick building syndrome : prevalence studies. *Br Med J* 1984 ; 289 (6458) : 1573-5.
- [2] BURGE S, HEDGE A, WILSON S, BASS JH ET AL. – Sick building syndrome: a study of 4373 office workers. *Ann Occup Hyg* 1987 ; 31 (4A) : 493-504.
- [3] MALCHAIRE J, CHASSEUR C, NOLARD N – Sick Building Syndrome. Analyse et Prévention. Bruxelles : INRCT ; 1999 : 148 p.
- [4] MUZI G, ABBRITTI G, ACCATOLI MP, DELL'OMO M – Prevalence of irritative symptoms in a non problem air-conditioned office building. *Int Arch Occup Environ Health* 1998 ; 71 (6) : 372-8.
- [5] APTER A, BRACKER A, HODGSON M, SIDMAN J ET AL. – Epidemiology of the sick building syndrome. *J Allergy Clin Immunol* 1994 ; 94 (2 Pt 2) : 277-88.
- [6] NORDSTROM K, NORBACK D, AKSELSSON R – Influence of indoor air quality and personal factors on the sick building syndrome (SBS) in Swedish geriatric hospitals. *Occup Environ Med* 1995 ; 52 (3) : 170-6.
- Comment in: *Occup Environ Med* 1995 ; 52 (11) : 782.
- [7] PHILLIPS RA, SISK WE, WALL GL – A comparison of two studies reporting the prevalence of the sick building syndrome in New Zealand and England. *N Z Med J* 1999 ; 112 (1090) : 228-30.
- [8] MENZIES D, BOURBEAU J – Building-related illnesses. *N Engl J Med* 1997 ; 337 (21) : 1524-31.
- Comment in:
N Engl J Med 1998 ; 338 (15) : 1070-1.
N Engl J Med 1998 ; 338 (15) : 1070 ; author reply 1071.
- [9] JAAKKOLA JJ, MIETTINEN P – Type of ventilation System in office buildings and sick building syndrome. *Am J Epidemiol* 1995 ; 141 (8) : 755-65.
- [10] Qualité de l'air. Audit de la qualité de l'air dans les locaux non industriels. Bâtiments à usage de bureaux et locaux similaires. Norme expérimentale XP X43-401. Décembre 1998. La Plaine Saint-Denis : AFNOR ; 1998 : 20 p.
- [11] SQUINAZI F, LANFRANCONI I, GIARD AM – Confort et santé dans les bâtiments climatisés. Proposition d'un auto-questionnaire à utiliser par le médecin du travail. Dossier médico-technique TC 52. *Doc Méd Trav* 1994 ; 60, 4^e trimestre 1994 : 341-52.
- [12] SKOV P, VALBJORN O, PEDERSEN BV – Influence of indoor climate on the sick building syndrome in an office environment. The Danish Indoor Climate Study Group. *Scand J Work Environ Health* 1990 ; 16 (5) : 363-71.
- [13] REDLICH CA, SPARER J, CULLEN MR – Sick-building syndrome. *Lancet* 1997 ; 349 (9057) : 1013-16.
- [14] LEE TG – Health symptoms caused by molds in a courthouse. *Arch Environ Health* 1990 ; 58 (7) : 442-446.
- [15] ASHRAE. Standard 55-1981 : Thermal environmental conditions for human occupancy; Atlanta, American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers 1981.

