

**Qualité de l'air  
et ventilation  
dans trois édifices  
à bureaux**



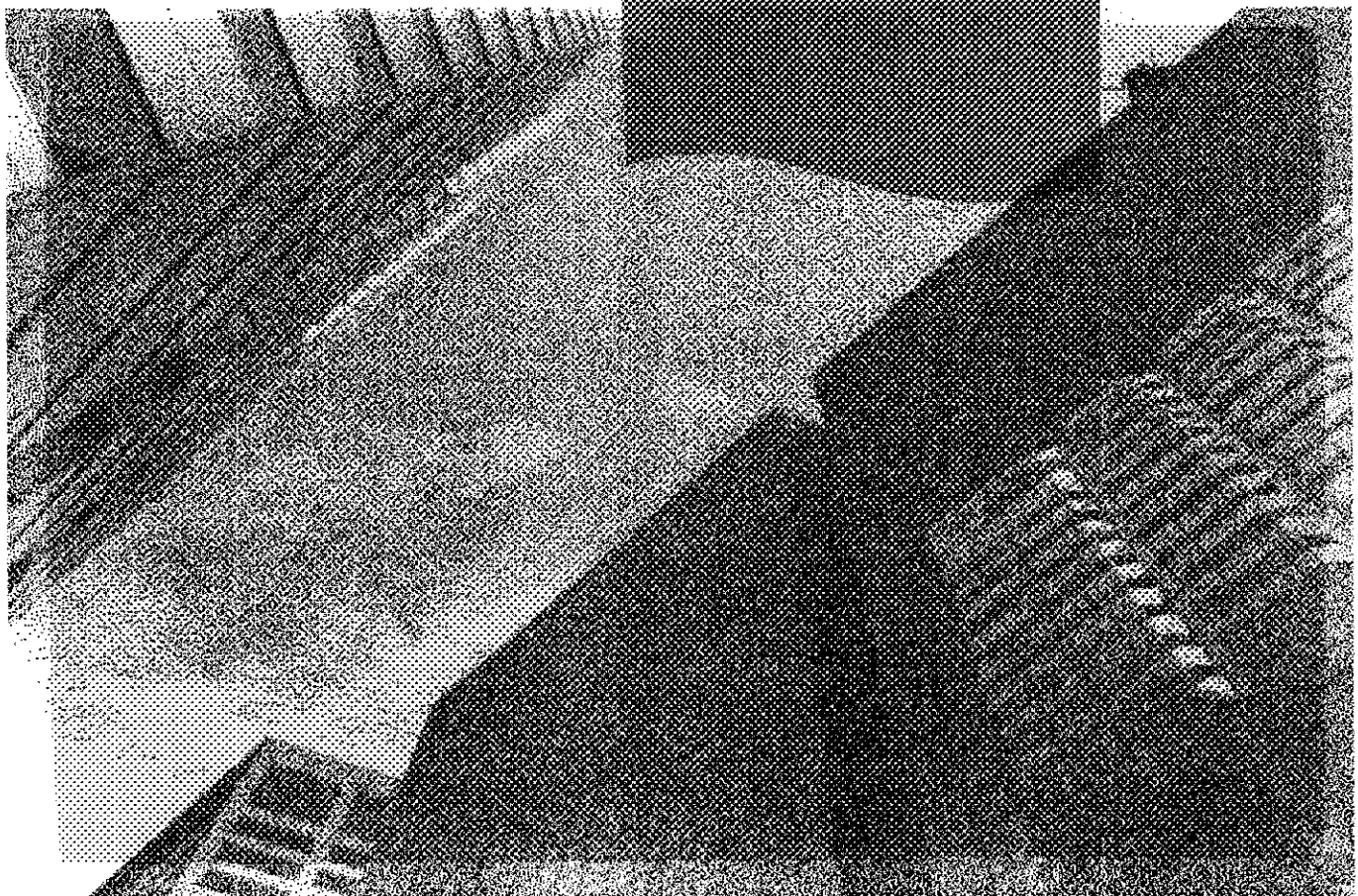
**ÉTUDES ET  
RECHERCHES**

Nicole Goyer  
Van Hiep Nguyen

Février 1988

RR-017

RAPPORT



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

## La recherche, pour mieux comprendre

L'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST) est un organisme de recherche scientifique voué à l'identification et à l'élimination à la source des dangers professionnels, et à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes. Financé par la CSST, l'Institut réalise et finance, par subvention ou contrats, des recherches qui visent à réduire les coûts humains et financiers occasionnés par les accidents de travail et les maladies professionnelles.

Pour tout connaître de l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par la CSST et l'Institut.

Les résultats des travaux de l'Institut sont présentés dans une série de publications, disponibles sur demande à la Direction des communications.

Il est possible de se procurer le catalogue des publications de l'Institut et de s'abonner à *Prévention au travail* en écrivant à l'adresse au bas de cette page.

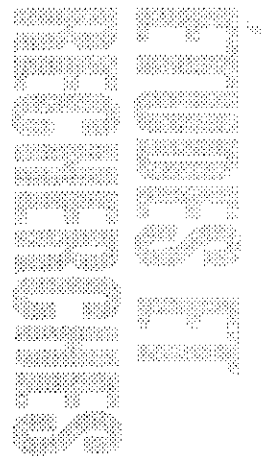
### ATTENTION

Cette version numérique vous est offerte à titre d'information seulement. Bien que tout ait été mis en œuvre pour préserver la qualité des documents lors du transfert numérique, il se peut que certains caractères aient été omis, altérés ou effacés. Les données contenues dans les tableaux et graphiques doivent être vérifiées à l'aide de la version papier avant utilisation.

Dépôt légal  
Bibliothèque nationale du Québec

IRSST - Direction des communications  
505, boul. de Maisonneuve Ouest  
Montréal (Québec)  
H3A 3C2  
Téléphone : (514) 288-1 551  
Télécopieur: (514) 288-7636  
Site internet : [www.irsst.qc.ca](http://www.irsst.qc.ca)  
© Institut de recherche en santé  
et en sécurité du travail du Québec,

# Qualité de l'air et ventilation dans trois édifices à bureaux



Nicole Goyer

Programme soutien analytique, IRSST

Van Hiep Nguyen

Programme sécurité-ingénierie, IRSST

**RAPPORT**

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

© Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec, février 1988.

1<sup>er</sup> trimestre 1988.

## TABLE DES MATIÈRES

	PAGE
LISTE DES TABLEAUX . . . . .	ii
LISTE DES FIGURES . . . . .	ii
REMERCIEMENTS . . . . .	iii
SOMMAIRE . . . . .	1
INTRODUCTION . . . . .	3
<b>PARTIE I: ÉTUDE DE LA QUALITÉ DE L'AIR . . . . .</b>	<b>5</b>
1.1 Méthodologie . . . . .	5
1.2 Normes et références . . . . .	8
1.3 Analyse des résultats. . . . .	11
1.4 Observations . . . . .	22
<b>PARTIE II: ÉTUDE DES PARAMÈTRES DE VENTILATION . . . . .</b>	<b>25</b>
2.1 Introduction . . . . .	25
2.2 Description générale des systèmes de ventilation	25
2.3 Méthodologie et normes . . . . .	26
2.4 Analyse des résultats . . . . .	28
<b>PARTIE III: QUESTIONNAIRE . . . . .</b>	<b>37</b>
3.1 Méthodologie . . . . .	37
3.2 Analyse des résultats . . . . .	37
<b>PARTIE IV: CONCLUSIONS . . . . .</b>	<b>39</b>
4.1 Qualité de l'air . . . . .	39
4.2 Ventilation . . . . .	42
4.3 Étude futures . . . . .	44
<b>PUBLICATIONS RELIÉES À LA RECHERCHE . . . . .</b>	<b>45</b>
<b>RÉFÉRENCES CITÉES . . . . .</b>	<b>47</b>
<b>ANNEXE I: QUESTIONNAIRE SUR LES PROBLÈMES DE SANTÉ . . . . .</b>	<b>49</b>

## LISTE DES TABLEAUX

ii

PAGE

<b>TABLEAU 1:</b>	NORMES ET RÉFÉRENCES RELATIVES À LA QUALITÉ DE L'AIR DANS LES ÉDIFICES À BUREAUX . . . . .	9
<b>TABLEAU 2:</b>	RÉSULTATS DES MESURES DES CONTAMINANTS CHIMIQUES DANS L'AIR . . . . .	12
<b>TABLEAU 3:</b>	TAUX DES MICROORGANISMES DANS LES ÉDIFICES À BUREAUX . . . . .	21
<b>TABLEAU 4:</b>	NORMES SUR LE TAUX D'AIR NEUF PAR PERSONNE . . . . .	29
<b>TABLEAU 5:</b>	NORMES SUR LES PARAMÈTRES DE CONFORT . . . . .	30
<b>TABLEAU 6:</b>	RÉSULTATS DES MESURES DE DÉBITS D'AIR NEUF PAR PERSONNE . . . . .	31
<b>TABLEAU 7:</b>	RÉSULTATS DES MESURES DES PARAMÈTRES DE CONFORT . . . . .	33

## LISTE DES FIGURES

<b>FIGURE 1:</b>	VARIATIONS JOURNALIÈRES DE MONOXYDE DE CARBONE (CO) . . . . .	17
<b>FIGURE 2:</b>	VARIATIONS JOURNALIÈRES D'ANHYDRIDE CARBONIQUE (CO <sub>2</sub> ) . . . . .	18
<b>FIGURE 3:</b>	SCHÉMA DE SYSTÈME CENTRAL DE VENTILATION . . . . .	27

Cette étude n'aurait pu être réalisée sans le support de plusieurs personnes à l'IRSST. Nous désirons remercier l'Association sectorielle Paritaire - Service Administration provinciale, en particulier Monsieur Pierre Galarneau qui a activement participé aux mesures sur le terrain, et Monsieur Jean Roy, directeur général de l'Association qui nous a donné son appui.

Des remerciements sont également adressés la Société Immobilière du Québec et aux gestionnaires qui nous ont permis d'entrer et de travailler dans ces édifices, aux Syndicat des Fonctionnaires provinciaux du Québec et Syndicat des Professionnels et Professionnelles du gouvernement du Québec et à leurs membres qui ont apporté toute la collaboration nécessaire pour le bon déroulement des périodes d'échantillonnage.

Mentionnons l'aide apportée par Monsieur Jacques Lavoie, hygiéniste industriel du secteur Soutien Analytique de la Direction des laboratoires et le soutien technique de Monsieur Rodrigue Gravel, technicien du même secteur.

Enfin, nous tenons à exprimer notre reconnaissance à Madame Claudette Tessier qui a assumé le travail de révision et de dactylographie de ce texte.

## SOMMAIRE

Depuis quelques années, la qualité de l'air dans les édifices à bureaux est un sujet de préoccupation pour les occupants. Dans ce contexte, l'IRSST et l'Association paritaire du secteur Administration provinciale ont entrepris une étude visant à développer une démarche d'analyse des problèmes et à dégager des recommandations. Trois édifices ont été évalués dans le cadre de ce projet.

Les problèmes de santé et d'inconfort observés sont le résultat de l'interaction de différents facteurs. Parmi ceux-ci, les contaminants chimiques, les agents microbiologiques, les paramètres de confort thermique et les caractéristiques des systèmes de ventilation ont été retenus. De plus, un questionnaire a été distribué aux occupants afin de connaître leur perception de la qualité de l'air et de la ventilation.

Suite à une revue de la littérature concernant la qualité de l'air dans ces édifices et les polluants susceptibles d'y être rencontrés, les contaminants chimiques suivants ont été retenus en vue d'une évaluation environnementale: monoxyde de carbone (CO), anhydride carbonique (CO<sub>2</sub>), poussières totales, composés organiques et formaldéhyde. L'ozone (O<sub>3</sub>) et les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) ont été mesurés dans un des édifices. Les bactéries, les champignons et moisissures ont été évalués dans l'air ambiant et dans les conduits de ventilation.

Les résultats des mesures des contaminants chimiques et biologiques indiquent une qualité d'air acceptable en fonction des critères et des normes établis. Par conséquent, les malaises et les plaintes mentionnés par les occupants des édifices à bureaux évalués ne semblent pas reliés à la présence de produits toxiques ou irritants ou à celle d'agents microbiologiques. Seul l'anhydride carbonique, avec des concentrations atteignant de 800 à 1 000 ppm peut être responsable d'un certain inconfort.

En ce qui concerne les paramètres de confort et la ventilation, nous avons décelé quatre problèmes majeurs à partir des résultats obtenus:

- les débits d'air frais par personne sont inférieurs à la recommandation de ASHRAE qui les fixe à 10 L/s pour les édifices à bureaux. Un faible apport d'air neuf entraîne une élévation du taux d'anhydride carbonique qui peut se traduire par une augmentation de l'insatisfaction des occupants. Ces débits d'air frais sont variables d'un endroit à l'autre mettant en évidence la distribution non uniforme de cet air;

- les taux d'humidité relative sont bas, variant de 10 à 25 %. Pour les trois édifices, ces faibles taux sont dus à la défec-tuosité des humidistats;
- les courants d'air créent une source d'inconfort. Dans certains cas, les vitesses atteignent jusqu'à trois fois la valeur recommandée. Ces vitesses sont cependant variables au cours de la journée.
- les défauts et le manque d'entretien des composantes des systèmes de ventilation contribuent à la détérioration de la qualité de l'air.

Des recommandations ont été adressées aux représentants des édifices. Elles concernent l'augmentation des taux d'humidité et des débits d'air frais, un meilleur entretien et une meilleure gestion des systèmes de ventilation et une formation adéquate du personnel d'entretien des édifices. Ces recommandations sont applicables à l'ensemble des édifices à bureaux et devraient permettre de solutionner les problèmes reliés au confort.

Les paramètres de confort et l'étude des systèmes de ventilation se sont avérés des critères essentiels de mesure dans l'évaluation des édifices à bureaux. Les agents chimiques et microbiologiques pour leur part, sont rarement responsables des problèmes vécus par les occupants. Dans certains cas, des risques spécifiques peuvent cependant exister et le choix des contaminants chimiques et micro-biologiques à évaluer doit donc provenir d'une étude préliminaire de l'édifice et de son environnement, de l'aménagement des locaux, de l'utilisation des espaces et des activités qui s'y déroulent. Suite à ces diverses observations et constatations, seuls les con-taminants pour lesquels des soupçons sérieux sont ressortis devraient faire l'objet d'une évaluation environnementale. Cepen-dant, une vérification périodique de l'efficacité de la ventilation et de qualité de l'air est recommandée en utilisant la mesure de l'anhydride carbonique comme indice de qualité.



## INTRODUCTION

La qualité de l'air dans les édifices à bureaux préoccupe beaucoup les travailleurs et les employeurs depuis les dernières années. Plusieurs rapports techniques et études scientifiques ont été publiés sur ce sujet, mais la situation au Québec est peu documentée.

L'Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail, secteur "Administration provinciale", est directement concernée par la question, car la majorité des fonctionnaires travaillent dans les tours à bureaux. Les représentants de l'Association, M. Pierre Galarneau et Jean Roy directeur général, ont demandé à l'IRSST de réaliser des études de qualité de l'air intérieur dans ces édifices, suite aux nombreuses plaintes de la part des employeurs et des syndicats membres de cette association.

La direction des laboratoires de l'IRSST s'est intéressée à ce projet sur le terrain. Les objectifs du projet étaient de:

- trouver les sources des problèmes couramment rencontrés dans les édifices, et proposer des mécanismes pour les éliminer ou les réduire;
- fournir des éléments permettant de développer une démarche structurée d'analyse pour l'Association;
- valider les différentes techniques ainsi que les critères d'évaluation retenus;
- identifier des besoins de recherche complémentaires.

L'Association a sélectionné trois édifices à bureaux parmi la vingtaine qui présentaient des symptômes du syndrome des tours à bureaux. Les trois édifices choisis ont eu, depuis des années, des problèmes relevés par les administrateurs et les employés.

Le premier édifice fut construit dans les années 60, le deuxième au milieu des années 70 et le dernier au début des années 80. Les trois bâtiments ont de 3 à 10 étages et la majorité des travailleurs sont des fonctionnaires du gouvernement du Québec. Deux des trois bâtiments appartiennent à des ministères du gouvernement québécois et le troisième à un propriétaire privé. La Société Immobilière du Québec est chargée de l'entretien de deux de ces édifices et le troisième est entretenu par les services internes de la régie gouvernementale.

Dans deux édifices, le système de ventilation est du type volume d'air variable, tandis que dans le troisième, il est du type volume d'air constant. Toutefois, dans les trois bâtiments, le débit

d'air frais venant de l'extérieur est variable et dépend de la température extérieure. Les murs périphériques des édifices sont vitrés, et des tapis recouvrent tous les planchers. La plupart des bureaux dans les trois bâtiments se trouvent dans des aires ouvertes avec des cloisons de séparation de 5 à 6 pieds de hauteur. Néanmoins, il existe des bureaux fermés pour les cadres.

Les trois édifices se trouvent sur des artères principales des villes de Québec et de Montréal, et assez près des centres-villes. L'étude dans les trois édifices a été réalisée suite à la demande des Comités de Santé et de Sécurité paritaires et grâce à leur collaboration.

L'étude sur le terrain comprend trois parties:

- la première partie concerne la qualité de l'air intérieur. Dans cette partie, le programme du Soutien analytique de l'IRSST a échantillonné certains contaminants chimiques et agents microbiologiques;
- la deuxième partie est consacrée aux mesures des paramètres de confort et des caractéristiques du système de ventilation faites par le programme de Sécurité-Ingénierie de l'IRSST;
- la troisième partie traite des réponses données par les occupants au questionnaire sur leur perception de la qualité de l'air et de l'efficacité de la ventilation. Ce questionnaire devait aussi permettre de ressortir la nature des malaises ressentis.

L'échantillonnage et les mesures ont été faites aux mois de janvier et de février 1987. Cette période a été choisie parce qu'elle représente les conditions d'air les plus susceptibles de causer de l'inconfort. Les résultats ont été comparés aux normes réglementaires en vigueur au Québec, ainsi qu'aux normes techniques de l'American Society for Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) et de l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). Ils ont été diffusés aux intervenants concernés par les Comités paritaires de santé et de sécurité du travail des établissements.

## PARTIE I : ÉTUDE DE LA QUALITÉ DE L'AIR

### 1.1 Méthodologie

Les problèmes de santé et d'inconfort observés dans les édifices à bureaux sont le résultat de l'interaction de différents facteurs. La qualité de l'air est un de ces facteurs potentiellement responsables des malaises et des désagréments mentionnés (1, 2, 3).

Suite à une revue de la littérature concernant la qualité de l'air dans les édifices à bureaux et les polluants susceptibles d'y être rencontrés, les contaminants chimiques suivants ont été retenus en vue d'une évaluation environnementale: monoxyde de carbone (CO), anhydride carbonique (CO<sub>2</sub>), poussières totales, composés organiques et formaldéhyde (1, 2, 3).

L'ozone (O<sub>3</sub>) et les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) ont été mesurés dans un des édifices. Suite aux résultats obtenus et considérant les limites élevées de détection des instruments disponibles, ces mesures n'ont pas été répétées dans les autres édifices.

Pour les contaminants microbiologiques, des prélèvements pour le comptage du nombre total de bactéries et de champignons ont été faits (4). Les paramètres caractéristiques de l'air ont également été mesurés, soit le taux d'oxygène, la température et l'humidité relative.

Trois édifices à bureaux ont fait l'objet de cette étude. Dix postes d'échantillonnage dans deux édifices et neuf postes dans le troisième ont été évalués. Le choix de ces postes a été fait par les représentants des parties concernées comme étant les plus représentatifs des conditions vécues par l'ensemble des travailleurs. La majorité des postes était située dans des aires ouvertes, avec parfois des cloisons de séparation de cinq pieds de hauteur. Quelques bureaux fermés ont été étudiés.

Les méthodes et les stratégies d'échantillonnage et d'analyse pour chacun des composés étudiés, décrites ici, sont regroupées par technique de prélèvement et d'analyse (5).

#### **. Oxygène, monoxyde de carbone et anhydride carbonique (O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>)**

Ces trois gaz sont recueillis dans des sacs de polyesters aluminés de 5 litres. Les prélèvements sont faits à l'aide de pompes Gilian fonctionnant à 6 L/min pour les échantillons instantanés et à 0,04 L/min pour les prélèvements de longue durée.

Le dosage de l'oxygène et de l'anhydride carbonique se fait par chromatographie en phase gazeuse utilisant une colonne de tamis moléculaire pour l'oxygène et de chromosorb-102 pour le CO<sub>2</sub> et un

détecteur à conductivité thermique. Le dosage du monoxyde de carbone se fait par spectroscopie infrarouge non dispersive. Les limites de détection sont de 250 ppm pour le CO<sub>2</sub> et 0,2 ppm pour le CO.

À chacun des postes de travail choisis, les échantillons d'air ont été prélevés le matin avant l'arrivée des travailleurs soit vers 7 heures et le soir à la fin de la période de travail soit vers 17 heures.

Dans chacun des édifices, quatre postes ont fait l'objet d'échantillonnages plus fréquents au cours de cette même journée soit: trois échantillons d'une durée variant de 2 à 3 heures et couvrant la journée de travail, un échantillon instantané une heure après la fin du travail soit à 18 heures et un échantillon instantané deux heures après la fin du travail à 19 heures.

#### . Poussières totales

Les poussières totales sont recueillies sur des filtres en chlorure de polyvinyle de 37 mm de diamètre et 0,8 µm de porosité. Le débit d'échantillonnage est de 2,5 L/min. La quantité de poussières est déterminée par mesure gravimétrique. La limite de détection est de 25 µg.

À chacun des postes, deux échantillonnages de jour d'une durée chacun d'environ sept heures et un échantillonnage de nuit d'environ seize heures ont été faits.

#### . Formaldéhyde

Le formaldéhyde est trappé dans des tubes en verre de 10 cm de longueur, contenant un adsorbant solide imprégné de N-benzyléthanolamine. Au contact de ce réactif, le formaldéhyde produit un dérivé, le 3-benzylloxazolidine, qui, au laboratoire, est analysé par chromatographie en phase gazeuse utilisant une colonne capillaire et un détecteur à ionisation de flamme. La limite inférieure de détection est de 5 µg. L'air est pompé à travers le tube à un débit de 0,5 L/min à l'aide d'une pompe Gilian.

Un échantillonnage de jour s'étendant sur trois journées consécutives de travail, pour un total d'environ vingt heures et un échantillonnage de nuit couvrant deux nuits consécutives pour une période totale d'environ trente heures ont été faits à chacun des postes.

#### . Composés organiques

Les solvants organiques sont adsorbés sur du charbon actif contenu dans des tubes de verre de 7 cm de longueur. Au laboratoire, ils sont désorbés dans le sulfure de carbone et analysés par

chromatographie en phase gazeuse utilisant une colonne de Carbopack C-SP-1000 et un détecteur à ionisation de flamme. Le débit d'échantillonnage est de 0,5 L/min.

Les échantillons de composés organiques ont été pris parallèlement à ceux de formaldéhyde, soit un échantillon de trois jours et un échantillon de deux nuits à chacun des postes.

#### **. Ozone et oxydes d'azote**

Ces contaminants ont été recherchés à l'aide d'instruments à lecture directe: analyseur d'ozone CSI et analyseur d'oxydes d'azote Ecolyser.

L'analyseur d'ozone fonctionne par chimiluminescence, c'est-à-dire qu'il se base sur la mesure de la radiation émise sous forme de lumière suite à une réaction chimique. La limite de détection de l'instrument est de 0,005 ppm.

L'analyseur pour les oxydes d'azote, NO et NO<sub>2</sub>, se base sur la réaction d'oxydoréduction produite à partir d'un courant électrique. Les limites de détection sont de 0,5 ppm pour le NO et de 0,05 ppm pour le NO<sub>2</sub>.

Les mesures d'ozone et d'oxydes d'azote ont été prises près des photocopieurs, des systèmes accumulateurs de temps et à quelques postes de travail, dans un des édifices seulement.

#### **. Contaminants biologiques: Champignons, moisissures et bactéries**

Deux types d'instrumentation ont été utilisés en parallèle: l'échantillonneur-impacteur Andersen, reconnu comme échantillonneur de référence et l'échantillonneur centrifuge Biotest un nouvel instrument plus pratique (6, 7, 8).

Pour l'échantillonneur Andersen, seul le dernier étage de l'impacteur a été utilisé (15). Les échantillonnages ont été de six minutes à un débit de 28,3 L/min.

L'échantillonneur centrifuge Biotest fonctionne à 40 L/min et les prélèvements ont duré 4 minutes.

Pour les bactéries, le milieu de culture employé est l'agar au trypticase et soya (TSA); l'incubation se fait à 35°C pendant 48 heures. Pour les champignons et moisissures, l'agar au rose bengale et streptomycine (RBS) et l'agar au dextrose Sabourau (SDA), deux milieux similaires, ont été utilisés. Pour le milieu RBS, l'incubation dure 5 jours à 28-30°C; il est de 7 jours à 20-22°C pour le milieu SDA. Les concentrations sont obtenues par comptage du nombre de colonies développées suite à l'incubation.

Les échantillonnages ont été faits au niveau du système de ventilation et en ambiance générale. Pour le système de ventilation, un premier prélèvement était fait dans l'air de mélange (air recyclé et air neuf) en aval du filtre et du système d'humidification. Un deuxième échantillon a été pris dans l'air de retour, c'est-à-dire l'air qui revient des bureaux. Des échantillons ont été pris aux postes de travail.

### 1.2 Normes et références

Au Québec, pour la qualité de l'air en milieu de travail, les normes applicables sont celles spécifiées dans le "Règlement relatif à la qualité du milieu de travail", 21 septembre 1982 (9).

Le Code national du bâtiment du Canada utilise pour sa part, les normes données par "The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers" (ASHRAE) pour les édifices construits ou ayant subi des modifications majeures après le 25 mai 1984. Ces normes, dont les plus récentes ont été adoptées en 1981, concernent la qualité de l'air à l'intérieur des édifices. Des révisions de ces normes ont été proposées le 15 juillet 1986 (10, 11).

Il est intéressant de noter que les normes pour les poussières, le monoxyde de carbone, le bioxyde d'azote et l'ozone sont les mêmes que celles promulguées par l'agence américaine de protection de l'environnement (EPA), pour la qualité de l'air extérieur.

Le tableau 1 présente les normes et références utilisées pour les contaminants chimiques considérés dans cette étude.

TABLEAU 1: NORMES ET RÉFÉRENCES RELATIVES À LA QUALITÉ DE L'AIR DANS LES ÉDIFICES À BUREAUX

CONTAMINANT	QUÉBEC - RÈGLEMENT RELATIF À LA QUALITÉ DU MILIEU DE TRAVAIL S - 2.1, r.15	ASHRAE STANDARD 62-1981	ASHRAE PROPOSED STANDARD 62-81R (Juillet 1986)
Poussières	10 000 ug/m <sup>3</sup>   8 heures	75 ug/m <sup>3</sup>   an	75 ug/m <sup>3</sup>   an
		260 ug/m <sup>3</sup>   24 hrs	260 ug/m <sup>3</sup>   24 heures
Formaldéhyde	3 000 ug/m <sup>3</sup>   Plafond 2 ppm	120 ug/m <sup>3</sup>   Plaf.	120 ug/m <sup>3</sup>   Plafond
Monoxyde de carbone (CO)	55 mg/m <sup>3</sup>   8 heures 50 ppm	10 mg/m <sup>3</sup>   8 hrs (9 ppm)	10 mg/m <sup>3</sup>   8 heures (9 ppm)
	440 mg/m <sup>3</sup>   15 minutes 400 ppm	40 mg/m <sup>3</sup>   1 hre (36 ppm)	40 mg/m <sup>3</sup>   1 heure (36 ppm)
Anhydride carbonique (CO <sub>2</sub> )	9 000 mg/m <sup>3</sup>   8 heures 5 000 ppm	2 500 ppm	1 000 ppm (1 800 mg/m <sup>3</sup> )   continu
	27 000 mg/m <sup>3</sup>   15 minutes 15 000 ppm		
Ozone	200 ug/m <sup>3</sup>   8 heures 0,1 ppm	235 ug/m <sup>3</sup>   1 hre (0,12 ppm)	100 ug/m <sup>3</sup>   continu 0,05 ppm
	600 ug/m <sup>3</sup>   15 minutes 0,3 ppm		
Oxyde d'azote NO <sub>2</sub>	9 000 ug/m <sup>3</sup>   Plafond 5 ppm	100 ug/m <sup>3</sup>   1 an (0,055 ppm)	100 ug/m <sup>3</sup>   1 an (0,055 ppm)
NO	30 mg/m <sup>3</sup>   8 heures 25 ppm	0,5 mg/m <sup>3</sup>   24 hrs (0,4 ppm)	0,5 mg/m <sup>3</sup>   24 heures (0,4 ppm)
		1 mg/m <sup>3</sup>   30 min (0,8 ppm)	1 mg/m <sup>3</sup>   30 minutes (0,8 ppm)
	45 mg/m <sup>3</sup>   15 minutes 35 ppm		

TABLEAU 1: NORMES ET RÉFÉRENCES RELATIVES À LA QUALITÉ DE L'AIR DANS LES ÉDIFICES À BUREAUX  
(SUITE)

CONTAMINANT	QUÉBEC - RÉGLEMENT RELATIF À LA QUALITÉ DU MILIEU DE TRAVAIL S - 2.1, r.15	ASHRAE STANDARD 62-1981	ASHRAE PROPOSED STANDARD 62-81R (Juillet 1986)
Naphta VMP	300 ppm   8 heures 1350 mg/m <sup>3</sup>	N.E.	
Toluène	400 ppm   15 minutes 1800 mg/m <sup>3</sup>	N.E.	
Xylènes	100 ppm   8 heures 375 mg/m <sup>3</sup>	N.E.	
	150 ppm   15 minutes 560 mg/m <sup>3</sup>		
	150 ppm   15 minutes 655 mg/m <sup>3</sup>		

N.E.: Non existant



Pour les contaminants microbiologiques, il n'existe pas de normes environnementales. Tout critère quantitatif devra tenir compte de la nature des agents biologiques visés. L'American Conference of Governmental Industrial Hygienists suggère, pour sa part, de considérer une concentration supérieure à 1000 colonies/m<sup>3</sup> comme indicatrice d'un environnement nécessitant une évaluation plus poussée (8, 12). Des concentrations de 100 à 200 colonies de champignons/m<sup>3</sup> sont normalement acceptables (4).

À titre de référence, mentionnons les exigences juridiques concernant le taux microbien de l'air en milieu hospitalier en vigueur en République fédérale d'Allemagne (7):

- 10 colonies/m<sup>3</sup> d'air dans les zones de transplantations
- 70 colonies/m<sup>3</sup> d'air dans les salles d'opérations
- 300 - 400 colonies/m<sup>3</sup> d'air dans les autres salles.

Ces exigences juridiques accompagnent une valeur d'orientation de 800 colonies/m<sup>3</sup> dans les salles d'attente, laboratoires, salles de soins, locaux sanitaires, cuisines, zones administratives et salles de cours.

### 1.3 Analyse des résultats

#### 1.3.1 Contaminants chimiques et oxygène

Les résultats des mesures faites dans les trois édifices sont présentés au tableau 2. Pour chacun des édifices, les plages de concentrations retrouvées sont données pour les poussières, le formaldéhyde, les composés organiques exprimés en naphta VMP, en toluène et en xylènes, l'oxygène, le monoxyde de carbone et l'anhydride carbonique. Les résultats d'ozone et d'oxydes d'azote sont également indiqués bien qu'ils n'aient été mesurés qu'à un seul édifice.

TABLEAU 2: RÉSULTATS DES MESURES DES CONTAMINANTS CHIMIQUES DANS L'AIR

CONTAMINANTS	ÉDIFICE A	ÉDIFICE B	ÉDIFICE C
Poussières (ug/m <sup>3</sup> )			
. jour	30 à 100	( <sup>1</sup> )N.D. < 20 à 51	N.D. < 20 à 124
. nuit	10 à 20	N.D. < 10	N.D. < 10 à 150
Formaldéhyde (ug/m <sup>3</sup> )			
. jour	10 à 25	10 à 30	N.D. < 8 à 31
. nuit	10 à 25	10 à 25	N.D. < 5 à 25
Composés organiques (mg/m <sup>3</sup> )			
- naphta VMP			
. jour	0,8 à 1,2	1,1 à 2,9	0,2 à 1,7
. nuit	0,5 à 0,6	1,0 à 1,7	0,2 à 1,1
- toluène			
. jour	< 0,1 à 0,2	0,3 à 0,4 (12,0) <sup>2</sup>	< 0,1
. nuit	< 0,1	0,4 à 0,9 (3,0) <sup>2</sup>	< 0,1
- xylènes			
. jour	< 0,1	< 0,1 à 0,3	< 0,1
. nuit	< 0,1	< 0,1 à 0,2	< 0,1
Oxygène (%)			
. début jour - 7 h	19,9 - 20,0	19,9 - 20,0	19,9 - 20,0
. fin jour - 17 h	19,9 - 20,0	19,9 - 20,0	19,9 - 20,0
Monoxyde de carbone (ppm)			
. début jour - 7 h	1,0 à 2,0	3,5 à 4,6	0,9 à 1,3
. fin jour - 17 h	3,3 à 4,1	3,5 à 5,0 (11,0) <sup>2</sup>	1,6 à 2,0
Anhydride carbonique (ppm)			
. début jour - 7 h	390 à 440	440 à 560	370 à 420
. fin jour - 17 h	630 à 840	750 à 1000	410 à 500
Ozone (ppm)	N.D. < 0,005	-	-
Oxydes d'azote (ppm)			
NO	N.D. < 0,5	-	-
NO <sub>2</sub>	N.D. < 0,05	-	-

<sup>1</sup> N.D.: non décelé

<sup>2</sup> Les chiffres entre parenthèses correspondent aux concentrations maximales mesurées à 1 poste de travail situé près d'une presse d'imprimerie.

### . Poussières

Les poussières mesurées correspondent à la matière particulaire, solide et liquide, en suspension dans l'air et dont le diamètre moyen est inférieur à 100  $\mu\text{m}$ . Elles incluent les particules dites respirables dont le diamètre est inférieur à 10  $\mu\text{m}$  (3).

Les poussières présentes dans l'air des édifices à bureaux proviennent des activités des travailleurs (exemples: fumée de cigarettes, poussières soulevées des tapis et des meubles par la circulation du personnel); des matériaux utilisés pour le travail (exemples: poussières de papier, poussières de craie); des matériaux de construction, des équipements, des ameublements, de leur nettoyage et entretien (exemples: poussières de bois, fibres textiles); de sources extérieures (exemples: poussières de rue, sable).

Des études récentes (3) démontrent que, dans la majorité des édifices à bureaux, la cigarette est la source principale d'émission de particules; de plus, ces particules émises sont de grosseur respirable et demeurent longtemps en suspension dans l'air. Une étude menée dans une chambre d'essai a montré que 75 % des particules émises par la combustion de cigarettes restent encore en suspension après 2,5 heures. Elles ont un diamètre aérodynamique moyen de 0,7  $\mu\text{m}$  et toujours inférieur à 2  $\mu\text{m}$ .

Les concentrations de poussières mesurées pendant les journées de travail sont faibles, inférieures à 125  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Elles sont en-deçà de la concentration de référence de ASHRAE pour une période de 24 heures soit 260  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pour certains postes, la concentration de référence applicable sur 1 an de 75  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pourrait être dépassée si les concentrations mesurées se maintiennent toute l'année. Aucune différence significative n'est observée entre les deux journées d'échantillonnage.

La nuit, les concentrations de poussières sont très faibles (à la limite de détection de l'analyse) à cause de la redéposition des particules suite à l'arrêt de circulation du personnel et à l'arrêt des systèmes de ventilation. Une seule exception à l'édifice C où la concentration atteint 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ce résultat a été obtenu dans une salle d'informatique où un ventilateur sur table fonctionne sans arrêt.

### . Formaldéhyde

Le formaldéhyde est un gaz reconnu pour ses effets irritants aigus pour les yeux, le nez et le système respiratoire. Environ 20 % de la population peut être anormalement susceptible à de l'irritation des yeux causée par le formaldéhyde à des concentrations de 0,25 à 0,5 ppm (de 375 à 750  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (2). Des signes d'irritation ont été observés à des concentrations de 0,1 ppm (150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (3). À cause

de sa grande solubilité dans l'eau, l'action toxique du formaldéhyde se limite généralement aux voies respiratoires supérieures.

Le formaldéhyde présent dans l'air à l'intérieur des bureaux provient de la fumée de cigarettes, des émanations des tapis, des tissus, des panneaux de contre-plaqués ou d'agglomérés de bois des meubles, des colles, des désinfectants et des sources extérieures.

Les concentrations mesurées sont très faibles, inférieures à 25% de la valeur de référence pour les édifices à bureaux. La concentration en formaldéhyde est constante dans le temps et dans l'espace.

### . Composés organiques

Les composés organiques regroupent un ensemble de composés de la classe des alcools et des hydrocarbures aliphatiques et aromatiques. Bien que leur toxicité soit plus ou moins grande, elle se manifeste, de façon générale, au niveau du système nerveux central et périphérique et cause l'irritation des muqueuses.

Les sources de solvants organiques dans les bureaux sont nombreuses bien que généralement peu importantes. Ils proviennent des matériaux utilisés pour la construction ou l'aménagement des bureaux (exemples: colles à tapis, peintures, vernis); des produits utilisés pour l'entretien et le nettoyage (exemples: nettoyants, désinfectants, cires); des produits utilisés au travail (exemples: encres d'imprimerie, colles, produits de reprographie); des sources extérieures (exemple: émission d'hydrocarbures par les moteurs à combustion).

Les échantillons de composés organiques prélevés sur charbon actif décèlent la présence d'un mélange complexe d'hydrocarbures légers et lourds, de C<sub>5</sub> à C<sub>11</sub>, dont le patron chromatographique s'associe à celui d'un naphta de peinture (naphta VMP). De ce mélange complexe, deux produits ont été ressortis spécifiquement, soit le toluène et les xylènes.

Les concentrations de naphta VMP varient de 0,2 à 3 mg/m<sup>3</sup> le jour. La nuit, les taux se maintiennent ou baissent légèrement.

Les concentrations en toluène sont de l'ordre de 0,1 à 0,4 mg/m<sup>3</sup>. Un seul poste, dans l'édifice B, donne une concentration plus élevée, soit 12 mg/m<sup>3</sup>. Ce poste est situé près d'une presse d'impression où l'on utilise des encres, diluants et nettoyeurs à base d'hydrocarbures. La nuit, les concentrations baissent sauf à l'édifice B. En effet, on y observe une augmentation à tous les postes sauf celui de la presse d'impression; ceci peut s'expliquer par la diffusion passive dans tout l'édifice, durant la nuit, du toluène émis pendant le jour à l'imprimerie.

Les taux de xylènes sont très faibles dans les trois édifices; ils sont tous inférieurs à 0,3 mg/m<sup>3</sup>.

Des traces d'alcools ont aussi été décelées.

Sauf au poste de travail de l'imprimerie de l'édifice B, toutes les concentrations de composés organiques sont inférieures à 0,3 % des normes applicables en milieu de travail au Québec.

À la presse d'impression, la concentration atteint 3 % de la norme en toluène.

#### . Monoxyde de carbone CO

Le monoxyde de carbone est un gaz asphyxiant chimique; il se combine à l'hémoglobine des globules rouges du sang interférant dans l'apport normal d'oxygène à l'organisme. Cette déficience en oxygène est particulièrement dommageable pour le cerveau et le coeur.

Le monoxyde de carbone provient majoritairement des procédés de combustion incomplète de composés carbonés: huile, gaz, essence, charbon, papier, bois... Il se retrouve donc dans la fumée de cigarettes, dans les gaz d'échappement des véhicules à essence et à diesel et dans les émissions des systèmes mal ajustés de chauffage à l'huile ou au gaz naturel. Pour les tours à bureaux, les principales sources sont la fumée de cigarettes, les émanations des garages souterrains ou avoisinants et les sources extérieures.

Les concentrations de monoxyde de carbone ont été mesurées tôt le matin avant l'arrivée des travailleurs, vers 7 heures. Elles varient de 1 à 2 ppm dans deux des édifices; dans le troisième, elles sont plus élevées de l'ordre de 3,5 ppm. Elles ont également été mesurées à la fin de la journée de travail soit vers 17 heures; elles ont augmenté de 0,5 à 2,5 ppm pour atteindre un maximum de 5 ppm. L'étude de l'évolution de la concentration du CO dans le temps, a été menée à quatre des postes de chacun des édifices et est présentée à la figure 1.

Dans les édifices B et C, le monoxyde de carbone est légèrement plus élevé le matin et augmente de façon importante à la fin de l'après-midi. Ce comportement suit celui des concentrations mesurées dans l'air extérieur et est mis en relation avec la densité de circulation automobile. Donc l'apport extérieur via le système de ventilation semble la source principale. Dans l'édifice B, la présence d'un stationnement souterrain amplifie ce phénomène. En plus du CO des émissions des véhicules automobiles, celui provenant des systèmes de chauffage peut également être entraîné par la ventilation; ce phénomène est d'autant plus important que les échantillonnages ont été faits pendant des journées froides où les maxima ont atteint -20°C.

À l'édifice A, le CO augmente faiblement durant la journée. En plus des sources extérieures, il semble que la fumée de cigarettes pourrait être une source contributive.

Durant la journée de travail soit de 8 heures à 17 heures, les concentrations ont été inférieures à la moitié de la norme de référence de ASHRAE.

Cependant, à l'édifice B, un poste montre une augmentation importante durant la journée atteignant près de 12 ppm. Cette augmentation est due localement aux presses d'imprimerie utilisées et au voisinage de l'aire de stationnement. Bien que cette concentration dépasse la norme recommandée pour les édifices à bureaux, elle n'atteint que 25 % de la norme applicable, au Québec, en milieu de travail.

#### . Anhydride carbonique CO<sub>2</sub>

L'anhydride carbonique est un gaz asphyxiant simple, c'est-à-dire qu'il cause l'asphyxie par simple remplacement de l'oxygène de l'air sans interférer avec le mécanisme de la respiration. Il agit donc à des concentrations très élevées. À faibles concentrations, il peut causer des maux de tête, des nausées, des étourdissements et de la fatigue. Une sensation de "manque d'air" peut être perçue à des concentrations de 600 à 800 ppm (18). En Ontario, le ministère du Travail recommande une concentration inférieure à 600 ppm. Cette limite est également recommandée par des chercheurs (19).

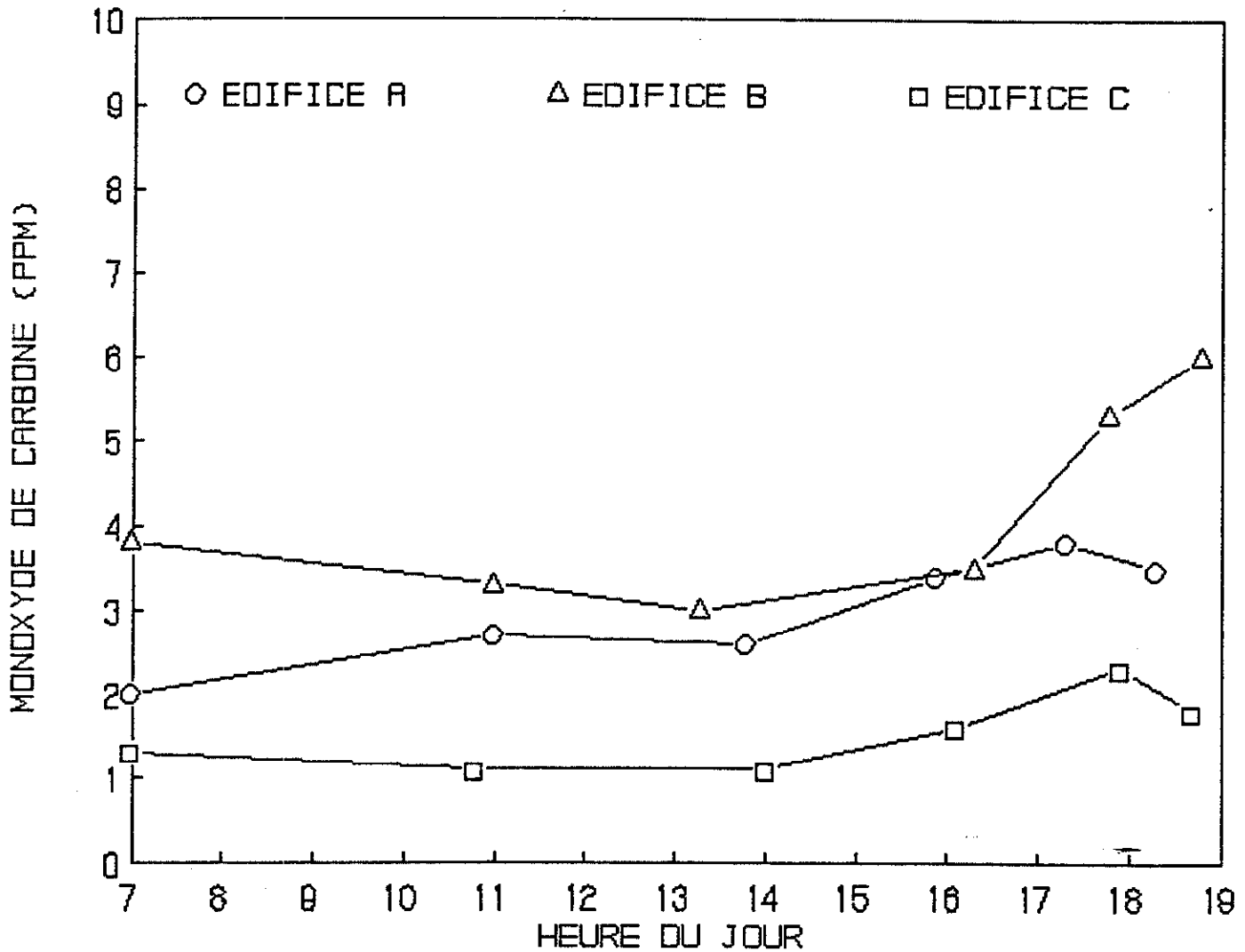
Tout comme le monoxyde de carbone, l'anhydride carbonique est émis par les procédés de combustion. Cependant, dans les tours à bureaux, le CO<sub>2</sub> retrouvé provient majoritairement de la respiration humaine; le CO<sub>2</sub> est émis par les poumons comme déchet de la respiration.

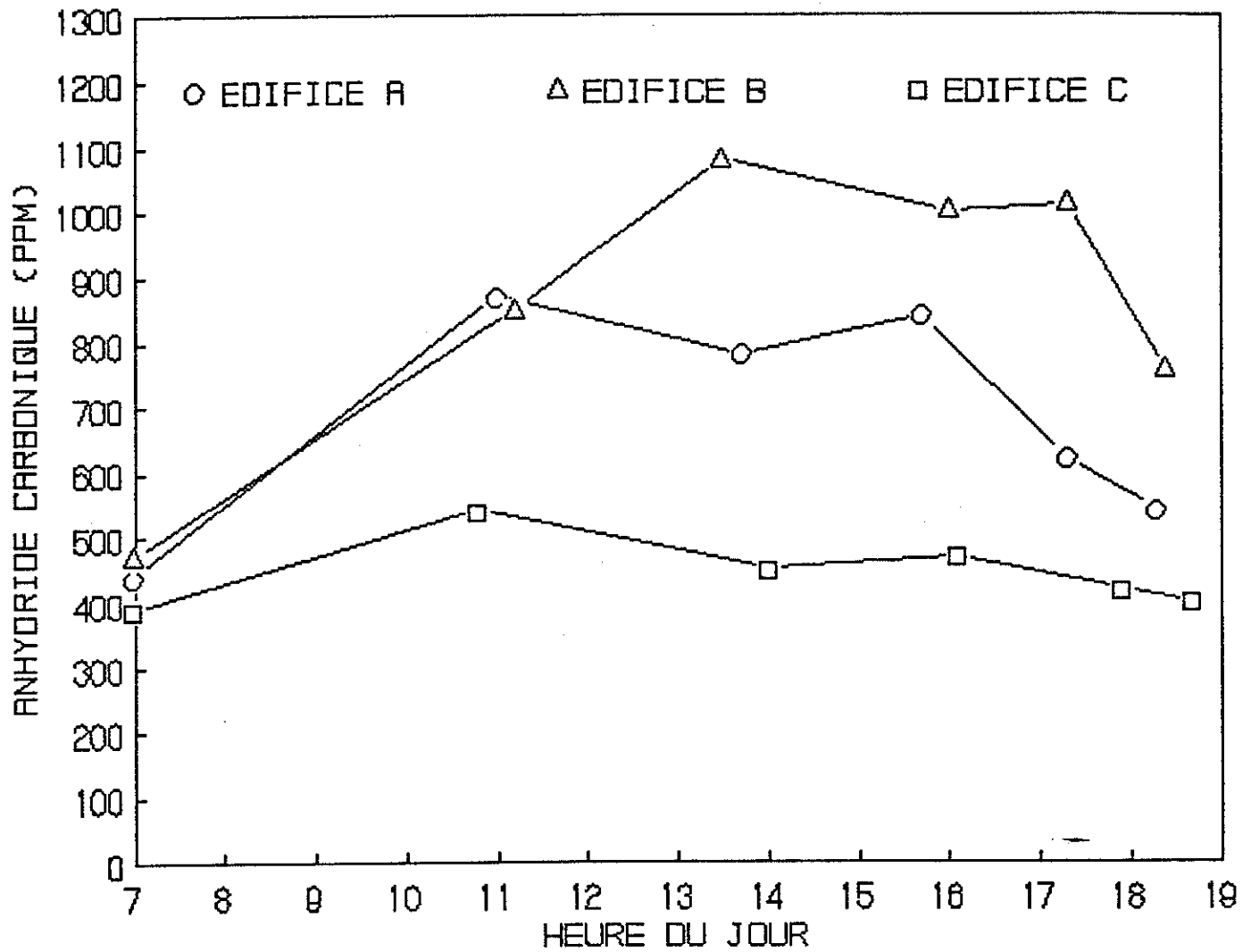
Le CO<sub>2</sub> a été mesuré tôt le matin vers 7 heures, avant l'arrivée des travailleurs; la concentration résiduelle mesurée est de l'ordre de 400 ppm dans deux édifices et près de 550 ppm dans le troisième.

Tout au cours de la journée, un apport de 200 à 550 ppm est mesuré. Cette différence est reliée au nombre de travailleurs localisés près des postes d'échantillonnage. À la fin de la journée de travail vers 17 heures, les concentrations varient de 400 à 1000 ppm, soit une concentration près de la nouvelle valeur proposée par ASHRAE de 1000 ppm, qui est également la valeur associée au confort.

La variation journalière de la concentration de CO<sub>2</sub> présentée à la figure 2 montre bien l'importance de l'apport de CO<sub>2</sub> par les travailleurs.

**FIGURE 1. VARIATIONS JOURNALIERES DE CO**



**FIGURE 2. VARIATIONS JOURNALIÈRES DE CO<sub>2</sub>**



En effet, dès l'arrivée des travailleurs jusqu'à l'heure du dîner, la concentration de  $\text{CO}_2$  augmente; on observe ensuite une baisse plus ou moins importante à cause du départ d'un certain nombre de travailleurs pour la période du dîner puis une nouvelle augmentation en après-midi. Dès le départ des employés à la fin de la journée de travail, le  $\text{CO}_2$  est éliminé progressivement par le système de ventilation. Les mesures de  $\text{CO}_2$  prises 1 heure et 2 heures après le départ des travailleurs nous permettent d'apprécier l'efficacité de fonctionnement du système de ventilation et de calculer l'apport d'air à chacun des postes. Ces calculs seront discutés aux sections 2.3 et 2.4.1

#### . Ozone et oxydes d'azote

L'ozone, le bioxyde d'azote et l'oxyde d'azote sont des gaz irritants pour le système respiratoire; peu solubles, leur action toxique se situe au niveau des bronches et ils peuvent provoquer des oedèmes pulmonaires. Ils sont également irritants pour les yeux. Une concentration de l'ordre de 0,10 à 0,15 ppm d'ozone entraîne chez les personnes les plus susceptibles, des maux de tête et de l'inconfort (3).

Dans les tours à bureaux, les sources intérieures génératrices d'ozone sont les photocopieurs et les filtres d'air électrostatiques. Les oxydes d'azote sont émis par les procédés de combustion donc leur présence dans des bureaux provient de la fumée de cigarettes ou de sources extérieures.

Dans le seul édifice où ces mesures ont été prises, aucune concentration n'a été décelée aux divers endroits échantillonnés, ce qui signifie des concentrations inférieures à 0,005 ppm d'ozone, à 0,5 ppm de  $\text{NO}$  et 0,05 ppm de  $\text{NO}_2$ .

#### . Oxygène

L'oxygène est un des constituants de l'air; sa concentration dans l'air pur à température et pression normales est de 20,9 %. C'est un gaz essentiel à la vie humaine. Une concentration de 16% cause des maux de tête et de la fatigue; à 11 %, il y a perte de conscience; et mort par asphyxie à 6 % d'oxygène.

La réglementation québécoise fixe à 19,5 % le pourcentage d'oxygène en volume dans l'air à tout poste de travail d'un établissement.

La concentration d'oxygène mesurée à tous les postes de travail est normale et constante.

### 1.3.2 Agents microbiologiques

Les agents microbiologiques regroupent les microorganismes tels les bactéries, les rickettsies, les chlamidias, les virus, les moisissures et les champignons. Ils se développent sur les particules de poussières, habituellement dans les systèmes de ventilation ou de conditionnement de l'air d'où ils sont dispersés dans tous les locaux (13). Le taux d'humidité et le taux d'empoussièrement sont les facteurs déterminants du développement de ces microorganismes (14).

Les agents microbiologiques affectent la santé en causant des infections ou en agissant comme allergènes. Les infections proviennent d'agents pathogènes et entraînent des problèmes graves tels que pneumonies. De leur côté, les agents allergènes provoquent des réactions de type dermatites, asthme ou pneumonie hypersensible; ces réactions sont très personnalisées et non prévisibles (13, 19).

De façon générale, les agents biologiques sont rarement la cause des problèmes observés dans les tours à bureau (2).

Les résultats obtenus sont présentés au tableau 3.

TABLEAU 3: TAUX DE MICROORGANISMES DANS LES ÉDIFICES A BUREAUX (1)

MICRO-ORGANISMES colonies/m <sup>3</sup>	SALLE DE MÉLANGE D'AIR AVAL DU FILTRE ET HUMIDIFICATEUR		AIR DE RETOUR		AMBIANCE GÉNÉRALE	
- Bactéries						
Édifice A	212	(418) (2)	38	(35)	131	(70)
Édifice B	200	(18)	ND	(ND)	150	(18)
Édifice C	25	(12)	269	(47)	125	(47)
- Champignons						
Édifice A	19	(170)	6	(17)	ND	(ND)
Édifice B	ND	(ND)	125	(ND)	ND	(ND)
Édifice C	ND	(ND)	19	(ND)	ND	(ND)
- Total						
Édifice A	231	(588)(2)	44	(52)	131	(70)
Édifice B	200	(18)	125	(ND)	150	(18)
Édifice C	25	(12)	288	(47)	125	(47)

ND: non-décelé 6 colonies/m<sup>3</sup>

- (1) - Les résultats donnés sont ceux obtenus avec l'échantillonneur Biotest; les résultats de l'impacteur Andersen sont inscrits entre parenthèses.
- (2) - Ces résultats élevés sont dus à la très grande vitesse de l'air dans le conduit influençant sur la captation de l'échantillonneur. Ces résultats ont été rejetés.

Sauf pour un échantillonnage fait dans la salle de mélange d'air de l'édifice A, les résultats obtenus par l'échantillonneur Biotest sont plus élevés. Cette différence entre les échantillonneurs peut être due à la différence de débits des deux instruments, aux conditions non isocinétiques lors de l'échantillonnage dans les conduits ou à la dimension des particules sur lesquelles se fixent les microorganismes. De fait, il est rapporté dans la littérature que l'échantillonneur Biotest a une faible capacité de capture des particules inférieures à 3  $\mu\text{m}$  (7, 15, 16, 17).

En ambiance générale, aucun champignon n'a été décelé et les concentrations de bactéries sont inférieures à 150 colonies/ $\text{m}^3$ . Dans l'air de retour, de faibles concentrations de champignons et de bactéries sont mesurées. Dans la salle de mélange, une faible concentration de champignons a été décelée dans un seul des édifices et le compte de bactéries est inférieur à 215.

Tous les prélèvements faits durant cette étude donnent des décomptes totaux en bactéries et en champignons inférieurs à 300 colonies/ $\text{m}^3$ .

Bien que les résultats obtenus soient faibles, il est important de souligner que les méthodes de prélèvement utilisées donnent le compte total de microorganismes dans l'air sans les identifier, donc sans permettre de déceler des microorganismes pathogènes. Cependant, moins il y a de microorganismes dans l'air, moins il y a de possibilités qu'ils pénètrent au niveau pulmonaire et y provoquent des symptômes, s'ils sont pathogènes.

Les faibles taux d'humidité de l'ordre de 20 % et les faibles concentrations de poussières existant au moment des interventions corroborent les faibles concentrations de microorganismes retrouvées notamment pour les champignons.

#### **1.4 Observations**

Les analyses qui ont été faites afin de déterminer les concentrations de contaminants chimiques ou microbiologiques dans l'air indiquent une qualité d'air acceptable en fonction des critères et des normes établis. Par conséquent, les malaises ressentis par les occupants ne semblent pas reliés à la présence de produits toxiques ou irritants ou à celle d'agents microbiologiques. Seul l'anhydride carbonique, avec des concentrations atteignant de 800 à 1 000 ppm peut être responsable d'un certain inconfort selon la recommandation de ASHRAE.

Dans un des édifices, la présence d'un secteur réservé à des activités d'imprimerie entraîne l'émission de composés organiques provenant des produits utilisés. L'installation d'une ventilation locale indépendante est donc recommandée.

L'utilisation de la mesure du CO<sub>2</sub> comme paramètre indicateur de la qualité d'air est recommandée dans un programme de vérification périodique de cette qualité, notamment dans les bureaux à forte densité d'occupation. La concentration devrait toujours être inférieure à 1 000 ppm.

Une autre méthode de l'évaluation de la qualité de l'air est celle proposée par l'organisme américain ASHRAE. C'est une méthode subjective basée sur l'appréciation de la qualité de l'air par des visiteurs entrant dans les bureaux (10).

Pour les contaminants chimiques, les méthodes, adaptées des méthodes utilisées en hygiène industrielle, ont permis de déceler les faibles concentrations de contaminants présents dans les édifices à bureaux. Seuls les analyseurs à lecture directe pour les oxydes d'azote sont d'usage restreint car leur limite inférieure de détection est près des valeurs recommandées.

Pour les contaminants microbiologiques, les méthodes utilisées ont conduit au dénombrement total de bactéries, de champignons et moisissures sans cependant les identifier. Mais, dans les cas où une contamination microbienne est observée, la recherche d'agents pathogènes spécifiques est possible avec cette technique.

## PARTIE II: ÉTUDE DES PARAMÈTRES DE CONFORT ET DE VENTILATION

### 2.1 Introduction

Dans cette partie de l'étude, les paramètres de confort thermique recommandés dans la norme ASHRAE 55-19-81 ont été mesurés. Il s'agit:

- des vitesses des courants d'air au niveau du poste de travail;
- des températures aux niveaux du corps et du sol;
- de l'humidité relative;

Quant aux paramètres de ventilation, les mesures ont porté sur:

- les débits d'air neuf par personne;
- la distribution de l'air par les diffuseurs du plafond.

Le fonctionnement général du système de ventilation a été vérifié pour sa performance relative:

- aux temps d'arrêt et de départ du système de ventilation;
- au fonctionnement des thermostats et des indicateurs de température et d'humidité;
- à l'entretien des filtres;
- à l'ouverture des diffuseurs et leur emplacement.

### 2.2 Description générale des systèmes de ventilation

Les trois édifices ont chacun un système central de ventilation pour tout le bâtiment. Le système central de ventilation introduit de l'air neuf (ou air frais), venant de l'extérieur, à un débit variable et recircule une partie de l'air total. Le débit d'air neuf est au minimum durant les périodes très froides de l'hiver ou très chaudes et humides de l'été, et est normalement au maximum au printemps et à l'automne.

Chaque système central de ventilation comprend:

- un ventilateur de retour pour recirculer une partie de l'air total et rejeter le reste à l'extérieur;
- un ventilateur d'alimentation pour admettre de l'air frais et reprendre de l'air recirculé;
- des bouches d'évacuation et d'admission d'air neuf situées sur le toit;

- un filtre d'air d'alimentation;
- des serpentins de chauffage et de refroidissement d'air d'alimentation;
- un humidificateur à pulvérisation d'eau chaude.

Le système central de ventilation distribue de l'air d'alimentation (air frais + air recirculé) à tous les postes de travail à travers un réseau de diffuseurs situés dans les faux-plafonds. Les diffuseurs, de type linéaire ou rectangulaire, distribuent l'air d'alimentation à des débits variables (selon l'ajustement des thermostats) dans deux édifices (système volume d'air variable), et à des débits constants dans le troisième (système volume d'air constant).

Un schéma typique des systèmes centraux de ventilation dans les trois édifices est représenté à la figure 3.

### 2.3 Méthodologie et normes

#### . Air neuf

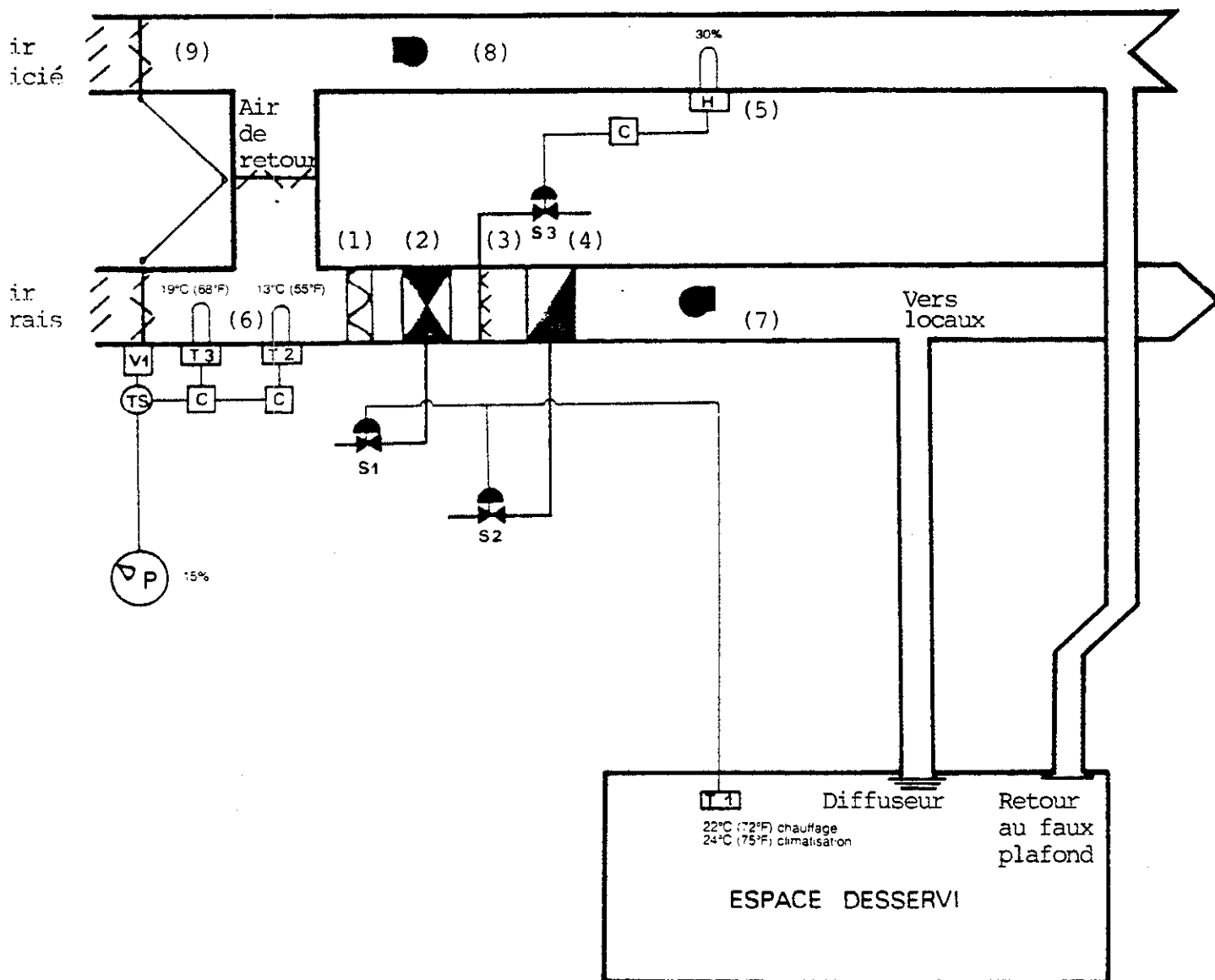
La ventilation générale par apport d'air neuf est nécessaire pour maintenir une concentration acceptable d'anhydride carbonique. La méthode des bilans massiques et thermiques des débits d'air de retour et d'air d'alimentation permet de mesurer le débit total d'air neuf entrant dans l'édifice. En effet, les différences de masse et d'enthalpie de ces deux débits donnent la masse de l'air neuf qui, à une température et une humidité relative mesurées, permet d'en évaluer le débit volumique total. Ce dernier, divisé par le nombre d'occupants de l'édifice, donne le taux d'air neuf par personne. La mesure a été prise au mois de février, quand les températures sont normalement les plus basses de l'année et quand, par conséquent, le débit d'air neuf est le plus bas afin de minimiser les coûts de chauffage.

Les vitesses d'air dans les gaines de retour et d'alimentation conduisent au calcul des débits totaux d'air de retour et d'air d'alimentation. Les vitesses d'air sont prises à tous les six pouces dans l'aire de section de la gaine. La moyenne de ces vitesses est multipliée par la surface de la section pour donner le débit volumique de la gaine. La vitesse de l'air est mesurée avec un anémomètre à fil chaud de marque Kuz.

#### . Distribution de l'air

Pour vérifier l'uniformité de la distribution de l'air et la performance du système de distribution, deux méthodes ont été utilisées. Une première méthode consiste à mesurer les débits d'air total sortant des diffuseurs au faux-plafond.

FIGURE 3: SCHEMA DE SYSTEME CENTRAL DE VENTILATION



- (1) Filtre central
- (2) Serpentin de chauffage
- (3) Humidificateur à pulvérisation
- (4) Serpentin de refroidissement
- (5) Humidistat dans la gaine de retour
- (6) Thermostats dans la gaine d'air frais
- (7) Ventilateur d'alimentation (air frais & frais de retour)
- (8) Ventilateur d'air de retour
- (9) Volets



Si le système de distribution est adéquat, les débits obtenus se situent dans l'intervalle originalement conçu. Les mesures des débits des diffuseurs sont prises à l'aide d'un ballomètre. Une dizaine de diffuseurs, choisis au hasard, ont été évalués dans chacun des édifices.

La deuxième méthode consiste à mesurer, à des postes de travail, les concentrations d'anhydride carbonique et de déduire des taux de ventilation à ces postes, à partir des équations développées par J. Turiel et J. Rudy (18).

Les normes et références pour les taux d'air neuf sont données au tableau 4.

### . Confort

Les paramètres considérés ont été la vitesse des courants d'air et la température au poste de travail soit à environ 1 mètre du sol, la température au niveau du sol et l'humidité relative.

Les mesures de température sèche et humide ont été faites à l'aide d'un psychromètre automatique Cole-Parmer. L'humidité relative est lue sur une charte psychrométrique.

Les mesures de vitesse d'air ont été prises à l'aide d'un anémomètre de marque TSI.

Ces mesures ont été faites à chacun des postes de travail pendant les trois jours d'échantillonnage à environ toutes les deux heures pendant la journée de travail. Une fois par jour, les mesures étaient prises au sol.

Les normes et références sont données au tableau 5.

## 2.4 Analyse des résultats

### 2.4.1 Air neuf

Les résultats pour les trois édifices sont présentés au tableau 6. Ils montrent que, pour les mois de janvier et de février, les débits d'air neuf par personne rencontrent la norme québécoise contenue dans le "Règlement sur la qualité du milieu de travail" (S-2.1, 2.15), mais ne satisfont pas la norme américaine proposée par "l'American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers" (ASHRAE).

TABLEAU 4: NORMES SUR LE TAUX D'AIR NEUF PAR PERSONNE

	QUÉBEC-RÈGLEMENT RELATIF À LA QUALITÉ DU MILIEU DE TRAVAIL S-2.1, R15	ASHRAE (1) STANDARD 62-1981	ASHRAE PROPOSED STANDARD 62-1981R (2) (Juillet 1986)
Taux minimal	2,4 L/s (3)	2,4 L/s (sans fumeurs)  10 L/s (avec fumeurs)	10 L/s  (avec ou sans fumeurs)

(1) American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

(2) Cette recommandation s'applique aux aires de bureaux

(3) L/s = litres par seconde

TABLEAU 5: NORMES SUR LES PARAMÈTRES DE CONFORT

PARAMÈTRE DE CONFORT	ASHRAE (1) (STD-55-1981)	ACGIH (2) INDUSTRIAL VENTILATION	RQMT (3) R.15
Vitesse du courant d'air	0,15 m/s(4) -hiver 0,25 m/s -été	0,25 m/s	-
Température ambiante	19,5 à 23°C -hiver 22,6 à 26°C -été	-	20°C
Température au sol	18 à 29°C	-	
Différence verticale de température hauteur vs sol	3°C	-	
Humidité relative minimale	30%-hiver 25%-été	-	20%

(1) American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

(2) American Conference of Governmental Industrial Hygienists

(3) Règlement sur la qualité du milieu de travail - Québec

(4) m/s = mètre/seconde

TABLEAU 6: RÉSULTATS DES MESURES DE DÉBIT D'AIR NEUF PAR PERSONNE

	Norme ASHRAE 62-1981-R L/s/personne	Résultats par la méthode de conservation de masse et d'enthalpie L/s/personne	Résultats par la méthode du CO <sub>2</sub> L/s/personne
Bâtiment A	10	6,8	3,1 à 14,3
Bâtiment B	10	7,5	1,6 à 7,1
Bâtiment C	10	N.D.*	1,4 à 8,6

\* Cette donnée est non disponible à cause des difficultés de mesure des débits d'air

### 2.4.2 Paramètres de confort

Les résultats des mesures des différents paramètres de confort sont présentés au tableau 7.

#### . Température

Les températures varient de 21° à 25°C. Elles sont donc satisfaisantes selon les normes en vigueur.

#### . Humidité relative

Les taux d'humidité sont très bas, de 8 à 25 %. La majorité des résultats donne des taux d'humidité inférieurs à 20 % soit le minimum requis par le règlement québécois. De façon générale, les taux se maintiennent tout au long des trois journées de mesure pour un édifice donné.

#### . Différence verticale de température entre le sol et le poste de travail

Cette différence est habituellement inférieure à 1°C. Le maximum enregistré est de 2,5°C ce qui est acceptable selon la recommandation de ASHRAE.

#### . Vitesse des courants d'air

De façon générale, les vitesses mesurées sont inférieures à celles recommandées par ASHRAE de 0,15 m/sec. Dans certains cas cependant, elles atteignent jusqu'à trois fois cette valeur. Ces vitesses sont très variables au cours de la journée et l'imprécision de l'instrument utilisé pour les basses vitesses limite l'évaluation de ce paramètre.

### 2.4.3 Performances générales des systèmes de ventilation

#### . Détecteurs d'humidité relative ou humidistats

Les humidistats dans les conduits de retour des systèmes de ventilation des trois édifices étaient défectueux. Ce fait explique, en partie, pourquoi l'humidité relative dans les trois bâtiments était aussi basse.

#### . Thermostats

Une vingtaine de thermostats dans chacun des édifices ont été choisis au hasard pour vérification. Les thermostats sont de type pneumatique et doivent être régulièrement calibrés.

TABLEAU 7: RÉSULTATS DES MESURES DES PARAMÈTRES DE CONFORT

EDIFICE	TEMPÉRATURE SÈCHE °C	HUMIDITÉ RELATIVE %	DIFFÉRENCE DE TEMPÉRATURE SOL VS POSTE DE TRAVAIL °C	VITESSE DES COURANTS D'AIR M/SEC
A	21 à 24,5	13 à 23	0 à 1,5	0,02 à 0,1
B	22 à 25	14 à 25	0 à 2,5	0,01 à 0,3
C	21,5 à 23,5	8 à 25	0 à 1,0	0,02 à 0,5
Norme ASHRAE	19,5 à 23 (hiver)	30 (hiver)	3,0	0,15
Norme RQMT	20	20	-	-

Dans un des édifices, plus de 25 % des thermostats n'étaient pas calibrés; dans les deux autres, le pourcentage des thermostats défectueux ne dépassait pas 10 %, ce qui est normalement acceptable. La fréquence de vérification des thermostats est d'un an d'après les services d'entretien.

#### . Temps de démarrage et d'arrêt du système de ventilation

Les temps de démarrage et d'arrêt du système de ventilation en dehors des heures d'occupation dépendent actuellement uniquement des heures d'ouverture et de fermeture des bureaux. Or ASHRAE recommande que:

- le matin, avant l'ouverture des bureaux, il faut démarrer le système de ventilation central afin de fournir des conditions acceptables pour les occupants. Ce temps de démarrage dépend du débit d'air neuf par personne ainsi que du taux d'occupation de l'édifice. Ce temps peut être obtenu en consultant les courbes tracées par ASHRAE et qui tiennent compte des deux paramètres mentionnés;
- s'il y a des sources de contamination à l'intérieur des édifices même après la fermeture des bureaux (exemple: services d'entretien et de nettoyage utilisant des solvants ou autres produits chimiques), le système de ventilation central devrait continuer à fonctionner jusqu'à la cessation de ces activités.

#### . Diffuseurs

Les diffuseurs dans les trois édifices sont linéaires, carrés ou rectangulaires.

Des observations faites, il ressort que les diffuseurs linéaires distribuent l'air d'une façon plus uniforme. Cependant les plaintes des travailleurs concernent les deux types de diffuseurs. A certains postes de travail, les employés bouchaient la sortie des diffuseurs ou la déviaient afin de ne pas recevoir les courants d'air sur la nuque. A d'autres postes, ce sont les employés d'entretien qui ont fermé les volets d'ajustement afin de réduire les courants d'air ou de les éliminer complètement, ce qui contribue aussi à priver ces postes de travail de l'air frais requis.

Les débits d'air des diffuseurs sont contrôlés par des thermostats qui doivent être situés près des postes de travail desservis par ces mêmes diffuseurs. Or, à beaucoup de postes de travail, surtout ceux situés dans des aires ouvertes, les thermostats sont souvent situés très loin de ces postes de

travail ou à proximité des bureaux qui ne sont pas desservis par ces diffuseurs. Ceci est dû aux réaménagements successifs de l'espace de travail sans tenir compte des emplacements des diffuseurs.

#### . Personnel d'entretien

Le personnel d'entretien des trois édifices n'est pas informé des normes de l'ASHRAE ou du Règlement sur la Qualité du milieu de travail du Québec, concernant les taux d'humidité relative ou des débits d'air frais. Il ne possède pas non plus l'instrumentation nécessaire pour effectuer des inspections de routine, soit un ballomètre pour les débits des diffuseurs, un psychromètre pour l'humidité et un anémomètre pour la vitesse de l'air. De ce fait, découle une difficulté pour eux de comprendre les plaintes des occupants et de trouver des solutions adéquates.

#### . Entretien des systèmes de ventilation

L'entretien des systèmes de ventilation a été vérifié au niveau des composantes majeures.

Les points suivants ont été examinés:

- Entretien des filtres:  
Les filtres servant à retenir les poussières dans l'air total sont bien entretenus et sont remplacés périodiquement tel que recommandé par les fabricants.
- Balancement du réseau de conduits & diffuseurs:  
Le balancement n'est pas fait régulièrement. Dans un des établissements, le balancement n'a pas été fait depuis plus de dix ans, tandis que dans les deux autres, il a été fait durant les cinq dernières années.
- Vérification des thermostats:  
La vérification des thermostats est faite annuellement et au besoin, selon les plaintes des occupants. L'accès aux thermostats est interdit aux travailleurs et l'ajustement des températures sèches est réglé par le personnel d'entretien des édifices.
- Vérification des humidistats, détecteurs de température et des systèmes de contrôle:  
Cette vérification est annuelle et est confiée à des firmes extérieures de contrôle. Nous avons constaté cependant la défectuosité des humidistats dans les trois édifices, malgré cette vérification annuelle.



- Mise à jour des plans et devis de ventilation:

La mise à jour des plans et devis des systèmes de ventilation est négligée, car les plans ne sont pas conformes à la réalité. Dans un des cas, les plans du système de ventilation en place n'ont pu être retrouvés.

### PARTIE III: QUESTIONNAIRE

#### 3.1 Méthodologie

L'utilisation d'un questionnaire avait pour but de connaître la perception des occupants face à la qualité de l'air et à l'efficacité de la ventilation; il devait aussi permettre de ressortir la nature et l'importance des malaises ressentis. Cette étude n'est pas du type épidémiologique permettant d'établir une relation directe entre les paramètres évalués et les malaises mentionnés mais avait uniquement pour but de connaître l'opinion des occupants de ces édifices.

Le questionnaire a été élaboré à partir de plusieurs questionnaires-types déjà utilisés par d'autres chercheurs lors d'interventions en milieu de travail et à partir de notre expérience personnelle. Le questionnaire utilisé est à l'annexe du rapport.

Le questionnaire a été distribué le matin à l'ensemble du personnel présent sur les lieux de travail. Il a été ramassé au cours de l'après-midi.

#### 3.2 Analyse des résultats

Dans chacun des édifices, les taux de réponse sont supérieurs à 80 %.

En examinant les résultats du questionnaire, certains éléments particuliers ressortent quant à la perception des travailleurs face aux conditions de confort et à la qualité de l'air.

Ainsi, plus de 70 % des travailleurs estiment que la température la plus confortable pour un bureau est de 21° ou 22°C. En général, une température de 23 à 24°C a été mesurée pendant l'étude et une majorité qualifie la température à leur poste de travail de variable. En fait, la sensation de confort n'est pas uniquement liée à la température mais aussi au taux d'humidité et à la vitesse de l'air et au rayonnement (proximité d'une fenêtre).

Plus de 80 % des travailleurs considèrent que l'air est trop sec. Effectivement, des taux d'humidité d'environ 20 % ont été mesurés lors de l'étude. Le pourcentage idéal d'humidité relative est de l'ordre de 30 % en hiver (10).

Un nombre important de travailleurs, plus de 50 % des répondants, note la présence de courants d'air aux pieds et à la nuque, à l'occasion ou fréquemment.

Quant aux contaminants de l'air, la présence de poussières est associée par la majorité à l'entretien des lieux plutôt qu'à la qualité de l'air respirable. Des remarques sont faites quant aux

odeurs de provenance locale: restaurants, garage, imprimerie. Le nombre de fumeurs varie de 25 à 38 %.

Les cinq symptômes les plus notés sont:

- la sécheresse et l'irritation des yeux
- la sécheresse et l'irritation de la gorge
- les maux de tête
- la fatigue ou somnolence
- la sensation de manque d'air

De plus, la majorité des porteurs de lentilles cornéennes disent avoir de la difficulté à les porter.

Ce questionnaire n'avait pas pour but de faire de lien de cause à effet entre la ventilation, la qualité de l'air et l'apparition de ces symptômes puisque d'autres facteurs, tels que le bruit, les agresseurs psycho-sociaux, les problèmes personnels, etc. peuvent également être mis en cause. Cependant, il nous permet de ressortir des faits importants. Ainsi, plus de 80 % des gens rapportent que leurs malaises se manifestent surtout l'hiver. Les faibles taux d'humidité mesurés dans les édifices, l'hiver, peuvent alors être un facteur contributif.

## PARTIE IV: CONCLUSIONS

Depuis le début de l'ère des édifices à bureaux étanches, le nombre de plaintes de la part des occupants va sans cesse croissant. Il en est de même des études, des évaluations et des recherches voulant identifier les causes et proposer les solutions adéquates. Une première constatation qui ressort de la littérature publiée sur le sujet est la diversité des approches utilisées pour évaluer les problèmes. Pour cette raison, il est important de systématiser la démarche. Pour ce faire, les divers aspects du problème doivent être ressortis: qualité de l'air, ventilation, aménagement des postes de travail, paramètres physiques, relations de travail. Ils doivent être considérés dans le contexte spécifique de l'édifice à évaluer afin d'en ressortir les points dominants. Dans le cadre de notre étude, deux ensembles de paramètres sont ressortis: ceux reliés à la qualité de l'air et ceux reliés à la ventilation.

### 4.1 Qualité de l'air

La première étape lors de l'évaluation de la qualité de l'air dans un édifice à bureaux est la caractérisation de la nature et de l'importance des problèmes et l'examen des causes possibles. Elle doit fournir les indices permettant de délimiter l'étude, d'orienter le choix des paramètres d'évaluation environnementale et d'établir une stratégie de mesure des contaminants retenus.

Deux approches sont possibles pour d'une part émettre des hypothèses quant aux responsables des problèmes rencontrés et d'autre part établir la stratégie permettant de les vérifier. La première est basée sur la connaissance des malaises et des symptômes ressentis par les occupants alors que la deuxième résulte de la connaissance des sources possibles de contaminants donc de la connaissance de l'édifice, de son environnement et des activités qui s'y déroulent. Ces deux approches sont essentiellement complémentaires.

La connaissance des malaises et des symptômes rejoint l'aspect épidémiologique du problème. Basée sur l'utilisation d'un questionnaire détaillé et développé dans ce but, cette méthode doit permettre de documenter les maladies dans le temps (saison, période de la semaine, période de la journée...), dans l'espace (dans tout l'édifice, dans les locaux fermés, dans les aires ouvertes, sur des étages spécifiques...) tout en tenant compte des conditions prédisposantes de certaines personnes. Cette méthode doit être utilisée comme outil pour focaliser et limiter l'échantillonnage environnemental et pour établir une relation de cause à effet.

Dans le cas du "syndrome des édifices hermétiques", la non-spécificité et la quasi-universalité des malaises décrits limitent l'apport descriptif et convergent attendu de cette approche. En effet, les symptômes d'irritation des yeux et de la gorge, les maux de tête, la difficulté de concentration, la fatigue, la somnolence

et la sensation de manque d'air s'apparentent très aisément aux effets produits par une simple grippe. Cependant, la disparition de ces malaises dès que les travailleurs quittent leur lieu de travail tend à prouver que la cause est de plus en plus associée aux édifices économiseurs d'énergie.

Cependant, dans les cas où des symptômes très spécifiques seraient observés telle la maladie du légionnaire, l'agent causal sera plus facilement discernable à l'aide de cette approche.

Dans cette étude, l'approche épidémiologique n'a pas été élaboré. Le questionnaire distribué l'a été dans le but d'une enquête de perceptions face à la qualité de l'air et de la ventilation.

La deuxième approche se base sur l'étude des sources potentielles d'émission d'agents agresseurs. Ces sources peuvent être extérieures donc les polluants sont entraînés à l'intérieur via le système de ventilation et autres mécanismes de transport ou d'infiltration. Ils sont également générés de l'intérieur; ils proviennent des activités des travailleurs, des matériaux utilisés pour le travail, des matériaux de construction de l'édifice, des équipements, des ameublements, du nettoyage et de l'entretien.

Il importe donc dans un premier temps, d'inspecter l'édifice et son environnement. Les facteurs à considérer sont l'âge et le type de l'édifice, les matériaux utilisés pour sa construction, les rénovations ou modifications qui ont été apportées, le type et l'état du système de ventilation - humidification climatisation - chauffage.

En second lieu, il est essentiel de connaître l'aménagement des lieux, l'utilisation des espaces et les activités réelles qui s'y déroulent; ainsi, l'installation d'un atelier de mécanique, d'une imprimerie dans des espaces destinés à des bureaux exige une modification dans le système de distribution de l'air et l'ajout d'un système de captation des polluants émis. Une omission en ce sens entraîne la diffusion des contaminants dans tout l'édifice. De même, la présence d'aires de stationnement souterrains et de quais de débarquement constitue un apport non négligeable de polluants notamment les oxydes de carbone et les hydrocarbures. Dans le cas d'une nouvelle construction ou lorsque des nouveaux aménagements ont été faits, le taux de formaldéhyde dans l'air devra être évalué.

Les activités humaines contribuent également à la génération de produits; le plus important est l'anhydride carbonique qui sans être considéré comme un produit toxique, peut contribuer à l'inconfort vécu par les occupants. Plusieurs études tendent à démontrer que la fumée de cigarettes est une source majeure d'émission de polluants dans l'air. L'utilisation de photocopieurs dans des salles non ventilées émet de l'ozone d'odeur caractéristique.

Suite à ces diverses observations et constatations, seuls les contaminants pour lesquels des soupçons sérieux sont ressortis devront faire l'objet d'une évaluation environnementale. De même, la stratégie d'échantillonnage incluant le nombre d'échantillons, le nombre de postes de travail à évaluer, la période et la durée de l'échantillonnage devra être élaborée en tenant compte des informations obtenues par ces démarches et des limites analytiques des méthodes utilisées.

Dans la majorité des cas comme le montrent trois études menées dans les édifices à bureaux, les agents chimiques ou microbiologiques sont rarement responsables des problèmes vécus par les occupants. Cependant, une vérification périodique de la qualité de l'air est recommandée en utilisant la mesure de l'anhydride carbonique comme indice de qualité. En plus de vérifier que la concentration de CO<sub>2</sub> se maintient en-deça de 1 000 ppm, ces mesures permettent également d'évaluer le débit d'air neuf effectivement reçu par personne à un poste de travail donné ou dans un espace donné.

La méthode subjective de ASHRAE déjà mentionnée est un autre outil valable comme mécanisme d'évaluation ou de suivi de la qualité de l'air.

Dans la poursuite de l'étude sur les édifices à bureaux, les travaux reliés à l'évaluation de contaminants chimiques présents dans l'air des édifices à bureaux s'intéresseront au dosage de la nicotine. Ce contaminant émis par la fumée de cigarette sera étudié comme indice potentiel de la qualité de l'air ou de sa détérioration, en relation avec les taux de poussières et d'anhydride carbonique.

Une autre avenue de recherche, de plus en plus mentionnée dans la littérature, concerne les concentrations d'ions positifs et négatifs dans l'air en relation avec les symptômes d'inconfort et la diminution des performances psychomotrices. Cet aspect sera également considéré à l'IRSST.

## 4.2 Ventilation

En guise de conclusion sur la ventilation, les problèmes communs aux trois édifices étudiés ont été dégagés et les avenues de recherches futures sont mentionnées. Ces problèmes sont:

### **. Air frais:**

Les trois édifices ont une déficience dans l'apport d'air frais en hiver. Le débit d'air frais par personne ne rencontre pas la norme d'ASHRAE de 10 litres/seconde. Cette déficience d'air frais se traduit par une élévation du taux d'anhydride carbonique (CO<sub>2</sub>) à des niveaux parfois supérieurs à celui de 1000 ppm. Il est à noter que la norme réglementaire du Québec de 2,5 litres/seconde/personne devrait être révisée à la lumière des travaux de l'ASHRAE.

Il y a un besoin de vérifier dans le futur, si ce problème de déficience se répète dans d'autres édifices notamment en hiver.

L'efficacité de la ventilation d'air frais au niveau des postes de travail devra surtout faire l'objet des études futures.

Des activités d'information concernant la nouvelle norme du débit d'air frais sont recommandées. Cette information aux travailleurs peut être faite via les associations, telle celle de la maîtrise de l'énergie du Québec, les bureaux d'ingénieurs-conseils spécialisés dans le domaine et les organismes gouvernementaux.

Les conséquences techniques et économiques de l'application de cette nouvelle norme devront également être considérées.

### **. Humidité relative:**

Les trois édifices ont eu un faible taux d'humidité relative, près de la norme québécoise mais inférieur à la norme ASHRAE.

Dans les trois édifices, ce faible taux d'humidité relative est attribué à la défectuosité des humidistats. Si ce problème de défectuosité se retrouve dans d'autres édifices, il y aura lieu d'étudier des solutions possibles avec des firmes de fabricants d'instrumentation de contrôle, ou même de favoriser un projet d'expertise interne pour étudier les meilleures caractéristiques et la fiabilité d'un détecteur d'humidité.

### **. Courants d'air:**

Nous constatons que les courants d'air sont l'objet de nombreuses plaintes de la part des occupants, qui souvent les confondent avec le problème de climat intérieur (chaud/froid). Les résultats obtenus, bien qu'imprécis à cause des limites de l'instrument pour les basses vitesses, permettent de constater ce fait. Les courants d'air ainsi que le climat intérieur instable sont liés à la performance des diffuseurs, qui sont l'objet d'études de la part de

nombreux groupes de recherches à travers le monde. Deux approches ont été utilisées:

- l'approche pratique, qui consiste à simuler le fonctionnement des diffuseurs dans des chambres environnementales de laboratoire. Cette approche a été réalisée dans les laboratoires de la compagnie suédoise Flakt à Stockholm, et les résultats ont été très satisfaisants pour les occupants.
- l'approche théorique, qui consiste à modéliser les champs de vitesse et de température, soit par les calculs d'écoulement d'air, soit par des bancs hydrauliques ou aérauliques. Cette approche est de plus en plus utilisée en Scandinavie, à l'INRS en France et à l'Imperial College de Londres.

Avant d'adopter une méthode, nous recommandons une étude plus poussée sur le terrain qui sera nécessaire pour déterminer l'ampleur du problème des courants d'air dans les édifices au Québec. L'utilisation d'un instrument de mesure de vitesse et de température à points multiples serait essentielle pour une étude de longue durée soit de 1 à 2 semaines. Grâce à cette étude plus poussée, on pourra travailler à l'amélioration des diffuseurs avec soit un fabricant, soit un groupe interne de l'IRSST.

#### **. Fiabilité et fonctionnement du système de ventilation:**

Notre étude a démontré que les problèmes de confort ou de santé peuvent ne pas être causés par le système de ventilation, mais par le mauvais fonctionnement du système de ventilation notamment, à cause du:

- manque d'entretien et de vérification des composantes du système comme les thermostats, les humidistats;
- retard de départ ou d'arrêt du système central de ventilation;
- débalancement des réseaux de distribution;
- réaménagement du système de ventilation (thermostats, diffuseurs, etc.);
- manque de formation des employés d'entretien, relativement aux normes;
- manque d'instruments de mesure pour vérifier le bon fonctionnement du système (anémomètres, balomètres, psychromètres, etc.).

Un projet d'entente avec la Société Immobilière du Québec ou avec une firme de conseil permettra d'établir un guide d'entretien et de vérification de tout système de ventilation.



### 4.3 Études futures

Cette étude a permis de considérer différentes approches proposées dans la littérature. De ces résultats, sont donc ressortis des problèmes importants concernant la quantité et la distribution de l'air frais, le taux d'humidité relative, le taux d'anhydride carbonique, la vitesse de l'air, la fiabilité et le fonctionnement des diverses composantes des systèmes de ventilation.

La poursuite de cette étude et la méthodologie utilisée tiendront compte de ces résultats. Elle permettra:

- d'approfondir la connaissance des problèmes décelés lors de la première étude:
  - . établissement d'une relation entre les concentrations d'anhydride carbonique et les débits d'air neuf;
  - . étude des humidistats et de leur fiabilité;
  - . étude des systèmes de distribution de l'air;
  - . quantification des courants d'air et étude des diffuseurs;
  - . étude de l'entretien et de la fiabilité des composantes des systèmes de ventilation.
- d'acquérir de nouvelles connaissances:
  - . possibilité d'établir un indice de qualité d'air en tenant compte des différents contaminants présents;
  - . méthode de mesure de la nicotine dans l'air;
  - . méthode de mesure des courants d'air utilisant un système multi-directionnel à points multiples;
  - . pertinence de développer une expertise dans la mesure des ions positifs et négatifs de l'air.
- de proposer des solutions immédiates aux problèmes concrets identifiés.
- de développer un protocole standardisé d'évaluation de la qualité de l'air et de la performance des systèmes de ventilation.

PUBLICATIONS RELIÉES À LA RECHERCHE

Goyer, N., Nguyen, V.H. Étude de trois édifices à bureaux: qualité de l'air et ventilation. Rapport de recherche, IRSST, Montréal, 1988.

Goyer, N. Étude d'édifices à bureaux: stratégie utilisée à l'IRSST. Présenté au Département de médecine de l'Université de Montréal, 19 novembre 1987.

Nguyen, V.H. Étude de trois édifices à bureaux. Présenté à Journée-conférence "La qualité de l'air dans les immeubles". ASHRAE, Section Montréal, 9 novembre 1987.

Nguyen, V.H. "A field study in three Office Towers in Quebec, Canada". Présenté au 2<sup>e</sup> Congrès Indoor Air 1987, Berlin, Allemagne, 17-21 août 1987.

RÉFÉRENCES CITÉES

- 1 - BAKER, D.B. Epidemiologic Investigation of Office Environmental Problems. Ann. Am. Conf. Gov. Ind. Hyg., vol 10, pages 37-40. 1984.
- 2 - HOLT, LYNN G. Sources of Air Contaminants in the Office Environment. Ann. Am. Conf. Gov. Ind. Hyg., vol 10, pages 15-19. 1984.
- 3 - WADDEN, R.A. et SCHEFF, P.A. Indoor Air Pollution Characterization, Prediction and Control. Wiley-Interscience Publication. JOHN WILEY AND SONS. U.S.A., 1983.
- 4 - American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Report of the Committee on Bioaerosols. Ann. Am. Conf. Gov. Ind. Hyg., vol 13. p.29-33. 1985.
- 5 - IRSST. Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu de travail. Série Méthode de laboratoire - Étude technique. 1986.
- 6 - ANDERSEN A.A. New Sampler for the Collection, Sizing and Enumeration of Viable Airborne Particles. Bacteriol. J., vol 76, pages 471-484. 1958.
- 7 - Biotest Diagnostics Cie. Pour la détermination du nombre de germes de l'air avec le RCS-Biotest. Serum Institut GmbH. Allemagne. Dépliant publicitaire, 2 pages.
- 8 - American Industrial Hygiene Association: Biohazards Committee. Biohazards Reference Manual. 160 pages. 1985.
- 9 - Gouvernement du Québec. Règlement sur la qualité du milieu de travail. S-2.1, r.15 Québec 21 septembre 1982.
- 10- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc. American National Standard. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. 62-1981.
- 11- American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc. A proposed American National Standard. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. Public Review Draft. July 15, 1986.

- 12- American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc. Proceedings Indoor Air Quality 1986. Managing Indoor Air for Health and Energy Conservation. Atlanta, April 20-23, 1986.
- 13- MOREY, P.R., HODGSON, M.J.; SORENSON, W.G; KULLMAN, G.J. et COLL. Environmental Studies in Moldy Office Buildings: Biological Agents, Sources and Preventives Measures. Ann. Am. Conf. Gov. Ind. Hyg. vol 10, pages 21-35. 1984.
- 14- STERLING, E.M.; ARUNDEL, A. et STERLING, T.D. Criteria for Human Exposure to Humidity in Occupied Buildings. ASHRAE Transactions, vol.1, part 1. 1985.
- 15- JONES, W.; MORRING, K; MOREY, P.B. et SORENSON, W.G. Evaluation of the Andersen Viable Impactor for Single Stage Sampling. Am. Ind. Hyg. Ass. J., vol46, no. 5, pages 294-298. 1985.
- 16- OTTEN, J.A. Airborne Viable Microorganisms in Office Environments: Sampling Protocol and Analytical Procedures. Proceedings of the 1986 EPA/APCA Symposium on Measurement of Toxic Air Pollutants. pages 36-46. 1986
- 17- CASEWELL M.W.; FERMIE, P.G.; THOMAS, C. et SIMMONS N.A. Bacterial Air Counts Obtained with a Centrifugal (RCS) Sampler and a Slit Sampler - the Influence of Aerosols. Journal of Hosp. Inf., vol. 5, pages 76-82. 1984.
- 18- TURIEL, J. et RUDY, J. "Occupant Generated CO<sub>2</sub> as an Indicator of Ventilation Rate". Report LBL-10496, EFB-VENT 80-15, US Department of Energy. 1980.
- 19- STERLING, E.M. et STERLING, T.D. The Epidemiology of Building Illness. Presented at the Second International Symposium "Epidemiology in Occupational Health". Montreal, May 23-25, 1982.

ANNEXE I

QUESTIONNAIRE SUR LES PROBLÈMES DE SANTÉ

Association paritaire pour la  
santé et la sécurité du tra-  
vail, secteur Administration  
provinciale

Institut de recherche  
en santé et sécurité  
du travail

QUESTIONNAIRE SUR LES PROBLEMES DE SANTE

Dans le cadre de l'étude réalisée par l'APSSAP et l'IRSST sur la  
qualité de l'air et les systèmes de ventilation, votre aide est  
indispensable afin d'établir le portrait des problèmes de santé  
vécus chez vous. Veuillez remplir ce questionnaire et le remettre à  
la personne désignée. La confidentialité de vos réponses est  
assurée.

1. A votre poste de travail, comment qualifiez-vous la  
température?

Adéquate

Trop chaude

Trop froide

Variable (parfois trop chaude, parfois trop froide)

Commentaires: \_\_\_\_\_

2. D'après vous, quelle est la température la plus confortable  
pour un bureau?

20°C (68°F)  21°C (69,8°F)

22°C (71,6°F)  23°C (73,4°F)

24°C (75,2°F)  25°C (77°F)

Ne sait pas

3. Dans le bureau, trouvez-vous que l'air est:

Ni trop sec, ni trop humide

Trop humide

Trop sec

Ne sait pas

Commentaires: \_\_\_\_\_

4. D'après vous, quel est le pourcentage d'humidité relative le plus confortable pour un bureau?

a) En hiver

15%  30%  50%

20%  40%  60%

b) En été

30%  50%  70%

40%  60%  80%

5. Dans le bureau, trouvez-vous qu'il y a beaucoup de poussière dans l'air?

Oui

Non

Commentaires: \_\_\_\_\_

6. a) Quand vous travaillez, vous arrive-t-il de recevoir de l'air sur la nuque (courants d'air)?

Jamais

A l'occasion

Souvent

Commentaires: \_\_\_\_\_

b) Quand vous travaillez, vous arrive-t-il de recevoir de l'air sur les pieds (courants d'air)?

Jamais

A l'occasion

Souvent

Commentaires: \_\_\_\_\_

7. Eprenez-vous les problèmes suivants lorsque vous êtes au bureau?

Jamais

A l'occasion

Souvent

A) Rougeurs, larmoiments des yeux

B) Sécheresse, irritation des yeux

C) Sécheresse, irritation de la gorge

D) Congestion des sinus

E) Eternuements

	Jamais	A l'occasion	Souvent
F) Saignements de nez	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
G) Maux de tête	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
H) Difficultés de concentration	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I) Fatigue, somnolence	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
J) Etourdissements, nausées, vertiges	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
K) Sécheresse et démangeaisons de la peau	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
L) Sensation de manque d'air	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
M) Gripes à répétition	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
N) Autres (spécifiez):	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8. En quelle saison les problèmes se manifestent-ils surtout?

Printemps  Eté  Automne  Hiver

9. a) Y a-t-il des contaminants ou des odeurs perceptibles à votre poste de travail?

Oui  Non

b) D'où cela provient-il? \_\_\_\_\_

10.a) Portez-vous des lentilles cornéennes (verres de contact)?

Oui  Non

b) Lorsque vous êtes dans l'édifice, avez-vous de la difficulté à les porter?

Oui  Non  Ne s'applique pas

Commentaires: \_\_\_\_\_

11. Au bureau, vous êtes:

Fumeur  Non fumeur



12. Combien d'heures par jour travaillez-vous à l'intérieur de l'édifice?

\_\_\_\_\_ heures

13. A quel étage? \_\_\_\_\_

14. De quel côté?

Ouest  Sud  Est  Nord  Centre

15. Votre poste de travail est:

Près d'une fenêtre

Dans un bureau fermé

Dans une aire ouverte

Dans une aire avec cloisons

Dans un passage

16. Etes-vous:

Assis souvent à votre poste de travail?

En déplacement occasionnel?

En déplacement continu?

Autres commentaires: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Merci infiniment de votre collaboration!