

ENQUÊTE SUR LE TERRAIN

BÂTIMENTS RÉSIDENTIELS DE MOYENNE TAILLE

- ÉTANCHÉITÉ À L'AIR
- MOUVEMENT DE L'AIR
- QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR
- VÉRIFICATION ÉNERGÉTIQUE



Société d'habitation
du Québec



Gouvernement du Québec
Ministère des
Ressources naturelles

SCHL  CMHC
Question habitation, comptez sur nous

 Hydro
Québec

**ENQUÊTE SUR LE TERRAIN PORTANT SUR L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR, LE
MOUVEMENT DE L'AIR ET LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR DANS LES
BÂTIMENTS RÉSIDENITIELS DE MOYENNE TAILLE ET VÉRIFICATION
ÉNERGÉTIQUE DE CES BÂTIMENTS.**

Description du contenu de l'étude

pour distribution aux

membres de l'industrie de la construction

Préparé par: Le Consortium DESSAU/SIRICON

Date: 30-04-96

Rév.: 08-05-96

TABLE DES MATIÈRES

PAGE

i	Remerciements	i.1
	SOMMAIRE	ii.1
1.0	INTRODUCTION	1.1
2.0	DESCRIPTION DES BÂTIMENTS	2.1
2.1	Généralité	2.1
3.0	ÉCHÉANCIER ET CONDITIONS CLIMATIQUES	3.1
3.1	Généralité	3.1
3.2	Échéancier	3.3
3.3	Conditions climatiques	3.4
4.0	ÉTANCHÉITÉ À L'AIR	4.1
4.1	Objectif	4.1
4.2	Méthodologie	4.3
4.2.1	Logements inaccessibles	4.7
4.2.2	Vitesse des vents	4.8
4.2.3	Taille des bâtiments	4.10
4.2.4	Infiltration par les ouvertures	4.12
4.2.5	Hauteur des bâtiments	4.14
4.3	Valeurs de référence	4.15
4.3.1	Débit d'air d'infiltration à 50 Pa	4.15
4.3.2	Débit d'air d'infiltration normalisé	4.15
4.3.3	Aire de fuite équivalente normalisée	4.17
4.3.4	Aire de fuite effective normalisée	4.18
4.3.5	Courbe d'infiltration	4.19
4.3.6	Méthode du taux de changement d'air	4.24
4.3.7	Résultats d'autres études	4.26
4.4	Analyse des résultats	4.29
4.4.1	Bâtiment #1	4.31
4.4.2	Bâtiment #2	4.32
4.4.3	Bâtiment #3	4.33
4.4.4	Bâtiment #4	4.34
4.4.5	Bâtiment #5	4.35
4.4.6	Bâtiment #6	4.36
4.4.7	Bâtiment #7	4.37
4.4.8	Bâtiment #8	4.38
4.4.9	Bâtiment #9	4.39
4.4.10	Bâtiment #10	4.40
4.5	Conclusion et recommandations	4.41

TABLE DES MATIÈRES (suite)

	PAGE
5.0 MOUVEMENT DE L'AIR	5.1
5.1 Objectif	5.1
5.2 Les phénomènes régissant les mouvements d'air	5.3
5.2.1 Effet de tirage	5.4
5.2.2 Pression exercée par le vent	5.8
5.2.3 Systèmes de ventilation	5.15
5.2.4 Calcul du changement d'air naturel	5.17
5.3 Méthodologie	5.22
5.3.1 Généralités	5.22
5.3.2 Choix de la méthodologie	5.23
5.3.3 Validation du modèle d'analyse	5.24
5.3.4 Détails de la méthodologie d'analyse	5.28
5.3.5 Données utilisées pour la modélisation	5.29
5.4 Données de base et résultats	5.33
5.4.1 Données de base	5.35
5.4.1.1 Bâtiment #1	5.35
5.4.1.2 Bâtiment #2	5.36
5.4.1.3 Bâtiment #3	5.37
5.4.1.4 Bâtiment #4	5.37
5.4.1.5 Bâtiment #5	5.38
5.4.1.6 Bâtiment #6	5.38
5.4.1.7 Bâtiment #7	5.39
5.4.1.8 Bâtiment #8	5.40
5.4.1.9 Bâtiment #9	5.41
5.4.1.10 Bâtiment #10	5.41
5.4.2 Résultats	5.42
5.4.2.1 Bâtiment #1	5.43
5.4.2.2 Bâtiment #2	5.44
5.4.2.3 Bâtiment #3	5.45
5.4.2.4 Bâtiment #4	5.46
5.4.2.5 Bâtiment #5	5.48
5.4.2.6 Bâtiment #6	5.49
5.4.2.7 Bâtiment #7	5.50
5.4.2.8 Bâtiment #8	5.52
5.4.2.9 Bâtiment #9	5.53
5.4.2.10 Bâtiment #10	5.55
5.5 Conclusions et recommandations	5.56
5.5.1 Conclusions	5.57
5.5.2 Recommandations	5.60

TABLE DES MATIÈRES (suite)

	PAGE
6.0 QUALITÉ DE L’AIR INTÉRIEUR	6.1
6.1 Méthodologie	6.2
6.1.1 Questionnaires	6.2
6.1.2 Sélection des logements	6.4
6.1.3 Humidité relative et température	6.6
6.1.4 Anhydride carbonique	6.6
6.1.5 Formaldéhyde	6.6
6.1.6 Composés organiques volatils totaux	6.7
6.2 Niveaux acceptables des composantes de la qualité de l’air intérieur	6.7
6.2.1 Humidité relative et température	6.7
6.2.2 Anhydride carbonique (CO ₂)	6.8
6.2.3 Formaldéhyde (HCHO)	6.8
6.2.4 Composés organiques volatils totaux (COVT)	6.8
6.3 Valeurs de référence	6.9
6.4 Résultats	6.10
Volet 1 : Questionnaires	6.10
Volet 2 : Relevés des paramètres et analyse	6.12
6.4.1 Bâtiment No 1	6.13
6.4.1.1 Humidité relative et température	6.15
6.4.1.2 Anhydride carbonique	6.15
6.4.1.3 Formaldéhyde	6.16
6.4.1.4 Composés organiques volatils totaux	6.16
6.4.1.5 Débit d’air neuf par personne	6.17
6.4.1.6 Synthèse des résultats	6.17
6.4.1.7 Conclusion et recommandations	6.19
6.4.2 Bâtiment No 2	6.21
6.4.2.1 Humidité relative et température	6.22
6.4.2.2 Anhydride carbonique	6.23
6.4.2.3 Formaldéhyde	6.24
6.4.2.4 Composés organiques volatils totaux	6.24
6.4.2.5 Débit d’air neuf par personne	6.25
6.4.2.6 Synthèse des résultats	6.25
6.4.2.7 Conclusion et recommandations	6.26
6.4.3 Bâtiment No 3	6.28
6.4.3.1 Humidité relative et température	6.28
6.4.3.2 Anhydride carbonique	6.29
6.4.3.3 Formaldéhyde	6.30
6.4.3.4 Composés organiques volatils totaux	6.30
6.4.3.5 Débit d’air neuf par personne	6.30
6.4.3.6 Synthèse des résultats	6.31
6.4.3.7 Conclusion et recommandations	6.32

TABLE DES MATIÈRES (suite)

	PAGE
6.4.4 Bâtiment No 4	6.34
6.4.4.1 Humidité relative et température	6.34
6.4.4.2 Anhydride carbonique	6.36
6.4.4.3 Formaldéhyde	6.36
6.4.4.4 Composés organiques volatils totaux	6.37
6.4.4.5 Débit d'air neuf par personne	6.37
6.4.4.6 Synthèse des résultats	6.37
6.4.4.7 Conclusion et recommandations	6.38
6.4.5 Bâtiment No 5	6.40
6.4.5.1 Humidité relative et température	6.41
6.4.5.2 Anhydride carbonique	6.42
6.4.5.3 Formaldéhyde	6.42
6.4.5.4 Composés organiques volatils totaux	6.43
6.4.5.5 Débit d'air neuf par personne	6.43
6.4.5.6 Synthèse des résultats	6.43
6.4.5.7 Conclusion et recommandations	6.45
6.4.6 Bâtiment No 6	6.46
6.4.6.1 Humidité relative et température	6.48
6.4.6.2 Anhydride carbonique	6.48
6.4.6.3 Formaldéhyde	6.48
6.4.6.4 Composés organiques volatils totaux	6.49
6.4.6.5 Débit d'air neuf par personne	6.49
6.4.6.6 Synthèse des résultats	6.49
6.4.6.7 Conclusion et recommandations	6.51
6.4.7 Bâtiment No 7	6.53
6.4.7.1 Humidité relative et température	6.54
6.4.7.2 Anhydride carbonique	6.55
6.4.7.3 Formaldéhyde	6.55
6.4.7.4 Composés organiques volatils totaux	6.56
6.4.7.5 Débit d'air neuf par personne	6.56
6.4.7.6 Synthèse des résultats	6.57
6.4.7.7 Conclusion et recommandations	6.58
6.4.8 Bâtiment No 8	6.60
6.4.8.1 Humidité relative et température	6.60
6.4.8.2 Anhydride carbonique	6.61
6.4.8.3 Formaldéhyde	6.62
6.4.8.4 Composés organiques volatils totaux	6.62
6.4.8.5 Débit d'air neuf par personne	6.62
6.4.8.6 Synthèse des résultats	6.62
6.4.8.7 Conclusion et recommandations	6.64

TABLE DES MATIÈRES (suite)

	PAGE
6.4.9 Bâtiment No 9	6.65
6.4.9.1 Humidité relative et température	6.65
6.4.9.2 Anhydride carbonique	6.66
6.4.9.3 Formaldéhyde	6.67
6.4.9.4 Composés organiques volatils totaux	6.67
6.4.9.5 Débit d'air neuf par personne	6.67
6.4.9.6 Synthèse des résultats	6.68
6.4.9.7 Conclusion et recommandations	6.69
6.4.10 Bâtiment No 10	6.70
6.4.10.1 Humidité relative et température	6.72
6.4.10.2 Anhydride carbonique	6.72
6.4.10.3 Formaldéhyde	6.72
6.4.10.4 Composés organiques volatils totaux	6.73
6.4.10.5 Débit d'air neuf par personne	6.73
6.4.10.6 Synthèse des résultats	6.73
6.4.10.7 Conclusion et recommandations	6.75
6.5 Conclusion	6.77
BIBLIOGRAPHIE	6.79
7.0 VÉRIFICATION ÉNERGÉTIQUE	7.1
7.1 Méthodologie	7.1
7.1.1 Le questionnaire	7.2
7.1.2 Modélisation	7.2
7.1.3 Horaires	7.3
7.1.4 Charges des électroménagers	7.5
7.1.5 Ventilation mécanique	7.6
7.1.6 Occupation	7.7
7.1.7 Chauffage	7.7
7.1.8 Eau chaude	7.7
7.1.9 Infiltration	7.7
7.2 Simulations et résultats	7.8
7.2.1 Bâtiment No 1	7.11
7.2.1.1 Compilation énergétique	7.12
7.2.1.2 Mesures d'économie d'énergie	7.18
7.2.1.3 Synthèse des résultats	7.19
7.2.1.4 Conclusion et recommandations	7.21
7.2.2 Bâtiment No 2	7.23
7.2.2.1 Compilation énergétique	7.23
7.2.2.2 Mesures d'économie d'énergie	7.29
7.2.2.3 Synthèse des résultats	7.29
7.2.2.4 Conclusions et recommandations	7.31

TABLE DES MATIÈRES (suite)

	PAGE
7.2.3 Bâtiment No 3	7.33
7.2.3.1 Compilation énergétique	7.33
7.2.3.2 Mesures d'économie d'énergie	7.39
7.2.3.3 Synthèse des résultats	7.40
7.2.3.4 Conclusions	7.40
7.2.4 Bâtiment No 4	7.43
7.2.4.1 Compilation énergétique	7.45
7.2.4.2 Mesures d'économie d'énergie	7.50
7.2.4.3 Synthèse des résultats	7.51
7.2.4.4 Conclusions et recommandations	7.51
7.2.5 Bâtiment No 5	7.54
7.2.5.1 Compilation énergétique	7.55
7.2.5.2 Mesures d'économie d'énergie	7.62
7.2.5.3 Synthèse des résultats	7.62
7.2.5.4 Conclusions et recommandations	7.64
7.2.6 Bâtiment No 6	7.66
7.2.6.1 Compilation énergétique	7.66
7.2.6.2 Mesures d'économie d'énergie	7.71
7.2.6.3 Synthèse des résultats	7.72
7.2.6.4 Conclusions et recommandations	7.73
7.2.7 Bâtiment No 7	7.76
7.2.7.1 Compilation énergétique	7.76
7.2.7.2 Mesures d'économie d'énergie	7.81
7.2.7.3 Synthèse des résultats	7.82
7.2.7.4 Conclusions et recommandations	7.84
7.2.8 Bâtiment No 8	7.85
7.2.8.1 Compilation énergétique	7.85
7.2.8.2 Mesures d'économie d'énergie	7.90
7.2.8.3 Synthèse des résultats	7.91
7.2.8.4 Conclusions et recommandations	7.94
7.2.9 Bâtiment No 9	7.95
7.2.9.1 Compilation énergétique	7.97
7.2.9.2 Mesures d'économie d'énergie	7.103
7.2.9.3 Synthèse des résultats	7.103
7.2.9.4 Conclusions et recommandations	7.105
7.2.10 Bâtiment No 10	7.106
7.2.10.1 Compilation énergétique	7.107
7.2.10.2 Mesures d'économie d'énergie	7.113
7.2.10.3 Synthèse des résultats	7.113
7.2.10.4 Conclusions et recommandations	7.114
7.3 Conclusion	7.116
BIBLIOGRAPHIE	7.119

REMERCIEMENTS

Le projet de recherche "Enquête sur le terrain portant sur l'étanchéité à l'air, le mouvement de l'air, la qualité de l'air intérieur dans les bâtiments résidentiels de moyenne taille et vérification énergétique de ces bâtiments" a été réalisé pour le compte de quatre organismes: la Société Canadienne d'Hypothèques et de Logement, (S.C.H.L.), la Société d'Habitation du Québec (S.H.Q.), Hydro-Québec et le Ministère des Ressources Naturelles (M.R.N.).

La réalisation de ce projet est essentiellement le fruit d'un effort d'équipe et nous tenons à souligner la participation des principaux intervenants.

La direction du projet d'étude, la cueillette de l'information sur le terrain, la pose des sondes et des équipements d'analyse, le mesurage sur le site, la compilation des données relevées ainsi que l'analyse de l'étanchéité à l'air et des mouvements de l'air intérieur ont été assumés par DESSAU Inc.

La firme les Expertises Immobilières V.S. Inc. a apporté une précieuse contribution lors de l'analyse des caractéristiques de l'enveloppe des bâtiments.

Pour sa part, la firme SIRICON a été responsable de coordonner l'analyse des sondes de formaldéhyde et des COVs et d'en compiler les résultats. SIRICON a aussi été chargée de la tabulation de l'information obtenue des questionnaires d'évaluation de la qualité de l'air, de l'analyse des données recueillies par les sondes de détection et d'en dégager des conclusions pour caractériser les bâtiments étudiés. Le volet analyse énergétique qui peut être qualifié comme la synthèse de cette étude était aussi sous la responsabilité de SIRICON. Ce partenaire du consortium a effectué la modélisation énergétique des bâtiments et en a dégagé les principales caractéristiques.

REMERCIEMENTS

La firme ORTECH a été responsable de l'analyse des sondes de détection du formaldéhyde et des COVs.

Nous aimerions remercier monsieur Bertrand Roy et madame Hélène Foy de la Société d'Habitation du Québec pour tous les services et la collaboration qu'ils ont fournis au projet. Il s'agissait principalement de la coordination des interventions avec tous les responsables des bâtiments qui ont été étudiés, la coordination des réunions du comité de supervision du projet ainsi que la préparation de l'agenda et des comptes-rendus des réunions des partenaires du projet. Leurs judicieux conseils et leurs commentaires pertinents ont permis d'améliorer sensiblement la rédaction et la présentation de ce rapport.

Nous devons aussi souligner la collaboration de monsieur Paul Kovacevic d'Hydro-Québec pour ses précieux conseils tout au long de la réalisation de cette étude. Grâce à son concours, il nous a aussi été possible d'utiliser les appareils de dépressurisation qui sont la propriété d'Hydro-Québec.

Messieurs Gilles d'Amours, Michel Desbiens, Pierre-Michel Busque et Jacques Rousseau, en raison de leur longue expérience, ont permis de situer les bâtiments et d'orienter l'analyse pour en dégager les principales recommandations.

Nous aimerions remercier tous les responsables des Offices Municipaux d'Habitation (OMH) qui ont non seulement coordonné et permis l'accès aux différents bâtiments mais qui nous ont aussi apporté une aide précieuse lors des visites de relevés. Il s'agit des personnes suivantes:

Bâtiments

Bâtiment #1

Responsables

M. Normand Sylvestre
Mme Lise Babin
M. Jocelyn Fafard

REMERCIEMENTS

Bâtiment #2	Mme Anne Désilets
Bâtiment #3	Mme Anne Désilets
Bâtiment #4	M. Gilles Rivest
Bâtiment #5	Mme Diane Comeau
Bâtiment #6	Mme Anne Désilets
Bâtiment #7	Mme Carole-Anne Lachaine
Bâtiment #8	Mme Jeannette Jubinville
Bâtiment #9	Mme Louise Pelletier
Bâtiment #10	M. Maurice Morin

Le comité de supervision du projet était composé des personnes suivantes: M. Bertrand Roy et Mme Hélène Foy de la Société d'Habitation du Québec, M. Paul Kovacevic et M. Hugues Moisan d'Hydro-Québec, M. Jacques Rousseau, M. Michel Desbiens et M. Pierre-Michel Busque de la Société Canadienne d'Hypothèques et de Logement et M. Gilles D'Amours du Ministère des Ressources Naturelles du Québec.

L'équipe de projet pour DESSAU Inc. était composée de M. Bruno Blondin, M. Laurier Nichols, M. Patrice Leroux, M. Frédéric Sauriol et Mme Marie-Josée St-Pierre. Celle de SIRICON était composée de M. Dino Gerbasi, M. Enrico Tanguay et Mme Maria Motillo. Celle de Les Expertises Immobilières V.S. était composée de M. Serge Rodrigue et M. Daniel L'Italien.

1- Objet de l'étude

Les immeubles d'habitation collective de moyenne et grande taille regroupent une proportion importante (56%) du nombre total de foyers au Québec et possiblement dans les mêmes proportions pour les autres provinces du Canada.

Les bâtiments résidentiels de moyenne taille se situent dans un groupe mitoyen dont les exigences en matière de ventilation sont imprécises. Certains immeubles ne possèdent pas de système de ventilation alors que d'autres sont munis de systèmes d'évacuation individuels ou centralisés qui dans certains cas sont jumelés à des systèmes d'alimentation d'air neuf avec distribution dans les corridors communs.

L'analyse du comportement de ces bâtiment révèle qu'il existe des écarts considérables de consommation énergétique et ces écarts se retrouvent même pour des constructions très semblables. On remarque aussi qu'il y a des différences importantes de consommation énergétique entre les logements d'un même bâtiment.

L'objectif de l'étude est donc de tenter d'apporter des éléments nouveaux qui permettront de mieux comprendre les phénomènes de ventilation naturelle ou mécanique des bâtiments résidentiels de moyenne taille et d'identifier leur potentiel d'amélioration de l'efficacité énergétique.

Les travaux de recherche et d'analyse ont été réalisés dans dix (10) bâtiments résidentiels de moyenne taille de la Société d'Habitation du Québec (S.H.Q.). Ces bâtiments ont été choisis en fonction de critères spécifiques (type d'occupants, type de construction, production et distribution d'eau chaude domestique, système d'évacuation, système de ventilation, etc...) afin d'offrir

toute la diversité nécessaire pour une meilleure identification des phénomènes.

En plus d'une description générale des différentes caractéristiques de chaque bâtiment, le rapport d'étude donne de l'information sur chacun des volets principaux de l'analyse: étanchéité à l'air, mouvement de l'air, qualité de l'air intérieur et vérification énergétique.

2- Étanchéité

La première étape dans l'analyse de la ventilation et de la consommation énergétique des habitations consiste à faire une évaluation de l'étanchéité de l'enveloppe des bâtiments. Cette évaluation a été effectuée en respectant le protocole CAN/C.G.S.B. 149.10-M86.

En raison de la taille des bâtiments une modification a été apportée au protocole pour permettre l'utilisation simultanée de plusieurs ventilateurs de dépressurisation. La précision des résultats a démontré que cette méthode est tout à fait acceptable pour ce type de bâtiment. La présence de vent lors des essais pouvait entraîner une erreur beaucoup plus grande que l'erreur potentielle causée par l'usage de plusieurs ventilateurs.

La consultation de nombreux ouvrages de référence démontre que les résultats des recherches antérieures sont présentés sous des formes très variées. La comparaison des résultats de la présente étude doit être faite en tenant compte de la méthodologie d'analyse des autres projets de recherches. Pour faciliter les comparaisons, il a été convenu de présenter les résultats sous diverses formes.

Le tableau qui suit donne une image globale de l'évaluation de l'étanchéité des dix bâtiments.

Dans le coin supérieur gauche, on présente les courbes d'infiltration de chaque bâtiment, telles que mesurées lors des essais. Les courbes sont comparées avec la courbe moyenne de deux autres types de construction, les écoles et les tours à bureaux. Les données pour ces deux types de bâtiment proviennent d'un article du ASHRAE Journal de mars 1981. L'auteur de l'article était M. C.Y Shaw du Conseil National de Recherches.

Dans le coin supérieur droit, on compare le débit d'infiltration normalisé à 50 Pa. La norme de référence utilisée est celle qui a été proposée pour les constructions C-2000.

Dans le coin inférieur gauche, on présente une comparaison des bâtiments en utilisant l'aire de fuite équivalente normalisée. L'ordre des bâtiments serait différent si on utilisait ce seul critère. La norme de référence est basée sur les exigences de construction du Code national de l'énergie pour les maisons 1995.

Le coin inférieur droit donne une indication du taux de changement d'air à 50 Pa (CAH-50). La norme de référence est ici celle exigée pour les constructions C-2000.

L'analyse des résultats permet d'émettre les commentaires suivants:

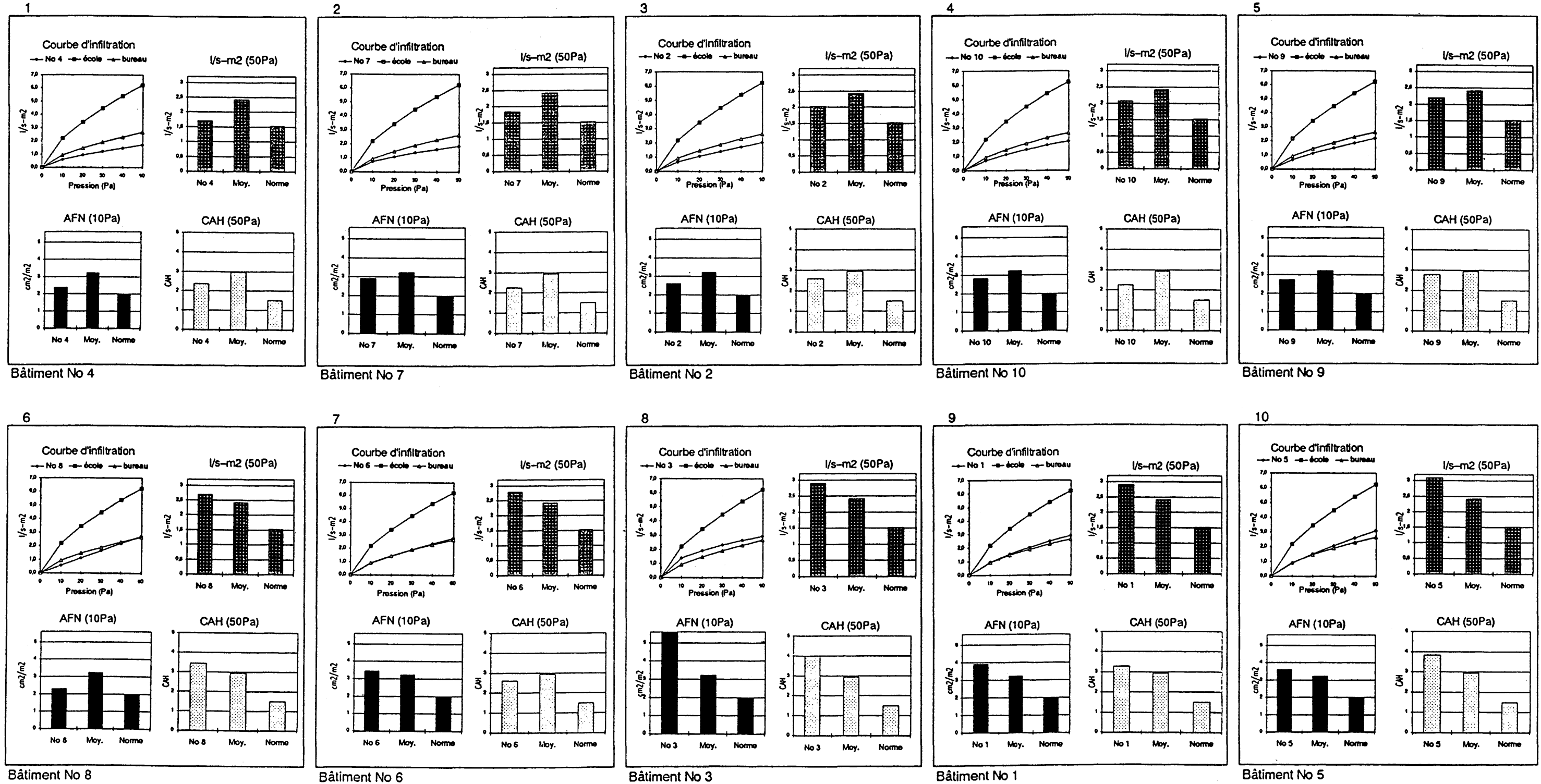
- L'étanchéité des bâtiments se compare avantageusement avec les résultats des études qui datent de plus de 6 ans. Toutefois, elle est très semblable à celle rencontrée lors des plus récentes études (Evaliso).
- Lorsque comparée aux nouvelles normes d'étanchéité, les dix bâtiments présentent des déficiences.
- Le débit d'infiltration normalisé ($l/s.m^2$) s'écarte énormément des exigences du CNB-1995 pour le système d'étanchéité des bâtiments ($0.15 l/s.m^2$ à 75 Pa ou $0.10 l/s.m^2$ à 50 Pa).
- Compte tenu que l'usage de systèmes de ventilation mécanique sera bientôt recommandé, l'enveloppe des habitations devrait être beaucoup plus étanche. Dans cette optique, l'étanchéité des dix bâtiments devrait être améliorée.

- L'aire de fuite équivalente normalisée (AFN) est un critère de comparaison qui représente plus adéquatement l'étanchéité du bâtiment lorsqu'il est soumis à des phénomènes naturels (vents, effet de tirage). Ce critère change l'ordre des bâtiments parce qu'il est calculé à partir de la courbe d'infiltration. On notera une très grande différence en utilisant ce critère de comparaison entre les bâtiments #3 et #7.

Les principales recommandations sont les suivantes:

- La construction des nouveaux bâtiments de ce type devra respecter les exigences des nouvelles normes en matière d'étanchéité. La ventilation "naturelle" sera remplacée par une ventilation mécanique.
- À moyen terme, les dix bâtiments devraient faire l'objet d'améliorations qui s'apparentent aux nouvelles exigences en matière de construction (étanchéité plus grande, ventilation mécanique).
- Lors de la construction de bâtiments semblables, des essais d'évaluation de l'étanchéité devraient être exigés. Ces essais sont facilement réalisables en utilisant plusieurs ventilateurs de dépressurisation simultanément.
- On doit tenir compte d'une plus grande imprécision dans le cas où les essais sont réalisés lorsque la vitesse du vent excède 10 km/hr.
- La présentation des résultats des essais d'étanchéité devrait être uniformisée pour éviter une manipulation des données lors de la comparaison des résultats.

PARAMÈTRES DE L'ÉTANCHÉITÉ DE L'ENVELOPPE DE 10 BÂTIMENTS DE LA SHQ



* Les bâtiments sont classés de 1 à 10. 1 représente le bâtiment avec la meilleure étanchéité et 10 le pire (sur la base du taux d'infiltration normalisé à 50 Pa).
 * Le nombre sous la première colonne de chaque graphique correspond au bâtiment.
 * La norme pour "l/s-m2 (50Pa)" et "CAH (50Pa)" est C-2000; la norme pour "AFN (10Pa)" est le Code de l'Énergie.

3- Mouvement de l'air

Pour répondre aux objectifs de cette étude, l'analyse des mouvements de l'air peut être considérée comme l'un des volets principaux, sinon le plus important.

Par une modélisation du comportement des bâtiments lorsqu'ils sont soumis aux phénomènes du vent et de l'effet de tirage ainsi que lorsqu'ils sont équipés d'un système de ventilation mécanique, il est possible d'apprécier avec un degré d'exactitude acceptable tous les déplacements d'air qui dicteront le niveau de ventilation des espaces intérieurs.

L'évaluation du taux de ventilation a été basée sur la concentration d'équilibre du CO₂ qui est atteinte lorsqu'il est produit à taux fixe et que l'espace est soumis à un taux de ventilation constant. La validation du modèle de simulation s'effectue en comparant les enregistrements de la concentration de CO₂ avec les résultats des calculs de la modélisation.

Le tableau qui suit présente un sommaire des principaux résultats de la modélisation. On peut les comparer avec les enregistrements de la concentration de CO₂ effectués dans les logements.

Les modélisations ont été effectuées en utilisant les conditions suivantes:

Cas #1: Effet de tirage seulement

- Vitesse du vent : 0 m/s
- Température extérieure : -10°C
- Production de CO₂ : 0.005 l/s (par logement)
- Concentration ext. CO₂ : 350 ppm

Cas #2: Conditions venteuses

- Vitesse du vent : 5.6 m/s
- Orientation : ouest
- Coefficient A_0 : 0.6 (banlieue)
- Température extérieure : -10°C
- Production de CO₂ : 0.005 l/s (par logement)
- Concentration ext. CO₂ : 350 ppm

N.B.: Pour certains bâtiments, des simulations ont été effectuées avec des vitesses du vent de 3.3 m/s et de 9.3 m/s.

Cas #3: Systèmes de ventilation (bâtiments #5, #6, #9 et #10)

- Vitesse du vent : 0 m/s
- Température extérieure : -10°C
- Production du CO₂ : 0.005 l/s (par logement)
- Concentration ext. CO₂ : 350 ppm
- Ventilation:
 - Bâtiment #5 : 250 l/s
(alimentation des corridors)
 - Bâtiment #6 : 990 l/s
(alimentation des corridors)
 - Bâtiment #9 : 288 l/s
(évacuation centrale)
 - Bâtiment #10 : 600 l/s
(alimentation des corridors)

L'analyse des résultats permet d'émettre les commentaires suivants:

- La ventilation "naturelle" est insuffisante si les phénomènes qui la contrôlent sont faibles ou inexistantes. Cette affirmation est très pertinente pour les bâtiments de faible hauteur.

SOMMAIRE

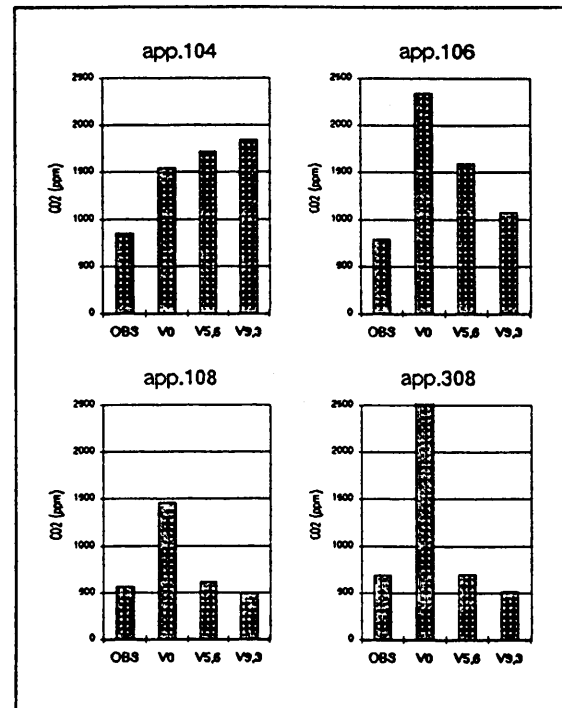
- La distribution des ouvertures dans l'enveloppe d'un bâtiment affecte considérablement la ventilation "naturelle".
- Le vent a pour effet de rendre la ventilation "naturelle" très aléatoire. Des logements seront surventilés alors que pour d'autres la ventilation sera trop faible.
- Les systèmes individuels d'évacuation des hottes de cuisinière ou d'évacuation des salles de bain sont très peu utilisés et ne contribuent que d'une façon marginale à la ventilation des logements. D'ailleurs, les débits mesurés pour certains bâtiments indiquent qu'on évacue approximativement 30% du débit nominal recherché.
- Un système central d'alimentation d'air des corridors est plus performant qu'un système central d'évacuation. Il contribue à améliorer les changements d'air des logements où la ventilation est déficiente.
- Un système central de ventilation est plus performant s'il n'est pas influencé par les phénomènes naturels (effet tirage et vent).
- Les logements en sous-sol sont généralement moins bien ventilés (exemple: logement 444 du bâtiment #7 et logement 102 du bâtiment #5).

Les principales recommandations sont les suivantes:

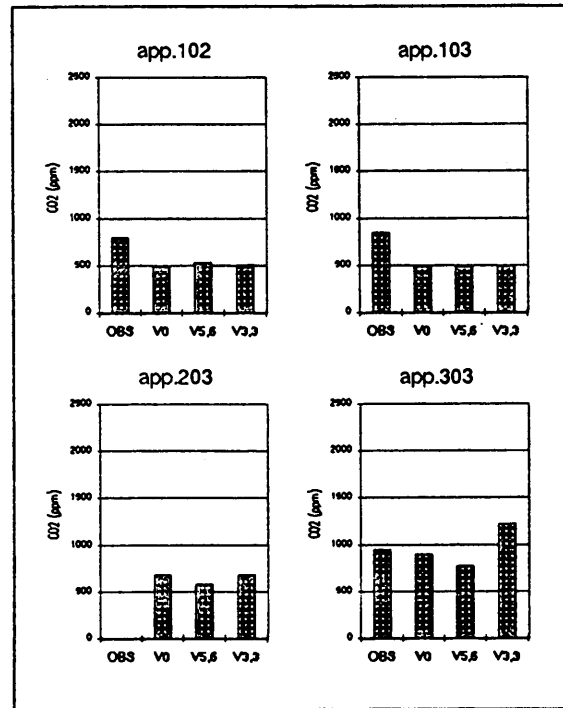
- Les nouveaux bâtiments devront être construits avec une enveloppe étanche et devront être équipés d'un système de ventilation pour chacun des logements. On éliminera ainsi l'influence des phénomènes naturels sur les systèmes de ventilation.

- Pour limiter la force de l'effet de tirage, les planchers devront être le plus étanche possible. Cette approche rend le bâtiment plus sécuritaire en cas d'incendie.
- Si la ventilation "naturelle" est envisagée, les canalisations avec sortie au toit sont absolument essentielles.
- Dans le cas d'un bâtiment moins étanche, un système central d'alimentation des corridors est plus efficace qu'un système central d'évacuation.
- Il est nécessaire d'effectuer une recherche supplémentaire pour acquérir plus de données sur les pressions exercées par le vent.
- Une recherche plus poussée est nécessaire pour caractériser tous les éléments de transfert d'air dans l'enveloppe et dans les cloisons internes d'un bâtiment.
- L'usage d'un gaz traçeur devrait permettre une meilleure précision pour valider les calculs de modélisation des déplacements d'air.
- Le concept de "CAH-nat" donne des résultats très approximatifs pour les habitations à logements multiples.
- L'usage de logiciel de modélisation doit être encouragé pour l'étude de mouvements d'air dans les bâtiments.

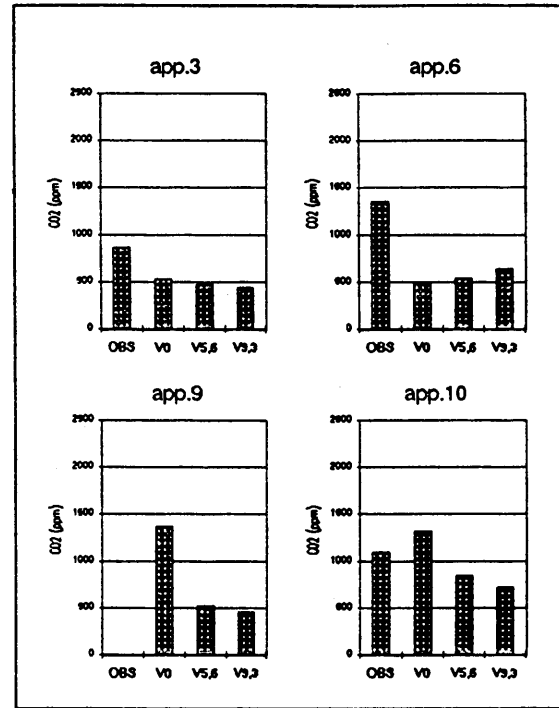
CARACTÉRISATION DU MOUVEMENT DE L'AIR PAR LA CONCENTRATION DU CO2 DANS 10 BATIMENTS DE LA SHQ



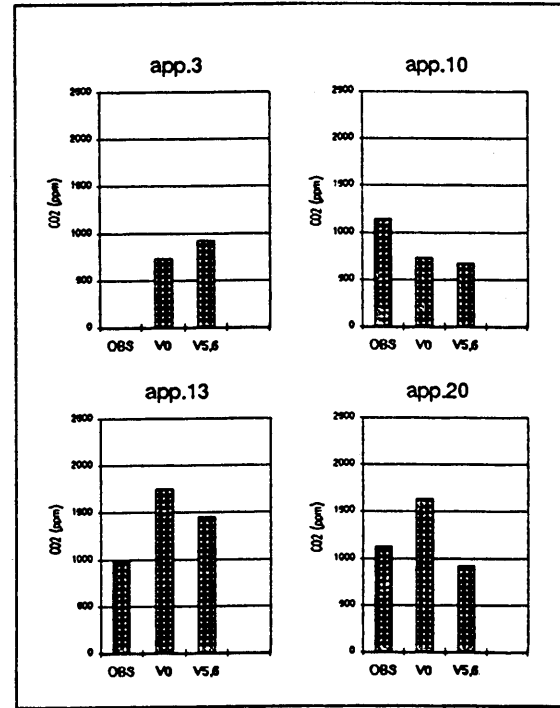
Bâtiment No 1



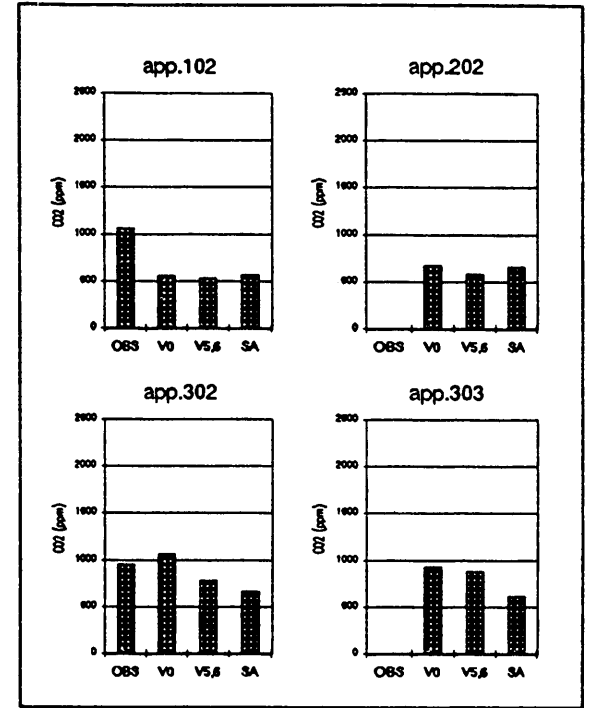
Bâtiment No 2



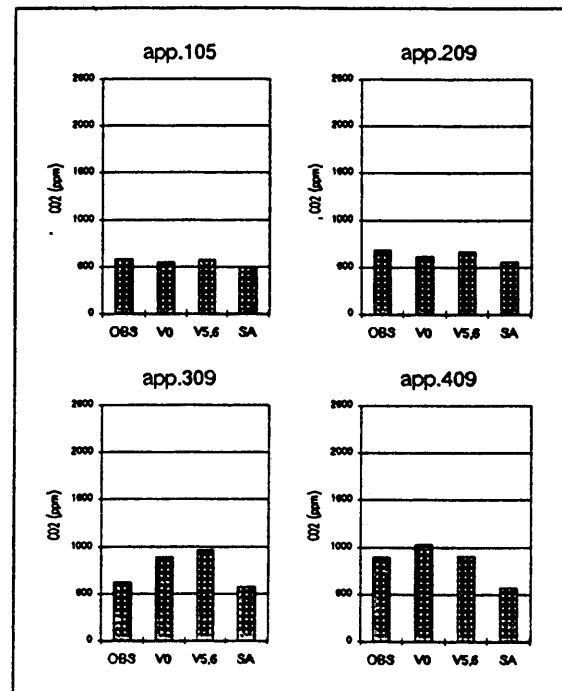
Bâtiment No 3



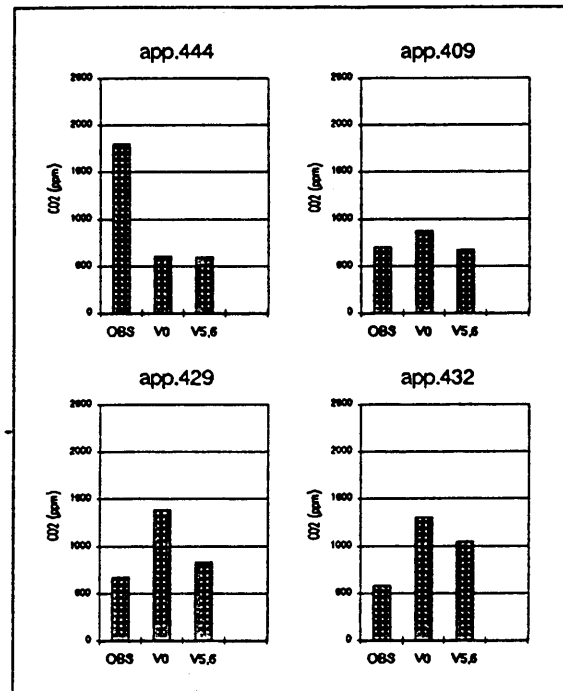
Bâtiment No 4



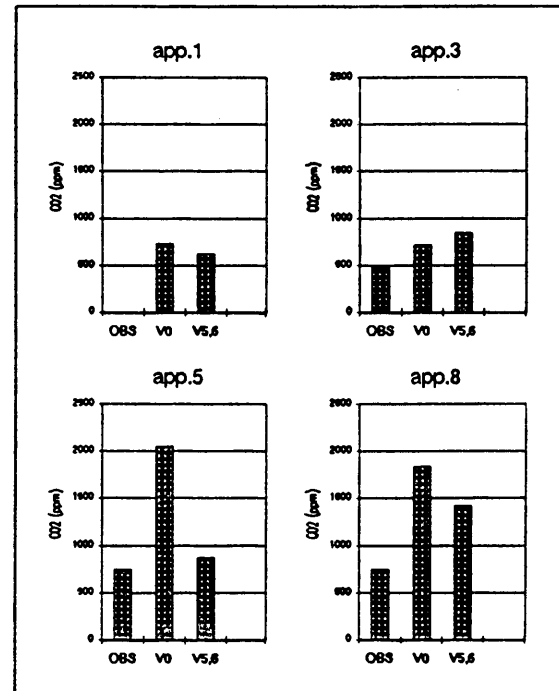
Bâtiment No 5



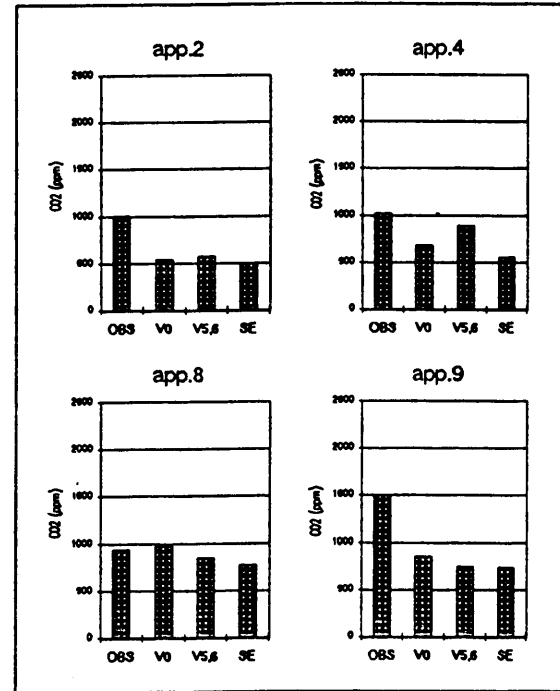
Bâtiment No 6



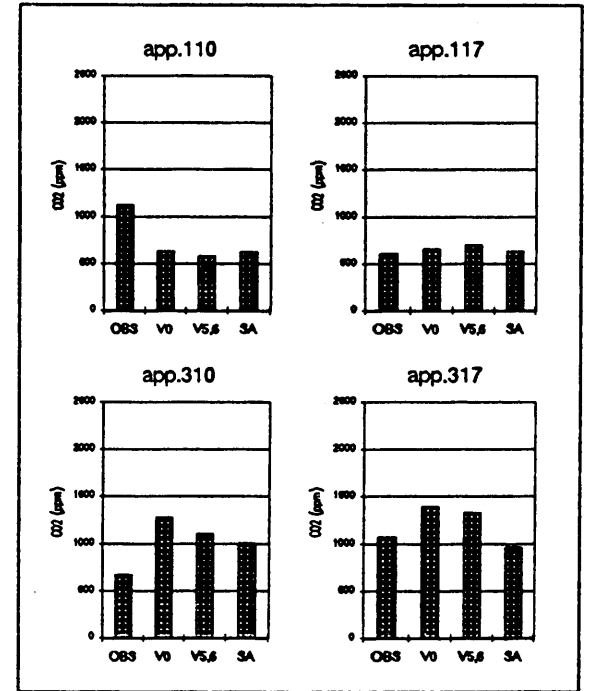
Bâtiment No 7



Bâtiment No 8



Bâtiment No 9



Bâtiment No 10

* OBS : concentration moyenne observée
 * V0 : concentration obtenue par simulation sans vent
 * V5,6 - V9,3 - V3,3 concentration obtenue par simulation avec vent de 5,6 m/s, 9,3 m/s et 3,3 m/s.

* SA : concentration obtenue par simulation sans vent et système d'alimentation d'air neuf (corridor) en marche.
 * SE : concentration obtenue par simulation sans vent et système d'évacuation central (toilettes) en marche.

4- Qualité de l'air intérieur

L'étude de la qualité de l'air visait à identifier les facteurs qui risquent de diminuer la qualité de l'air dans les logements et à évaluer les concentrations des paramètres suivants :

- Humidité relative
- Anhydride carbonique
- Formaldéhyde
- Composés organiques volatils totaux

Les résultats ont par la suite été comparés aux normes en vigueur et à la moyenne des dix bâtiments de l'étude. La comparaison de chaque bâtiment avec la moyenne avait comme objectif de classer les dix bâtiments entre-eux. Cependant il est possible que la période d'échantillonnage ait pu affecter ce classement. Le tableau général qui suit les énoncés ci-dessous présente les résultats de tous les bâtiments.

- L'humidité relative moyenne des bâtiments est de 29% et les valeurs ont fluctué entre 22% et 33%. Ces résultats sont caractéristiques à ce type de bâtiments. Le fait qu'il n'y a pas d'humidificateur explique ces valeurs pour cette période de l'année. De plus, les occupants maintiennent des températures élevées (près de 24°C) ce qui contribue à accentuer ce phénomène.
- La concentration moyenne de CO₂ est de 884 ppm et les concentrations moyennes des bâtiments variaient entre 659 et 1 105 ppm. Les résultats ont été influencés par l'étanchéité de chaque bâtiment, le nombre de fumeurs et le nombre réel d'occupants. Ces résultats sont comparables

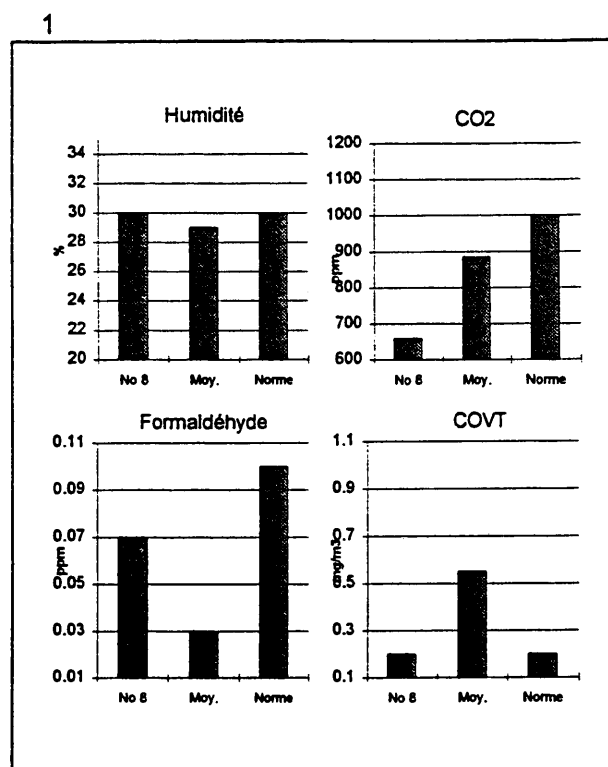
à d'autres études ^(7,8).

- Les concentrations de formaldéhyde des bâtiments fluctuaient entre 0,02 et 0,07 ppm pour une moyenne globale de 0,03 ppm. Les travaux de rénovation et l'utilisation des divers produits ont contribué à faire fluctuer les concentrations entre les logements.
- Des concentrations de COVT variant entre 0,20 et 1,02 mg/m³ ont été enregistrées et la concentration moyenne des dix bâtiments est de 0,55 mg/m³. Le taux recommandé de 0,20 mg/m³ est dépassé dans plusieurs logements, mais pour les COVT, le confort est relatif à la sensibilité des occupants.
- Lorsque le taux d'infiltration obtenu par la méthode L.B.L est réparti selon le nombre d'occupants, on obtient une moyenne de 9,82 L/s par personne. Pour chaque bâtiment les débits par personne variaient entre 17,3 et 5,6 L/s.
- La tendance suivante a été remarquée lors de l'étude. Le pourcentage d'ouverture des fenêtres est fonction du classement sur dix que chaque bâtiment a obtenu. Il ya seulement le bâtiment de Beauharnois qui ne respecte pas cette tendance. La tendance est difficilement vérifiable, mais les occupants semblent ouvrir les fenêtres pour combler un certain inconfort.
- Le pourcentage de perception des symptômes est généralement moins élevé dans les bâtiments pour retraités comparativement aux autres bâtiments. Toutefois, cette affirmation ne peut être validée, car l'état de santé de toutes les personnes n'a pas été considéré et la sensibilité à

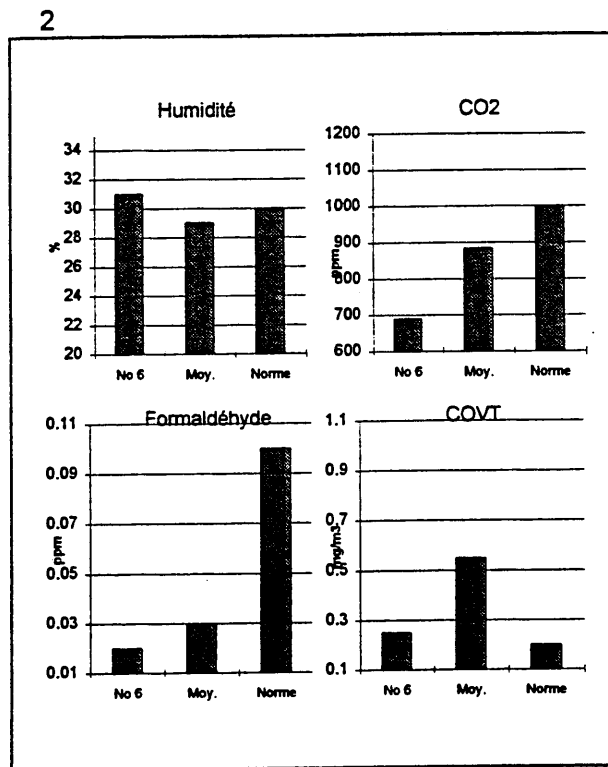
divers polluants varie d'une personne à l'autre.

- Les surfaces humides des espaces communs devraient être nettoyées et asséchées afin d'éviter la contamination bactérienne (apparition de divers symptômes). Pour ce qui est des moisissures observées dans les appartements (peu nombreuses), les résultats indiquent qu'elles sont peu nombreuses et proportionnelles à la tolérance des occupants.
- L'accessibilité limitée à certains logements, les caractéristiques spécifiques des logements et l'utilisation par les résidents de produits influençant la qualité de l'air on fait que l'effet de cheminée et l'impact des vents dominants n'ont pu être observés que dans deux bâtiments.
- Avec les résultats obtenus, on ne peut affirmer que les systèmes de pressurisation des corridors ont un impact positif sur la qualité de l'air. Sur les trois bâtiments équipés de tels systèmes, seul le "bâtiment no. 6" avait un système qui fonctionnait normalement.

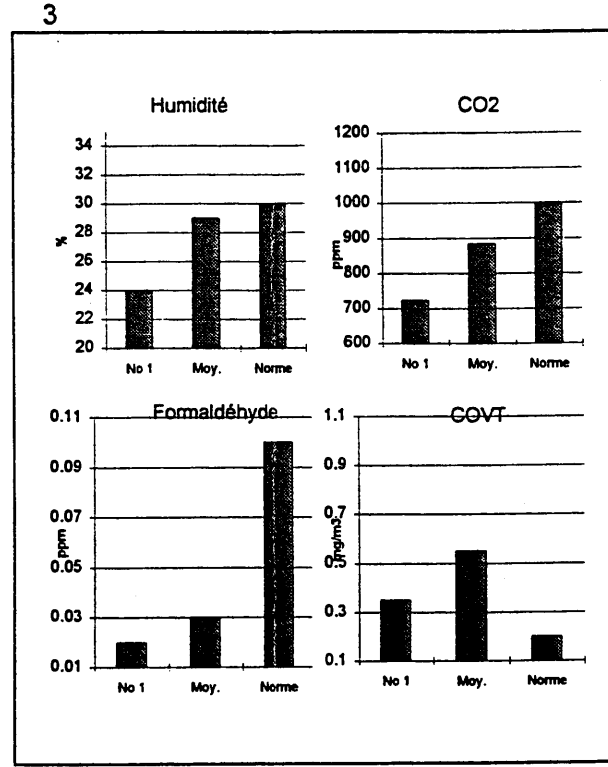
PARAMETRES DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS 10 BATIMENTS DE LA SHQ



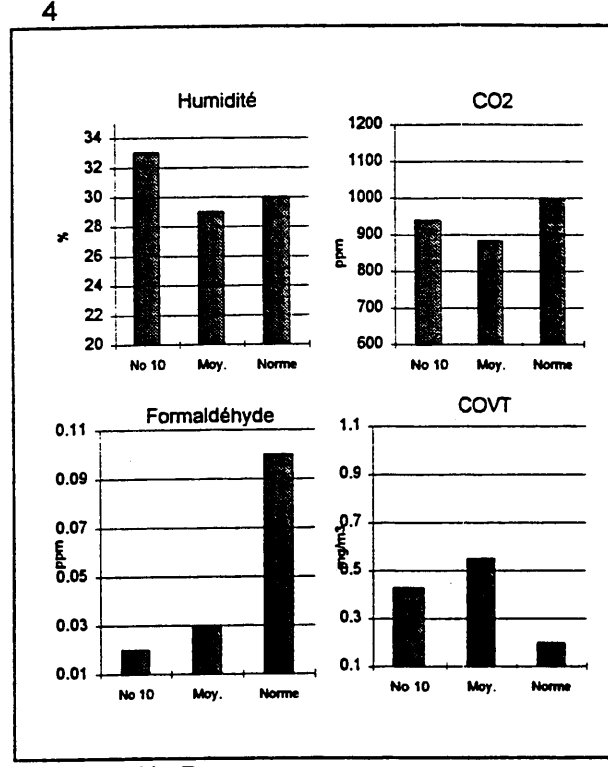
Bâtiment No 8



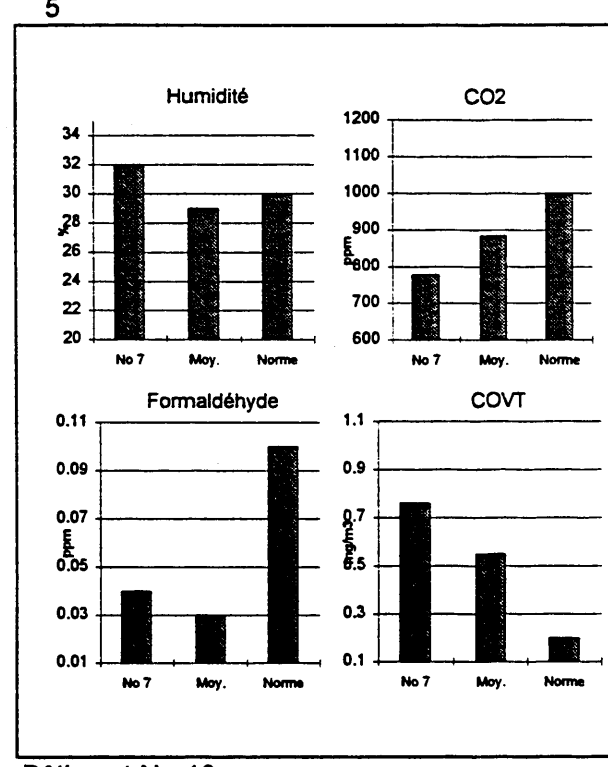
Bâtiment No 6



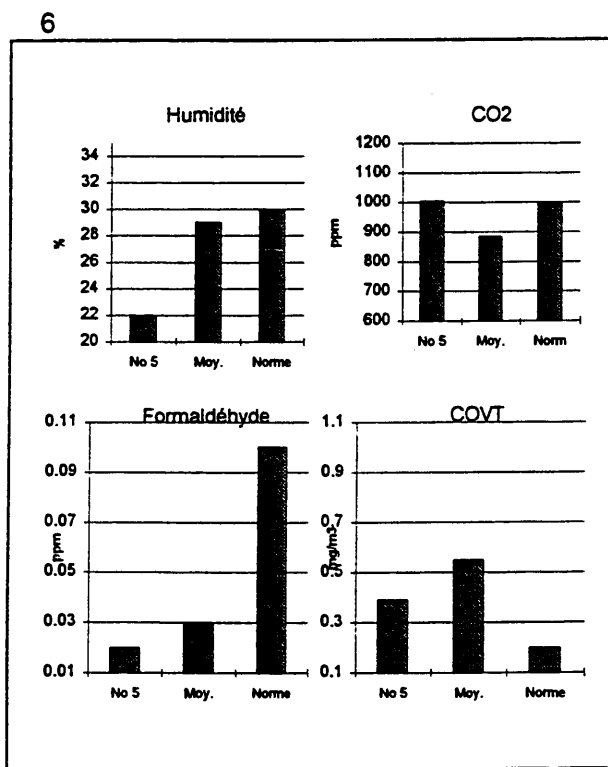
Bâtiment No 1



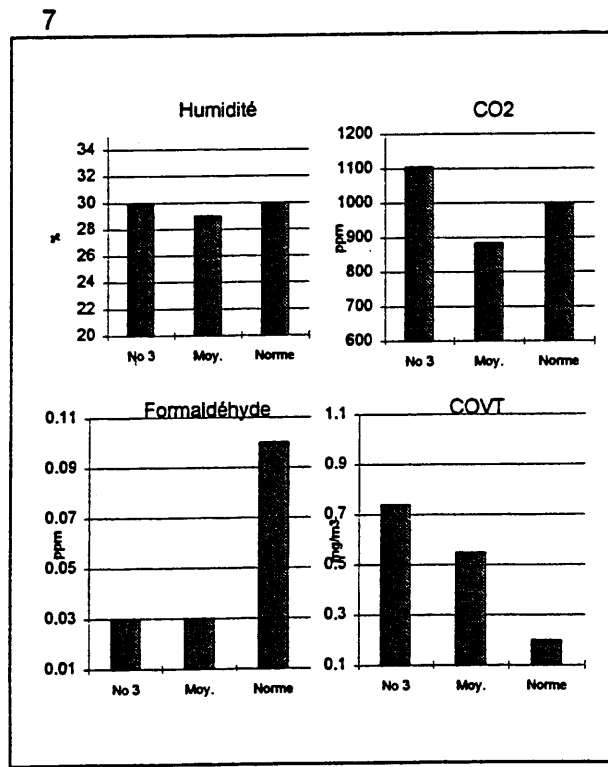
Bâtiment No 7



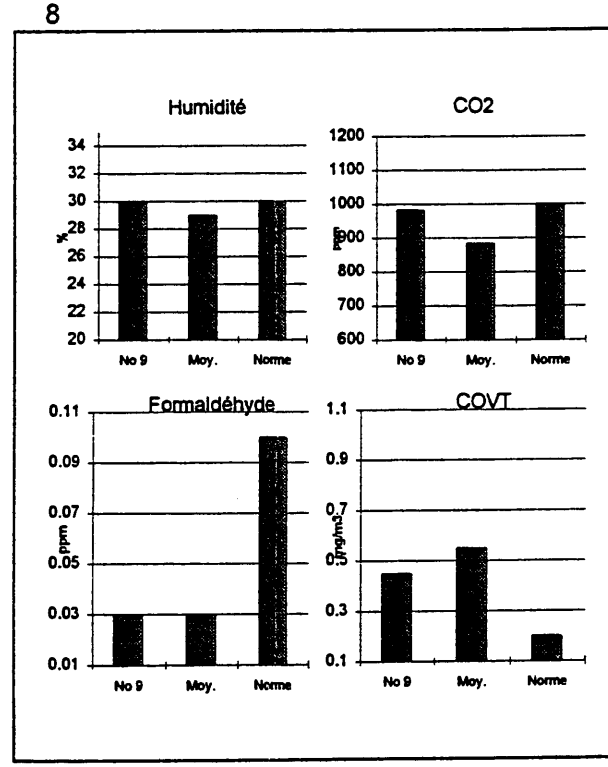
Bâtiment No 10



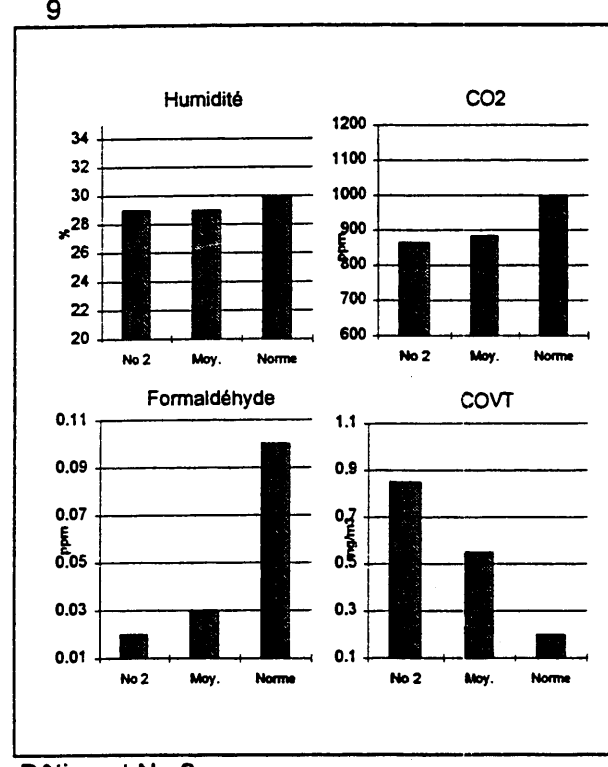
Bâtiment No 5



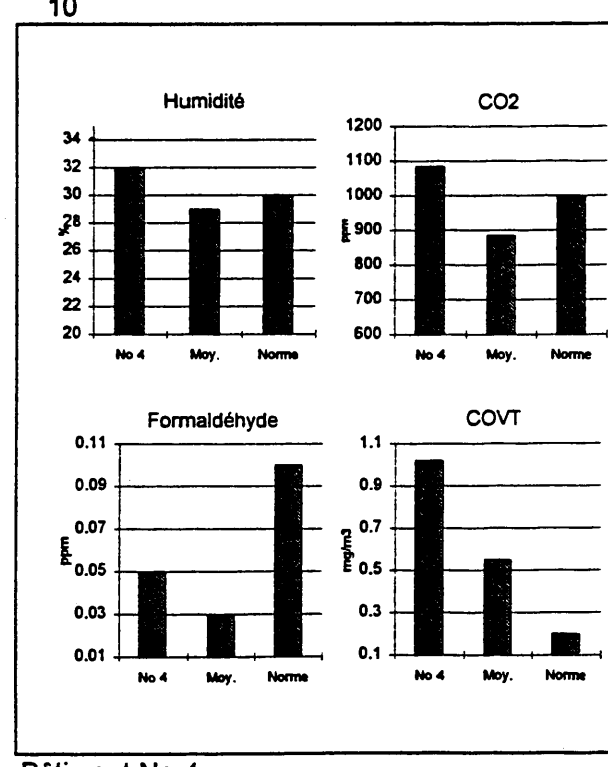
Bâtiment No 3



Bâtiment No 9



Bâtiment No 2



Bâtiment No 4

* Les bâtiments sont classés de 1 à 10. 1 représente le bâtiment avec la meilleure qualité de l'air et 10 le pire. Les paramètres ont été considérés sur une base équivalente pour ce classement.
 * Le nombre sous la première colonne de chaque graphique correspond au bâtiment.

5- Vérification énergétique

La vérification énergétique avait pour but d'identifier le bilan énergétique de chaque bâtiment sélectionné. Ce bilan devait faire mention des différents gains et pertes des bâtiments ainsi que d'identifier la distribution de l'énergie par usage. De plus, cette vérification avait comme objectif de déterminer l'impact de l'ouverture des fenêtres et de savoir si elles peuvent être maintenues fermées.

À la suite de vérification énergétique dans dix bâtiments de taille moyenne appartenant à la Société d'Habitation du Québec, les résultats démontrent que le profil des occupants affecte le bilan énergétique du bâtiment qu'ils habitent.

- Le taux d'occupation des logements était élevé, soit entre 71% et 100%. Ce facteur est directement relié à la forte consommation d'énergie par le groupe des électroménagers (en moyenne 38,7% de la consommation totale). Selon l'étude de comportements des ménagers québécois, les électroménagers consomment 26,6% de l'énergie totale. Il y a sans doute une proportionnalité entre l'occupation et l'utilisation des électroménagers.
- Les résultats démontrent que les personnes âgées consomment moins d'énergie que les autres personnes. Trois des quatre bâtiments les moins énergivores sont occupés par des gens à la retraite.
- Dans le résidentiel de petite taille, environ plus de 40% de l'énergie est consacrée au chauffage. Nous nous attendions à un taux inférieur à ce dernier et nos attentes se sont avérées juste avec un taux moyen de près de 26% pour l'ensemble des bâtiments. Cependant, le Bâtiment 5 affichait un surprenant 15,5%.
- L'évaluation des charges de base selon la température d'entrée d'eau, la période d'ensoleillement et des horaires d'utilisation est concluante.

Néanmoins, le facteur d'incertitude relié aux affirmations des occupants est important et difficilement évaluable. C'est pourquoi il serait intéressant de faire le monitoring de certains bâtiment pour raffiner le modèle.

- L'approche utilisée pour évaluer la consommation d'énergie de chauffage était en fonction des gains internes des appareils, électroménagers et autres facteurs réajustés mensuellement. Cette approche et les fluctuations obtenues entre la méthode utilisée et la normalisation des factures selon les mois d'été nous amène à dire que les mouvements d'air entre les logements et les étages ont un impact sur la charge de chauffage.
- L'évaluation de l'infiltration avec les factures et les modélisations nous permettait de savoir si l'ouverture des fenêtres avait une influence sur les coûts de chauffage (plus précis lorsque chaque logement a son compteur). Lorsque l'infiltration selon les factures était plus élevée que celle évaluée par la méthode L.B.L, l'ouverture des fenêtres occasionnaient une hausse de chauffage. Cependant, les bâtiments 2, 3, 5 et 6 ne respectent pas cette tendance, même si les occupants affirmaient ouvrir les fenêtres à plus de 55%. Il s'agit là d'une raison supplémentaire pour pousser davantage le projet vers une étude exhaustive des mouvements d'air dans quelques bâtiments.
- Les bâtiments mentionnés dans le paragraphe précédent ont des planchers de bois, ce qui devrait normalement favoriser l'effet de cheminée dans un bâtiment. Donc, il semble que l'ouverture des fenêtres affecte davantage l'équilibre entre les étages plutôt que les échanges énergétiques entre l'intérieur et l'extérieur.
- L'amélioration de l'enveloppe des bâtiments entraînerait des économies entre 116\$ et 1 300\$. Les bâtiments étudiés sont performants et de telles économies justifient difficilement cette mesure.

- Pour tous les bâtiments, l'étanchéisation n'a pas été recommandée. Les raisons sont les suivantes :

La norme ASHRAE recommande un minimum de 0,35 changement d'air par heure et les taux de CAH par la méthode L.B.L ont tous été inférieurs.

Selon la méthode de modélisation, nous avons obtenu des taux d'infiltration (avec ouverture de fenêtres) supérieur à 0,35 pour certains bâtiments. Cependant, lorsqu'il a été possible de distribuer les CAH par étage, il y avait toujours un étage qui n'avait pas le taux minimum. Par le fait même, il est difficile de recommander des travaux d'étanchéisation ou même de fermer les fenêtres.

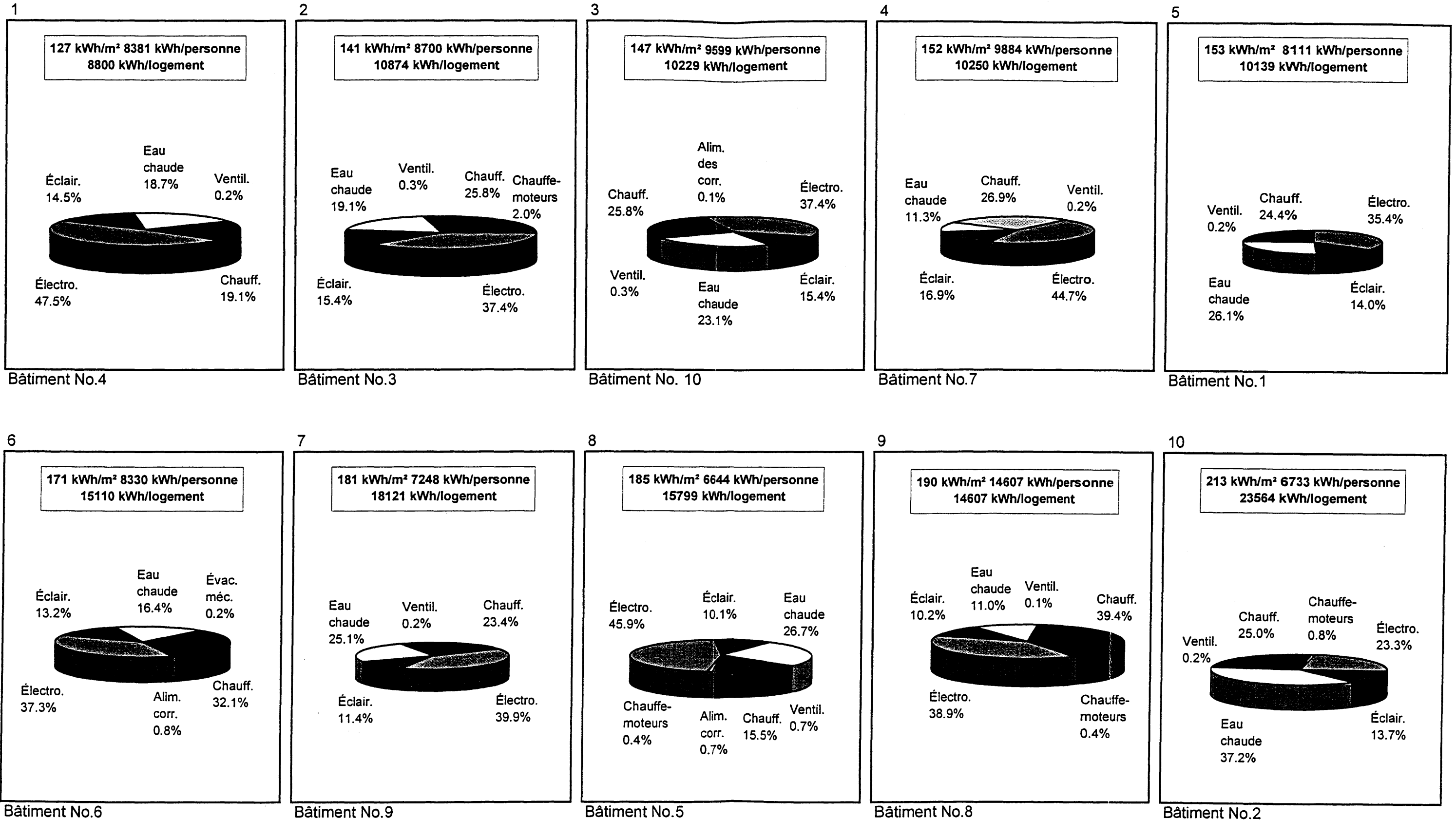
- Finalement, avant de pouvoir prendre une décision définitive à savoir si il faut fermer les fenêtres en période de chauffage, il faut :

S'assurer que les équipements (ventilateurs et évacuateurs) en place peuvent fournir les débits d'air frais suffisants et à des coûts moindres (analyse plus poussée du mouvement d'air et modélisation pour l'impact des coûts).

Être assuré que la qualité de l'air sera maintenue dans les bâtiments où il serait possible de garder les fenêtres fermées.

Le tableau qui suit fait la synthèse des résultats et présente un classement selon la performance énergétique.

CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE DANS 10 BÂTIMENTS DE LA SHQ



* Les bâtiments sont classés de 1 à 10. 1 représente le bâtiment avec la plus faible consommation énergétique par mètre carré et 10 la plus élevée.

1- Objective

Mid- and high-rise multiple-unit residential buildings account for a large proportion (56%) of the total number of homes in Quebec and possibly the same percentages in other Canadian provinces.

Mid-rise residential buildings form part of an attached housing group for which ventilation requirements are imprecise. Some buildings do not have ventilation systems, while others are equipped with individual or centralized exhaust systems that are sometimes combined with fresh air intake systems that ensure distribution to common corridors.

A behaviour analysis of such buildings revealed that there are considerable energy consumption differences and that these differences exist even in cases of very similar constructions. Major energy consumption differences were also noted among various housing units within the same building.

The objective of this study is therefore to attempt to bring in some new elements that would lead to a better understanding of the natural or mechanical ventilation phenomena in mid-rise residential buildings and identify their potential for improvement in the area of energy efficiency.

The research and analysis were performed in 10 mid-rise residential buildings owned by the Société d'habitation du Québec (SHQ). These buildings were selected based on specific criteria (type of occupants, type of construction, production and distribution of household hot water, exhaust system, ventilation system, etc.) in order to provide the full diversity required for a better identification of the phenomena.

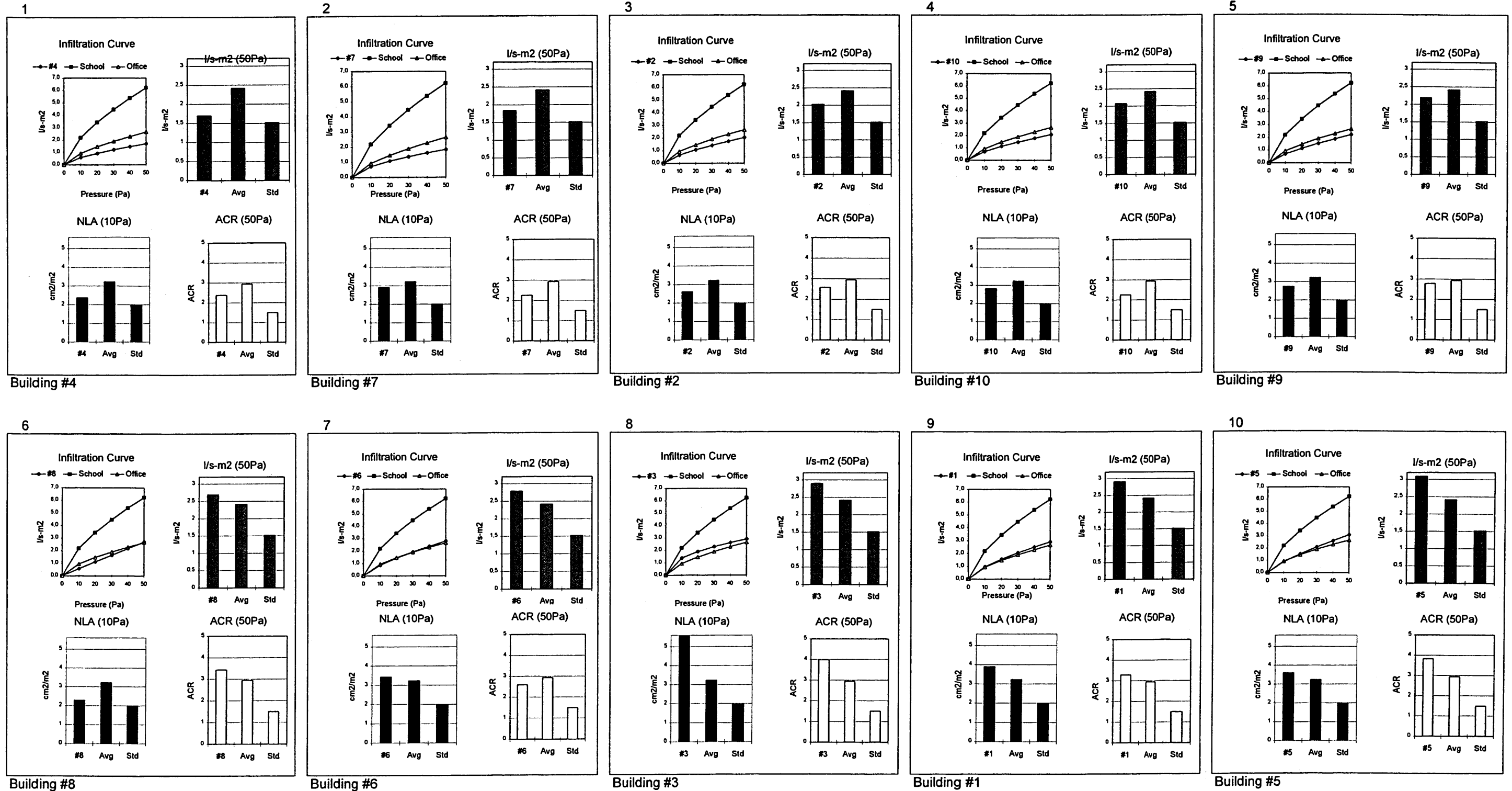
In addition to a general description of the various characteristics of each building, the report provides information on each of the main parts of the analysis: airtightness, air flow, indoor air quality and energy audit.

2- Airtightness

The first step in analyzing the ventilation and energy consumption in housing consisted in evaluating airtightness in building envelopes. This evaluation was done in compliance with the CAN/CGSB 149.10-M86 protocol.

Due to the size of the buildings, the protocol was amended to allow for the use of several depressurization fans simultaneously. The accuracy of the results demonstrated that this method is perfectly acceptable for this type of building. The presence of wind during the tests could result in a larger error than any potential error caused by the use of several fans.

ENVELOPE AIRTIGHTNESS PARAMETERS IN 10 SHQ-OWNED BUILDINGS



* The buildings were ranked from 1 to 10; 1 represents the building with the best airtightness and 10, the worst (on the basis of a normalized infiltration rate at 50 Pa).

* The number under the first column in each graph corresponds to the building.

* The standard for "I/s-m2 (50Pa)" and "ACR (50Pa)" is C-2000; the standard for "NLA (10Pa)" is the Energy Code.

A review of many reference documents shows that previous research results have been presented in a wide variety of formats. The analytical methodology of the other research projects must be taken into account for any comparison with results of this study. To facilitate such comparisons, it was agreed that the results would be presented in various formats.

The following table provides an overview of the airtightness evaluation on the 10 buildings.

The graphs in the upper left-hand corner present the infiltration curves for each building, as measured during the tests. The curves are compared with the average curve for two other construction types: schools and high-rise office buildings. The data for these two building types was drawn from an article by C.Y. Shaw of the National Research Council, which appeared in the March 1981 issue of the ASHRAE Journal.

The graphs in the upper right-hand corner show a comparison of the normalized infiltration rate at 50 Pa. The reference standard used is that which was proposed for C-2000 constructions.

The graphs in the lower left-hand corner compare the normalized equivalent leakage areas of the buildings. The order of the buildings would be different if this were the only criterion used. The reference standard is based on the building requirements set out in the National Energy Code for Houses 1995.

Finally, the graphs in the lower right-hand corner provide an indication of the air change rate at 50 Pa (ACR-50). The reference standard here is that required for C-2000 constructions.

An analysis of the results yields the following comments:

- The airtightness of the buildings fares well when compared to the results of studies that date back over six years, but it is very similar to that encountered in more recent studies (Evaliso).
- When compared to the new airtightness standards, all 10 buildings present deficiencies.
- The normalized infiltration rate ($l/s\text{-}m^2$) deviates substantially from the NBC-1995 requirements for building airtightness systems ($0.15\ l/s\text{-}m^2$ at 75 Pa or $0.10\ l/s\text{-}m^2$ at 50 Pa).
- Given that the use of mechanical ventilation systems will soon be recommended, the building envelopes should be much more airtight. From this standpoint, the airtightness of all 10 buildings should be improved.
- The normalized equivalent leakage area (NLA) is a comparison criterion that more adequately represents the airtightness of buildings when they are subject to natural phenomena (winds, stack pressure). This criterion changes the order of the buildings because it is calculated based on the infiltration curve. A very large

difference will be noted between buildings #3 and #7 using this comparison criterion.

The principal recommendations are set out below:

- The construction of new buildings of this type will have to comply with the requirements of the new airtightness standards. "Natural ventilation" will be replaced by mechanical ventilation.
- In the medium term, all 10 buildings should be improved in order to meet the construction requirements (greater airtightness, mechanical ventilation).
- When similar constructions are built, airtightness tests should be required. Such tests are easy to perform with the use of several depressurization fans simultaneously.
- It should be noted that the test results are less accurate when the wind speed exceeds 10 km/hr.
- The presentation of airtightness test results should be standardized in order to prevent the data from being manipulated when such results are compared.

3- Air Flow

In order to meet the objectives of this study, the air flow analysis may be considered as one of its principal parts, if not its most important.

By modelling the behaviour of buildings when they are subject to wind and stack pressure, as well as when they are equipped with a mechanical ventilation system, all the air flows that will influence the indoor level of ventilation can be estimated within an acceptable degree of accuracy.

The ventilation rate evaluation was based on the balanced concentration of CO₂, which is attained when it is produced at a fixed rate and when the space is subject to a constant ventilation rate. The simulation model is validated by comparing the CO₂ concentration readings with the modelling calculation results.

The table below presents a summary of the main results of the modellings. They may be compared with the CO₂ concentration readings taken in the housing units.

The modellings were performed in the following conditions:

Case #1: Stack Pressure Only

- Wind speed : 0 m/s
- Exterior temperature : -10°C
- CO₂ production : 0.005 l/s (per housing unit)
- Ext. CO₂ concentration : 350 ppm

Case #2: Windy Conditions

- Wind speed : 5.6 m/s
- Direction : west
- A₀ Factor : 0.6 (suburbs)
- Exterior temperature : -10°C
- CO₂ production : 0.005 l/s (per housing unit)
- Ext. CO₂ concentration : 350 ppm

Note: For certain buildings, simulations were also performed with wind speeds of 3.3 m/s and 9.3 m/s.

Case #3: Ventilation Systems (buildings #5, #6, #9 and #10)

- Wind speed : 0 m/s
- Exterior temperature : -10°C
- CO₂ production : 0.005 l/s (per housing unit)
- Ext. CO₂ concentration : 350 ppm
- Ventilation
 - Building #5 : 250 l/s (intake into the corridors)
 - Building #6 : 990 l/s (intake into the corridors)
 - Building #9 : 288 l/s (central exhaust)
 - Building #10 : 600 l/s (intake into the corridors)

An analysis of the results yields the following comments:

- "Natural" ventilation is insufficient if there are little or no phenomena controlling it. This statement is especially relevant in the case of low-rise buildings.
- The distribution of the openings in a building envelope considerably affects "natural" ventilation.
- The wind makes "natural" ventilation quite random. Some housing units are overventilated, while others have too little ventilation.
- Individual kitchen hood or bathroom exhaust systems are underused and contribute only marginally to the ventilation of the housing units. In fact, the flows measured for certain buildings indicate that approximately 30% of the desired nominal flow is evacuated.
- Central air intake systems into the corridors produce better results than central exhaust systems. They help improve air changes in the housing units where ventilation is deficient.

- Central ventilation systems produce better results if they are not influenced by natural phenomena (stack pressure and wind).
- In general, basement units are not as well ventilated (e.g. unit 444 in building #7 and unit 102 in building #5).

The principal recommendations are set out below:

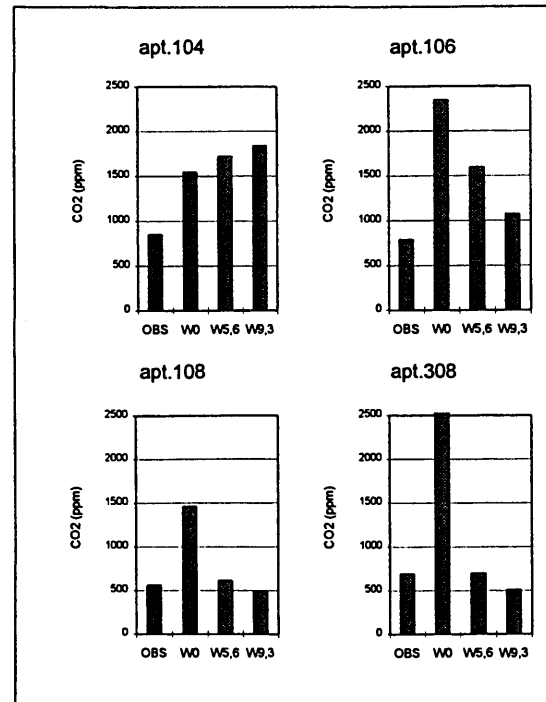
- New constructions will have to be built with airtight envelopes and be equipped with ventilation systems for every unit. This will eliminate the influence of natural phenomena on the ventilation systems.
- In order to limit stack pressure, floors will have to be as airtight as possible. This will also improve fire safety in the building.
- If "natural" ventilation is considered, ducts with roof vents are absolutely essential.
- In the case of a less airtight building, a central intake system into the corridors is more effective than a central exhaust system.
- Additional research is required to collect more data on wind pressure.
- Further research is also necessary to distinguish all the elements involved in air transfers through a building's envelope and interior partitions.
- The use of a tracer gas should provide greater accuracy to validate the air flow modelling calculations.
- The "ACR-nat" concept produces very approximate results for multiple-unit residential buildings.
- The use of modelling software must be encouraged for the study of indoor air flows.

4- Indoor Air Quality

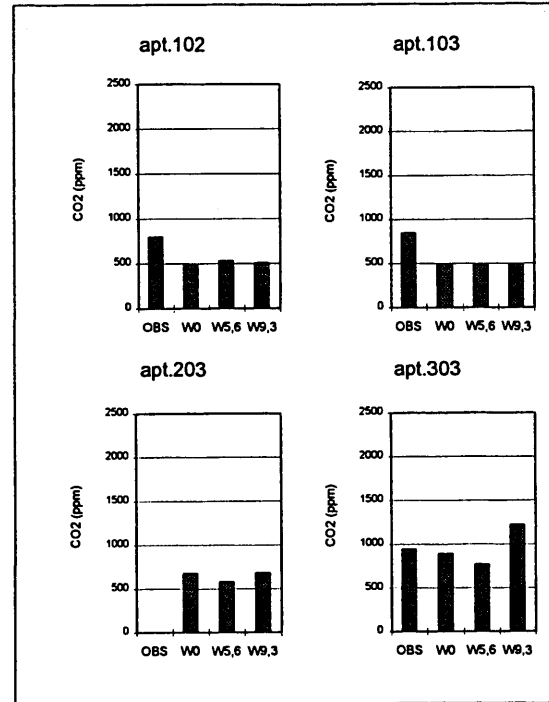
The purpose of the air quality study was to identify the factors that could diminish indoor air quality and evaluate the concentrations of the following parameters:

- Relative humidity
- Carbon dioxide
- Formaldehyde
- Total volatile organic compounds (TVOC)

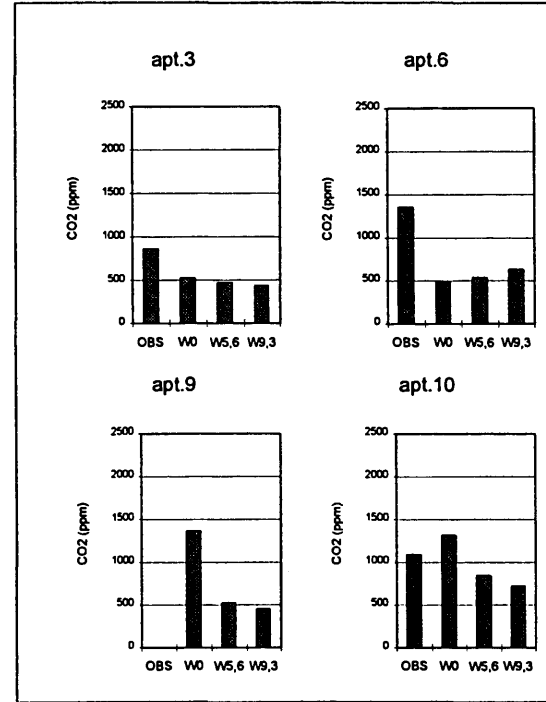
AIR FLOW CHARACTERIZATION BY CO2 CONCENTRATION IN 10 SHQ-OWNED BUILDINGS



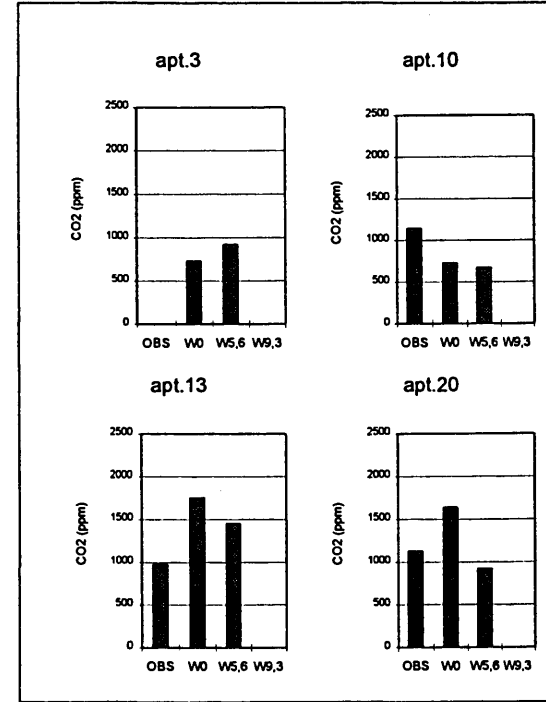
Building #1



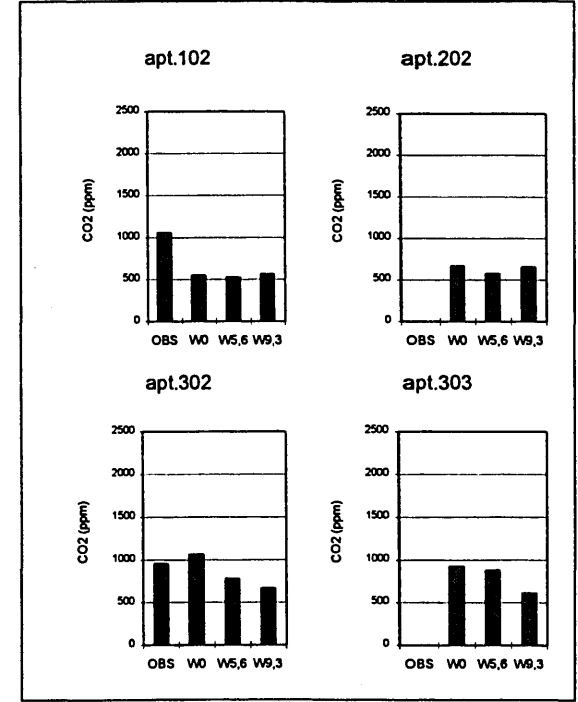
Building #2



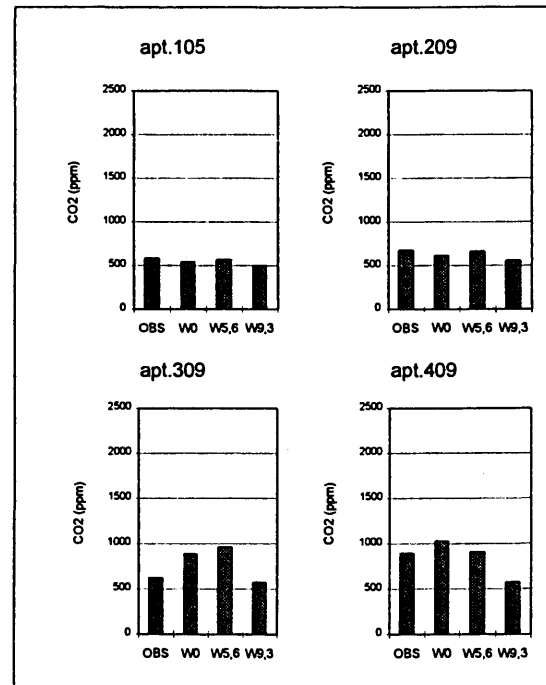
Building #3



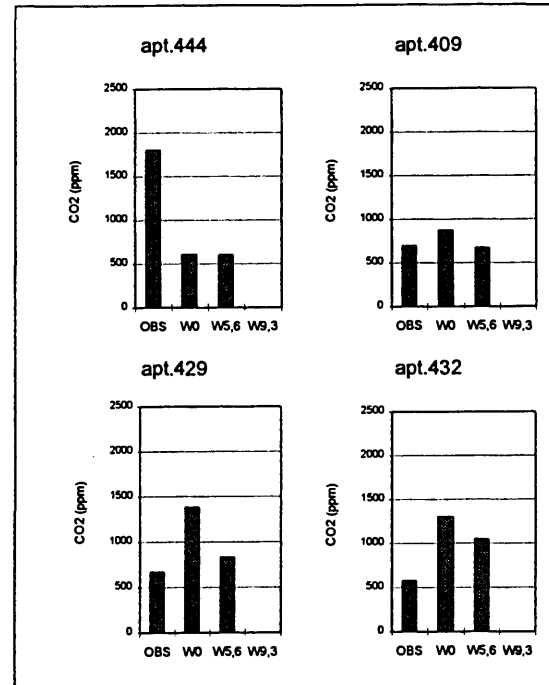
Building #4



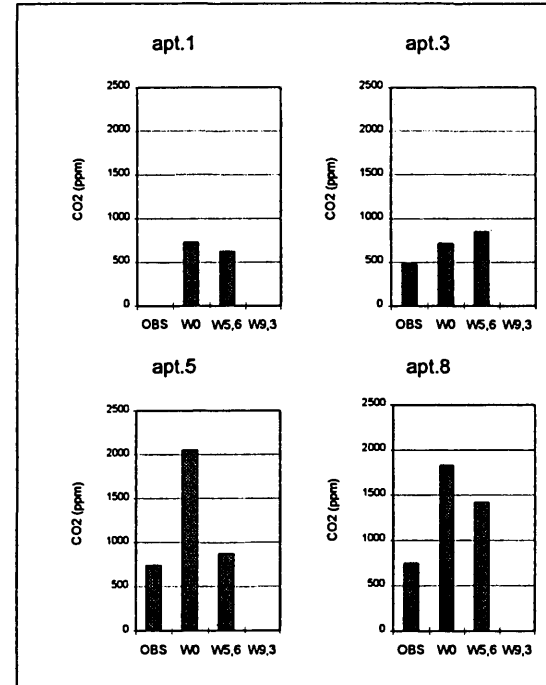
Building #5



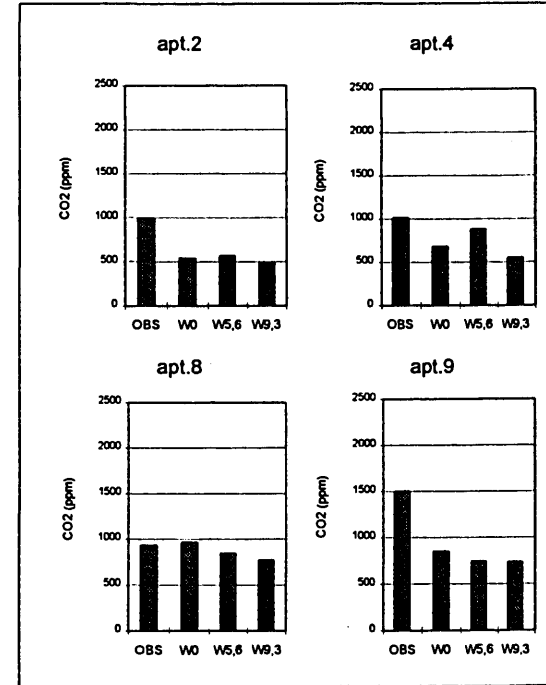
Building #6



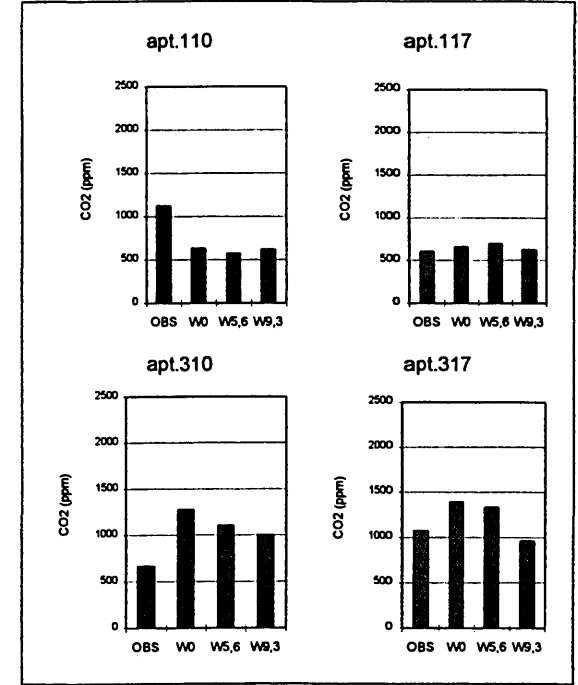
Building #7



Building #8



Building #9



Building #10

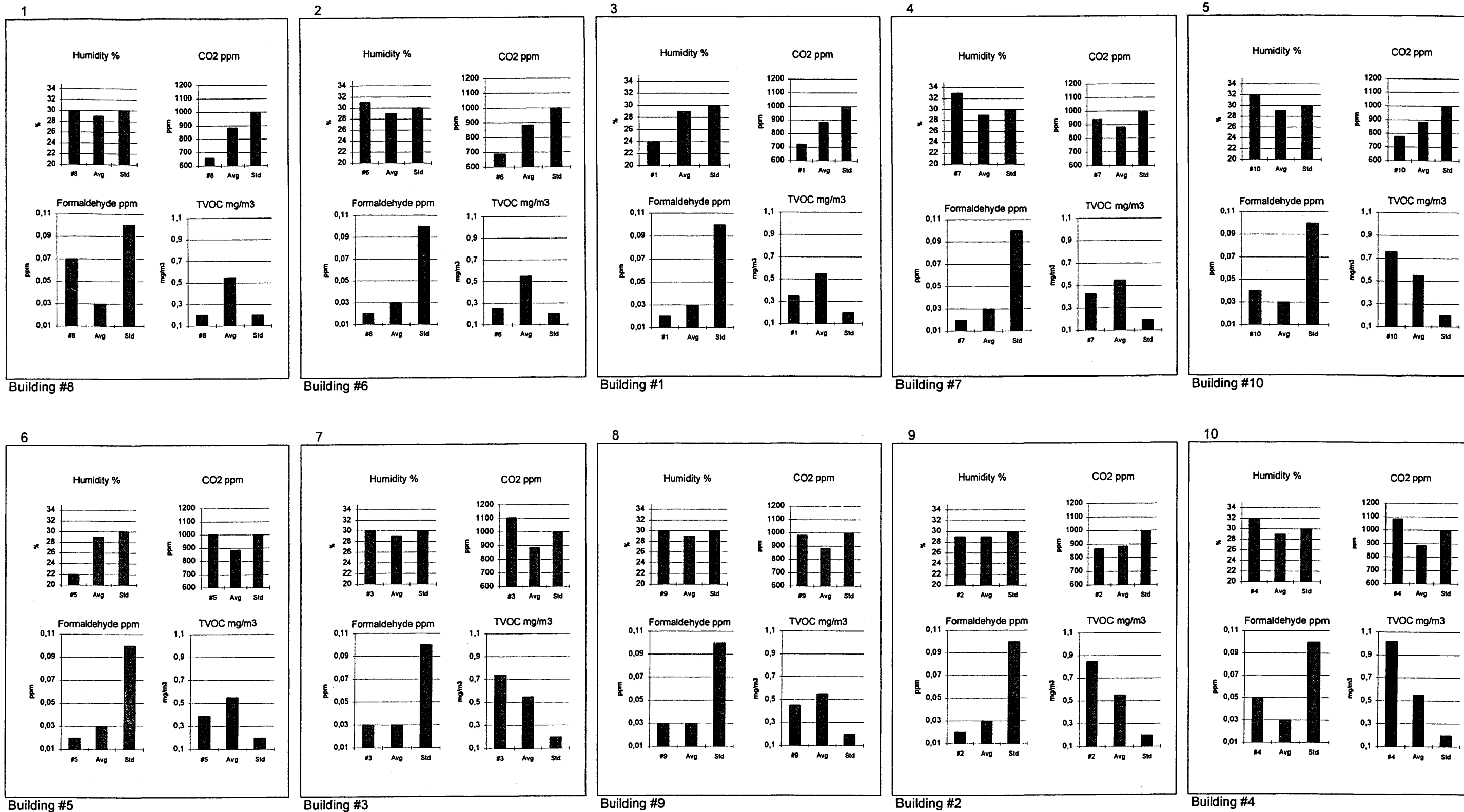
* OBS : average concentration observed
 * W0 : concentration obtained from simulation with no wind
 * W5,6 - W9,3 - W3 concentration obtained from simulation with winds of 5.6 m/s, 9.3 m/s and 3.3 m/s

* SA : concentration obtained from simulation with no wind and fresh air intake system (corridor) working
 * SE : concentration obtained from simulation with no wind and central exhaust system (toilets) working

The results were subsequently compared to current standards and to the average for the 10 buildings in the study. The comparison of each building with the average was done to classify the buildings amongst themselves; however, the sampling period may have affected this classification. The following general table and the statements set out below present the results for all the buildings.

- The average relative humidity of the buildings was 29% and the values fluctuated between 22% and 33%. These results are characteristic of buildings of this type. The fact that there were no humidifiers accounts for these values for that time of the year. In addition, the occupants maintain high temperatures (nearly 24°C), further contributing to this phenomena.
- The average CO₂ concentration was 884 ppm and the average concentrations in the buildings varied from 659 and 1,105 ppm. The results were influenced by the airtightness of each building, the number of smokers and the actual number of occupants. These results are comparable to those of other studies^(7,8).
- Formaldehyde concentrations in the buildings fluctuated between 0.02 and 0.07 ppm for an overall average of 0.03 ppm. Renovations and the use of various products were some of the factors that caused the concentrations to fluctuate among the housing units.
- TVOC concentrations ranging from 0.20 to 1.02 mg/m³ were recorded and the average concentration for the 10 buildings was 0.55 mg/m³. The recommended rate of 0.20 mg/m³ was exceeded in several units but, in the case of TVOCs, the level of comfort depends on the sensitivity of the occupants.
- When the infiltration rate obtained by the LBL(?) method is divided among the number of occupants, the average is 9.82 L/s per person. For each building the flows per person varied between 17.3 and 5.6 L/s.
- The following trend was observed during the study. The percentage of open windows varied with the ranking out of 10 obtained by each building. The building in Beauharnois was the only one that did not follow this trend. This trend is difficult to verify, but it would seem that the occupants open windows to make up for a certain degree of discomfort.
- The percentage of perception of symptoms was generally lower in the retirement homes than in the other buildings. This statement cannot be verified, however, as the state of health of all the persons involved was not considered, and sensitivity to various pollutants varies from one person to another.
- Moist surfaces in the common areas should be cleaned and dried in order to prevent bacterial contamination (appearance of various symptoms). As for the mold observed in the apartments (very little), the results indicate that there is very little mold and that it was proportional to the level of tolerance of the occupants.

AIR QUALITY PARAMETERS IN 10 SHQ-OWNED BUILDINGS



* The buildings were ranked from 1 to 10; 1 represents the building with the best air quality and 10, the worst. The parameters were considered on an equivalent basis for this ranking.
 * The number under the first column in each graph corresponds to the building.

- Limited accessibility to certain housing units, the specific characteristics of the units and the residents' use of products affecting air quality were such that stack pressure and prevailing wind impacts could only be observed in two buildings.
- With the results obtained, it cannot be ascertained that corridor pressurization systems have a positive impact on air quality. Out of three buildings equipped with such systems, only building #6 had a system that functioned normally.

5- Energy Audit

The purpose of the energy audit was to identify the energy results in each of the selected buildings. These results should indicate the different gains and losses of the buildings and identify the distribution of energy by usage. This audit was also aimed at determining the impact of opening windows and finding out if they could be kept closed.

Following energy audits in 10 SHQ-owned mid-rise buildings, the results show that the profile of the occupants has an impact on the energy results of the buildings in which they live.

- The rate of unit occupancy was high: between 71% and 100%. This factor is directly related to the large consumption of energy in the appliances category (an average of 38.7% of total consumption). According to the study on the behaviours of Quebec households, appliances consume 26.6% of total energy. A proportional relationship undoubtedly exists between occupancy and appliance use.
- The results show that seniors consume less energy than other people. Three of the four buildings with the lowest energy consumptions are occupied by retirees.
- In small residential buildings, over 40% of the energy is consumed by heating. We were expecting a lower rate, and our expectations turned out to be right as the average rate for all the buildings was close to 26%. Building #5, however, posted a surprising rate of 15.5%.
- The assessment of the charges based on incoming water temperature, hours of sunshine and periods of use is conclusive. Still, the uncertainty factor related to the assertions of the occupants is important but difficult to evaluate. This is why it would be interesting to monitor certain buildings in order to refine the model.
- The approach used to evaluate heating energy consumption was based on the internal gains of electrical appliances and other factors adjusted on a monthly basis. This approach and the fluctuations obtained between the method used and the normalization of invoices for the summer months suggest that air flows between the housing units and the storeys have an impact on the heating charge.

- The infiltration evaluations using the invoices and the modellings enabled us to find out if opening the windows had an impact on heating costs (more accurate when each unit has its own meter). When infiltrations based on the invoices were higher than those evaluated using the LBL method, opening the windows resulted in an increase in heating. Buildings #2, #3, #5 and #6 did not follow this trend, however, even though over 55% of the occupants asserted that they opened their windows, making for an additional reason to further direct the project towards a comprehensive study of air flows in a few of the buildings.
- The buildings mentioned in the preceding paragraph have wooden floors, and this normally favours stack pressure in a building. It would therefore seem that opening the windows has a greater impact on the balance between the storeys than on the energy exchanges between inside and outside.
- Improvements to the building envelopes would lead to savings of \$116 to \$1,300. The buildings reviewed perform well, and such savings would hardly justify these improvements.
- For all the buildings, airtightening is not recommended. The reasons are set out below:

The ASHRAE standard recommends a minimum hourly air change rate of 0.35 and the ACRs obtained using the LBL method were all lower.

With the modelling method, we obtained infiltration rates (with opening of windows) over 0.35 for certain buildings; however, where it was possible to distribute the ACRs by storey, there was always one storey that did not have the minimum rate. It would therefore be difficult to recommend that airtightening work be performed or even that the windows be kept closed.

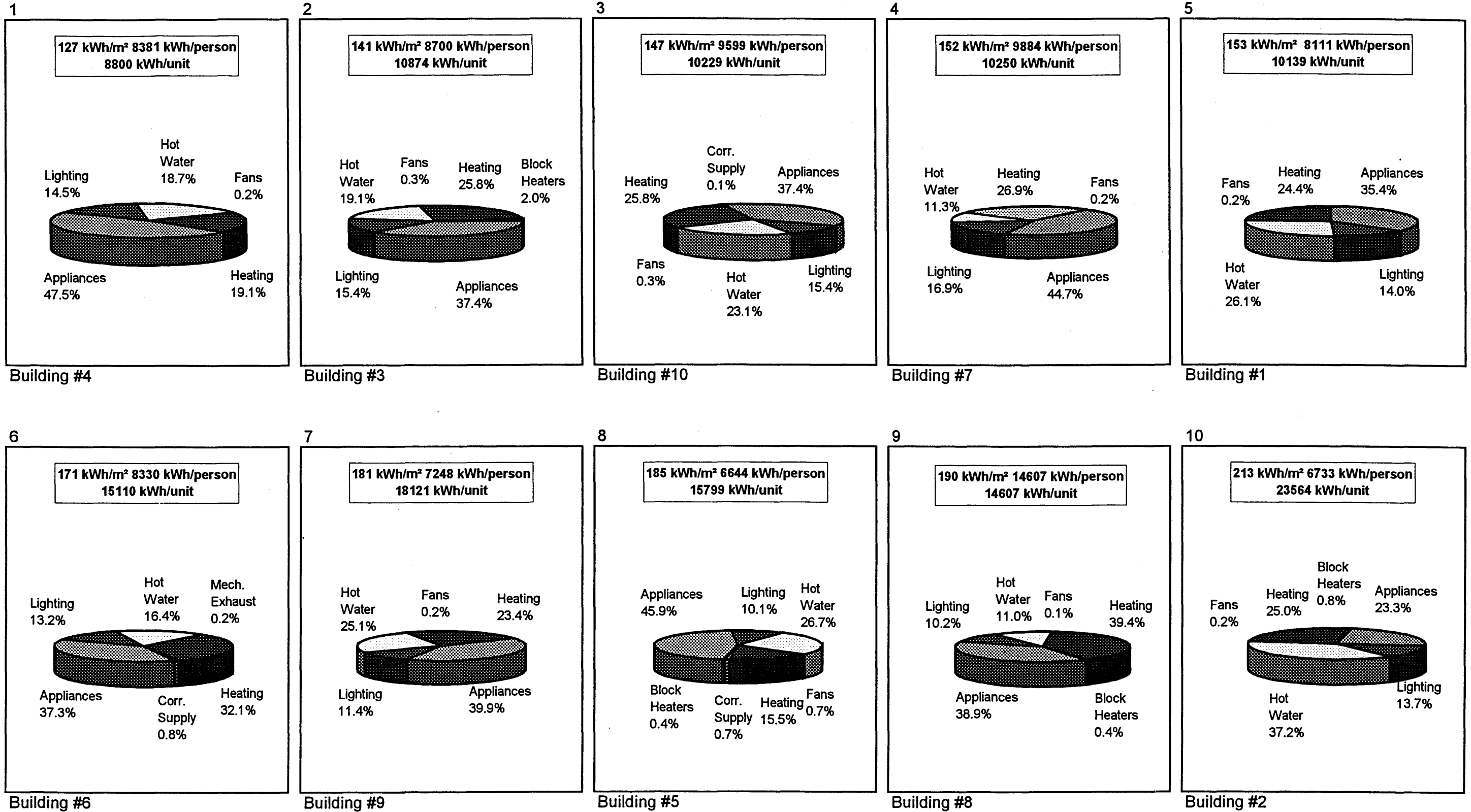
- Lastly, before making a final decision on whether the windows should be kept closed during the heating months, the following must be ensured:

that the equipment (fans and vents) in place can provide sufficient fresh air flows at lower costs (further analysis for air flows and modelling for impact on costs); and

that air quality will be maintained in the buildings where it would be possible to keep the windows closed.

The following table summarizes the results and presents the buildings ranked in order of energy performance.

ENERGY CONSUMPTION IN 10 SHQ-OWNED BUILDINGS



* The buildings were ranked from 1 to 10; 1 represents the building with the lowest energy consumption per square meter and 10, the highest.



**Helping to
house Canadians**

**Question habitation,
comptez sur nous**

National Office

Bureau national

700 Montreal Road
Ottawa, Ontario
K1A 0P7

700 chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7

Since a limited demand for this research document has been anticipated, only a summary of its contents has been translated.

If there is a significant demand for this report CMHC will proceed with translation.

By completing and returning this form you will help us to determine if there is a significant demand for this report in English. Mail the completed form to:

The Canadian Housing Information Centre
Canada Mortgage and Housing Corporation
C1-200
700 Montreal Road
Ottawa, Ontario
K1A 0P7

REPORT TITLE: _____

I would prefer to have this report made available in English.

NAME _____

ADDRESS _____
Street _____ Apt. _____

_____ **City** _____ **Province** _____ **Postal Code** _____

TELEPHONE () _____

TEL: (613) 748-2000

Canada Mortgage and Housing Corporation

Société canadienne d'hypothèques et de logement



La crise de l'énergie qui s'est fait sentir au cours des années 70 a provoqué une remise en question de nos habitudes de vie face à cette réalité que les ressources énergétiques ne sont pas inépuisables.

Dans le domaine de l'immobilier, on s'est aperçu qu'il y avait des écarts considérables de consommation énergétique entre des bâtiments pourtant très semblables. Les pressions exercées par une éventuelle rareté des sources d'approvisionnement en énergie ont amorcé des changements importants dans la conception des nouveaux bâtiments. On a même créé des prototypes des habitations de l'avenir où les besoins énergétiques pouvaient être diminués de plus de 70%.

Des améliorations importantes ont été apportées à l'étanchéité des fenêtres et à leur résistance thermique, à la résistance thermique des murs, à l'étanchéité des portes et à leur résistance thermique, à l'efficacité énergétique des appareils de chauffage, à l'efficacité énergétique des principaux appareils ménagers, etc.

Dans le domaine résidentiel, une plus grande étanchéité ne peut qu'entraîner une diminution significative de la ventilation naturelle d'une habitation. Malgré tous les éléments motivant une démarche vers l'efficacité énergétique, certains groupes se sont interrogés sur l'impact d'une diminution considérable de la ventilation des bâtiments.

Les craintes concernant l'incidence d'une mauvaise ventilation sur la qualité de l'air intérieur sont d'autant plus justifiées qu'on utilise de plus en plus des matériaux et des produits de construction dont la teneur en composantes chimiques et sa répercussion sur la santé sont la plupart du temps sous-évaluées.

Ces inquiétudes concernant la qualité de l'air ont fait qu'au cours des dernières années nous avons assisté à un développement accéléré de toute une panoplie d'appareils et de critères d'évaluation des conditions environnementales intérieures. C'est une science nouvelle qui est en plein développement.

Dans le contexte actuel, certains groupes d'individus exigent une plus grande ventilation des immeubles malgré son impact direct sur leur consommation énergétique. Ils fondent leur argumentation sur le fait qu'on pourrait croire à une plus grande disponibilité des différentes sources d'énergie en raison d'une baisse passagère dans leurs coûts d'approvisionnement. Toutefois, un autre élément est venu plus récemment s'ajouter à la complexité du problème. Une forte consommation d'énergie entraîne inévitablement des rejets dans l'atmosphère dont les conséquences commencent à peine à être considérées sérieusement.

Tout organisme qui fait preuve de conscience sociale doit donc évaluer tous les éléments du problème et le meilleur moyen de trouver un juste équilibre est de mieux comprendre le rôle de chacun pour assurer une qualité de vie acceptable à l'ensemble de la collectivité.

C'est en poursuivant cet objectif que quatre organismes se sont réunis pour financer cette étude.

- La Société canadienne d'hypothèques et de logement
- La Société d'habitation du Québec
- Hydro-Québec
- Le Ministère des ressources naturelles

Il s'agit d'une enquête sur le terrain portant sur l'étanchéité à l'air, le mouvement de l'air et la qualité de l'air dans les bâtiments résidentiels de moyenne taille et la vérification énergétique de ces bâtiments.

1.0 INTRODUCTION

En ayant recours à des appareils sophistiqués permettant les relevés et l'analyse des contaminants, en utilisant la plus récente méthodologie pour la caractérisation de l'étanchéité et des mouvements de l'air et finalement en utilisant les outils les plus modernes pour la modélisation des bâtiments, cette étude a permis de recueillir une quantité impressionnante de données. Les informations qu'on peut en tirer permettront certainement de mieux comprendre les différents phénomènes qui peuvent perturber l'usage des bâtiments résidentiels de moyenne taille.

Pour chacun des organismes, les objectifs de l'étude n'étaient pas les mêmes et étaient les suivants:

Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL)

Les résultats d'études menées par la SCHL sur les petits bâtiments (maison unifamiliale) et les tours d'habitation permettent de présumer que les immeubles d'appartements de moyenne taille pourraient également présenter des problèmes de ventilation, de qualité d'air, d'humidité et d'économie d'énergie.

Les bâtiments de moyenne taille se situent dans un groupe mitoyen dont les exigences en matière de ventilation sont imprécises et souvent laissées à la discrétion du concepteur.

En effet, les petits bâtiments (maisons) doivent être équipés d'une installation de ventilation mécanique qui doit répondre aux exigences de la partie 9 du Code National du Bâtiment (CNB). Cette exigence réfèrera probablement à l'avenir à la norme CSA F-326. Pour leur part, les tours d'habitation sont en général équipées d'installations centrales de ventilation. Ces installations doivent respecter les exigences de la partie 6 du CNB qui réfèrent aux normes acceptées

de conception dont celles de l'American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE).

Les bâtiments de moyenne taille ne sont pas tous dotés d'installations centrales de ventilation et d'apport d'air neuf dans les corridors. Les odeurs constituent un problème d'importance dans certains bâtiments, et on soupçonne également ces immeubles d'offrir une qualité de l'air intérieur médiocre.

Les bâtiments de moyenne taille sont conçus de telle sorte que le renouvellement d'air se fait principalement grâce aux fuites d'air. Ils sont donc beaucoup moins étanches et éconergiques que les habitations individuelles. On croit donc que les fuites d'air à travers les murs extérieurs, d'un logement à l'autre et en direction ou en provenance des retraits techniques sont très répandues. Les occupants se plaignent souvent des fluctuations de température. C'est là un signe que les installations mécaniques ne maîtrisent pas bien les mouvements de l'air à l'intérieur de ces bâtiments et que ces derniers gaspillent beaucoup d'énergie.

A l'heure actuelle, la SCHL dispose de très peu d'information sur les bâtiments de moyenne taille. Les données issues de l'étude pourront s'avérer très utiles aux entreprises de services publics qui pourront s'en servir pour planifier leurs programmes d'économie d'énergie. Cette étude a été demandée lors d'un récent sondage sur les besoins des gestionnaires immobiliers. Elle pourra aussi aider la SCHL à fixer des priorités de recherche pour ce qui est de la rénovation des bâtiments existants.

Société d'habitation du Québec, SHQ

À la SHQ, des données sur les aspects énergétiques, la qualité de l'air, l'étanchéité et la ventilation sont nécessaires dans le cadre des préoccupations

1.0 INTRODUCTION

de la gestion de l'énergie, de l'entretien préventif et de la réfection des composantes du parc. Dans chacune de ces activités, il faut prévoir toute la ventilation nécessaire pour assurer la préservation des bâtiments et la santé des occupants, tout en évitant le gaspillage d'énergie causé par l'infiltration et une ventilation exagérée.

Hydro-Québec

Dans le cadre de ses préoccupations énergétiques, Hydro-Québec a développé un programme d'amélioration de la qualité de l'enveloppe thermique des unifamiliales, duplex, triplex et maisons en rangée (PAQET-I).

De plus, Hydro-Québec étudie présentement les bâtiments multifamiliaux de 4 à 8 logements pour mettre sur pied un programme d'amélioration de l'enveloppe thermique de ce type de bâtiments (PAQET-II).

Ces programmes précisent les niveaux d'isolation et d'étanchéité que doit avoir l'enveloppe thermique pour économiser de l'énergie et en même temps assurer une bonne qualité de l'air intérieur des résidences. Les niveaux d'étanchéité à atteindre tiennent compte des systèmes de ventilation existants ou à être ajoutés. Hydro-Québec a également développé les moyens pour améliorer l'isolation et l'étanchéité.

Ministère des ressources naturelles du Québec, MRN

Dans le cadre de sa politique énergétique et de sa stratégie d'efficacité énergétique, le MRN a le mandat de favoriser le développement des diverses filières énergétiques et la mise en oeuvre des techniques d'efficacité énergétique. Une étude permettant de mieux comprendre les paramètres qui régissent les

besoins de ventilation d'un bâtiment sont en accord avec une politique de saine gestion énergétique.

L'étude

L'étude consiste à déterminer l'étanchéité à l'air, le mouvement de l'air, les concentrations de polluants et à faire une vérification énergétique de dix bâtiments qui ont été choisis dans le parc immobilier de la S.H.Q.

Deux documents de référence ont été utilisés pour la réalisation de cette étude. La norme CAN/CGSB-149.10 "Détermination de l'étanchéité à l'air des enveloppes de bâtiment par la méthode de dépressurisation au moyen d'un ventilateur" a été utilisée pour évaluer l'étanchéité à l'air et déterminer des paramètres nécessaires pour l'étude du mouvement de l'air. La méthodologie d'analyse "Protocole d'essai de la qualité de l'air intérieur des tours d'habitation" de Buchan, Lawton, Parent Ltd a été utilisée pour évaluer la qualité d'air à l'intérieur des bâtiments.

Une modélisation de chaque bâtiment à l'aide du logiciel DOE2.1e a été effectuée pour établir une corrélation entre l'infiltration d'air, la ventilation, les indices de qualité de l'air et la consommation énergétique.

Les résultats de cette étude sur les dix bâtiments ayant des caractéristiques différentes mais représentatives du parc immobilier de la S.H.Q. permettront à la S.H.Q. et ses partenaires (Hydro-Québec, la S.C.H.L. et le M.R.N.) d'orienter les actions futures en matière de ventilation et d'efficacité énergétique des immeubles multi-logements tout en leur assurant une bonne qualité de l'air.

2.1 Généralité

L'objectif de cette étude est de faire l'analyse de dix bâtiments différents faisant partie du parc immobilier de la Société d'habitation du Québec.

Avant d'entreprendre l'évaluation de l'étanchéité de l'enveloppe, l'étude du mouvement de l'air, l'analyse de la qualité de l'air et la vérification énergétique, il est absolument essentiel de bien connaître toutes les caractéristiques propres à chacun des bâtiments.

Ce chapitre donne une description sommaire des principaux éléments de chaque bâtiment qui à notre avis ont une incidence sur l'un ou l'autre des différents objectifs de cette étude.

Pour faciliter l'identification et la comparaison des caractéristiques de chaque bâtiment, un tableau (tableau 2.1), présenté à la fin de ce chapitre en résume les différentes particularités. Nous avons aussi inclus une photo d'ensemble de chaque bâtiment, ainsi qu'une représentation schématique de l'aménagement des espaces intérieurs (principalement les logements) (voir figures 2.1 à 2.11).

Le service d'expertise technique de la Société d'habitation du Québec a élaboré des directives spécifiques qui guident les professionnels (architectes, ingénieurs, etc...) lors de la conception des projets. On notera à la lecture de la description de chaque bâtiment, que les directives de la S.H.Q. ont permis la construction d'immeubles d'habitation répondant aux besoins spécifiques de la clientèle tout en ayant comme objectif que ces constructions respectent des critères d'esthétique, de qualité, de durabilité, de viabilité et de performance énergétique.

Toutefois, malgré des exigences qui devraient créer une certaine uniformité, la consommation énergétique, lorsque calculée sur une base unitaire, varie sensiblement d'un bâtiment à l'autre. Le choix des dix bâtiments tenait compte de certaines différences dont la configuration des systèmes de ventilation ainsi que la consommation énergétique. L'étude tente d'établir un lien entre ces différences pour finalement faire la lumière sur les besoins énergétiques réels de chaque bâtiment.

Bâtiment #1

Cet immeuble fait partie d'un aménagement regroupant deux bâtiments qui sont presque identiques. L'aménagement du site a été conçu de telle sorte qu'un des stationnements peut aussi bien être utilisé par les locataires de l'un ou de l'autre immeuble. Il en résulte que l'alimentation électrique de l'éclairage des stationnements provient d'un seul bâtiment, celui qui a fait l'objet de cette étude.

Le bâtiment étudié est principalement occupé par des personnes vivant seules ou des familles mono-parentales (généralement un seul enfant).

Il s'agit d'une construction de 3 étages complétée en 1984 et comportant au total 24 logements (8 par étage). (Voir photographie du bâtiment et schéma du plan d'aménagement à la fin de ce chapitre).

L'axe longitudinal de l'édifice est orienté dans la direction nord-sud. La façade ouest de l'édifice donne presque directement sur l'axe du boulevard Desaulniers, en raison d'une légère courbe dans cette importante artère urbaine. Le bâtiment est donc totalement exposé aux vents dominants qui suivent l'axe ouest-est. Les vents peuvent être canalisés dans l'axe du boulevard Desaulniers en se

2.0 DESCRIPTION DES BÂTIMENTS

dirigeant d'ouest vers l'est.

L'entrée principale du bâtiment est située au niveau du rez-de-chaussée, au centre de la façade ouest du bâtiment. Deux autres sorties secondaires ont été aménagées au bas des puits d'escaliers à chacune des extrémités du bâtiment.

Le rez-de-chaussée est une dalle sur sol et il n'y a pas de sous-sol ou vide sanitaire partiel dans ce bâtiment.

La construction est une ossature de bois avec revêtement extérieur principal en maçonnerie (briques). À certains endroits, les surfaces extérieures telles que les espaces entre les fenêtres superposées sont recouvertes d'acier émaillé.

La résistance thermique nominale des murs est de 3.15 RSI (R-19) et celle du toit est de RSI 6.50 (R-38). L'étanchéisation des murs extérieurs est assurée par un papier goudronné appuyé sur un contreplaqué de 12.5mm. L'isolation des murs est en fibre de verre.

Le bâtiment est doté d'une toiture (toit plat) multicouche ventilée et l'isolation est en fibre de verre reposant sur des panneaux de carton fibre. Toute la finition intérieure du bâtiment est en placoplâtre. Les fenêtres et portes des balcons sont de type coulissant et de bonne qualité.

L'aménagement intérieur comporte 2 logements de 2 chambres et 6 logements de 1 chambre par étage. Comme le bâtiment a trois étages, nous avons un total de 24 logements.

Au rez-de-chaussée, on retrouve 2 dépôts avec accès par l'extérieur. À chaque étage, au-dessus de l'entrée principale, on retrouve des locaux de service. Une

2.0 DESCRIPTION DES BÂTIMENTS

buanderie près d'un puits d'escalier et un dépôt près de l'autre puits d'escalier ont été aménagés à chaque étage.

Le bâtiment n'est pas pourvu d'un système d'apport d'air neuf. Seuls les ventilateurs d'évacuation assurent la ventilation mécanique du bâtiment.

Chaque logement est pourvu d'un ventilateur d'évacuation de la salle de bain et d'une hotte de cuisine avec ventilateur intégré.

Chaque local de buanderie et chacun des dépôts sont munis d'un ventilateur d'évacuation avec contrôle manuel. La salle de distribution électrique est munie d'un ventilateur d'évacuation entre barré avec l'ouverture d'un volet d'air frais. Ce dernier ventilateur est sous contrôle thermostatique.

Sauf pour de rares exceptions, tous les ventilateurs d'évacuation sont munis d'une canalisation avec sortie individuelle au toit. La mise en marche de chaque ventilateur est contrôlée manuellement par les occupants des logements.

Chaque logement est pourvu d'un chauffe-eau individuel avec réserve de 180 litres. Deux chauffe-eau avec réserve de 270 litres subviennent aux besoins généraux et à chacune des buanderies communes à chaque étage. En principe, il n'y a pas d'espace pour l'installation d'une laveuse et sécheuse dans les logements.

La salle de distribution électrique est située au-dessus du rez-de-chaussée et la consommation électrique de chaque logement est mesurée individuellement. Toutefois, le paiement des factures individuelles par logement est acquitté par un seul organisme, l'Office Municipal d'Habitation. Un compteur principal mesure la consommation des services communs du bâtiment.

2.0 DESCRIPTION DES BÂTIMENTS

L'éclairage des logements est majoritairement de type incandescent et sa consommation fait partie du mesurage individuel de chaque logement.

L'éclairage des corridors et des escaliers est de type fluorescent (standard). Les espaces de stationnement et les voies de circulation sont pourvus d'éclairage extérieur au sodium haute pression. La consommation de tous ces services est mesurée par le compteur principal.

Bâtiments #2

Il s'agit d'une construction de 4 étages (incluant le sous-sol) complétée en 1974. Celui-ci compte au total 12 logements de 3 chambres (4 par étage en n'incluant pas le sous-sol). (Voir photo et plan à la fin de ce chapitre). Le type de clientèle logeant dans cet immeuble est en majorité des familles monoparentales avec de jeunes enfants.

L'axe longitudinal de l'édifice est orienté dans la direction nord-sud. La façade ouest de l'édifice donne directement sur l'axe de la rue Mercier. Le bâtiment est donc légèrement exposé aux vents dominants qui suivent l'axe ouest-est.

L'entrée principale du bâtiment est située au rez-de-chaussée, au centre de la façade nord du bâtiment. Une sortie secondaire a été aménagée au bas du puits d'escaliers, à l'extrémité de la façade sud du bâtiment.

Le plancher du sous-sol est une dalle sur sol. Aux autres niveaux, on retrouve un plancher de béton préfabriqué de 6 pouces. La construction est une ossature de béton avec revêtement extérieur principal en maçonnerie (briques).

La résistance thermique nominale des murs est de RSI 2.29 (R-13) et celle du

2.0 DESCRIPTION DES BÂTIMENTS

toit est de RSI 2.79 (R-16). L'isolation des murs est en laine minérale .

Le bâtiment est doté d'une toiture (toit plat) multicouche non-ventilée et l'isolation est en laine minérale reposant sur une dalle de béton préfabriquée. Toute la finition intérieure des murs du bâtiment est en placoplâtre. Les fenêtres et portes des balcons sont de type coulissant et de bonne qualité.

Au sous-sol, on retrouve la salle mécanique/électrique, une salle de réunion, une salle communautaire, la salle de concierge, une buanderie et 3 pièces non occupées.

Le bâtiment n'est pas pourvu d'un système d'apport d'air neuf. Seuls les ventilateurs d'évacuation assurent la ventilation mécanique du bâtiment.

Chaque logement est pourvu d'un ventilateur d'évacuation de la salle de bain et d'une hotte de cuisine avec ventilateur intégré. Le débit moyen des ventilateurs de salle de bain est de 4,4 l/s ou 1,88 CAH (changement d'air à l'heure), ce qui est plutôt faible selon la norme 9.3.1 du DGRP/service études et conseils techniques de la société d'habitation du Québec qui recommande 10 CAH. Pour les hotte de cuisine, le débit moyen est de 37,1 l/s qui est un peu au dessous de la norme 9.4.3 du DGRP/service études et conseils techniques de la société d'habitation du Québec qui recommande 50 l/s.

Le local de la buanderie est muni d'un ventilateur d'évacuation avec contrôle manuel.

Sauf pour de rares exceptions, tous les ventilateurs d'évacuation sont munis d'une canalisation avec sortie individuelle au toit. La mise en marche de chaque ventilateur est contrôlée manuellement par les occupants des logements.

2.0 DESCRIPTION DES BÂTIMENTS

L'immeuble est pourvu de 4 chauffe-eau communs avec réserve de 450 litres chacun pour subvenir aux besoins des occupants, aux besoins généraux et à la buanderie commune. En principe, il y a installation d'une laveuse et sécheuse dans chaque logement.

La salle de distribution électrique est située au sous-sol et la consommation électrique des logements est mesurée sur le même compteur.

L'éclairage des corridors et des escaliers est de type fluorescent (standard). Par contre, celui des entrées et des sorties extérieurs est du type incandescent. Les espaces de stationnement et les voies de circulation sont pourvus d'un éclairage extérieur au sodium haute pression. La consommation de tous ces services est mesurée par le compteur principal.

Bâtiments #3

Il s'agit d'une construction de 2 étages complétée en 1981 et comportant au total 12 logements (6 par étage). (Voir photo et plan à la fin de ce chapitre). Le type de clientèle logeant dans cet immeuble est en majorité des femmes seules.

L'axe longitudinal de l'édifice est orienté dans la direction nord-sud. La façade ouest de l'édifice donne directement sur l'axe de la rue Mercier. Le bâtiment est donc légèrement exposé aux vents dominants qui suivent l'axe ouest-est.

L'entrée principale du bâtiment est au rez-de-chaussée, au bout de la façade ouest. Une autre sortie secondaire a été aménagée au centre de la façade Nord.

2.0 DESCRIPTION DES BÂTIMENTS

Le plancher du rez-de-chaussée est une dalle sur sol et il n'y a pas de sous-sol ou vide sanitaire partiel dans ce bâtiment.

La construction est une ossature de bois avec revêtement extérieur principal en maçonnerie (briques). À certains endroits, les surfaces extérieures, telles que les pignons, sont recouvertes d'acier émaillé.

La résistance thermique nominale des murs est de RSI 2.93 (R-17) et celle du toit est de RSI 6.52 (R-37). L'étanchéisation des murs extérieurs est assurée par un papier noir appuyé sur un contre plaqué de 12mm. L'isolation des murs est en laine minérale de fibre de verre.

Le bâtiment est doté d'une toiture (toit pente) de bardeaux ventilée et l'isolation est en fibre de verre reposant sur des panneaux de carton fibre. Toute la finition intérieure du bâtiment est en placoplâtre. Les fenêtres et portes des balcons sont de type coulissant et de bonne qualité.

L'aménagement intérieur de chaque étage comporte 1 logement de 3 chambres, 1 logement de 2 chambres et 4 logements de 1 chambre. Comme le bâtiment a deux étages, nous avons un total de 12 logements.

Au rez-de-chaussée, on retrouve 2 dépôts, un à ordures et l'autre pour l'équipement extérieur (avec accès seulement par l'extérieur). À l'étage, au-dessus de la salle mécanique, on retrouve le local d'entretien d'où on peut avoir accès à l'entretoit. Face à ce local, se trouve la buanderie. À côté du logement #12, on retrouve la salle du concierge où se situe un autre accès à l'entretoit.

Le bâtiment n'est pas pourvu d'un système d'apport d'air neuf. Seuls les ventilateurs d'évacuation assurent la ventilation mécanique du bâtiment.

2.0 DESCRIPTION DES BÂTIMENTS

Chaque logement est pourvu d'un ventilateur d'évacuation de la salle de bain et d'une hotte de cuisine avec ventilateur intégré. Le débit moyen de ces ventilateurs est de 3,1 l/s, soit 1 CAH (changement d'air à l'heure) pour la salle de bain, ce qui est en deçà des exigences de la norme 9.3.1 prescrite par DGRP qui recommande 10 CAH. Pour les ventilateurs des hottes de cuisine, le débit moyen est de 31,1 l/s et est inférieur au débit prescrit par la norme 9.4.3 du DGRP (50 l/s).

La salle mécanique, le local du concierge et le dépôt à ordures sont munis d'un ventilateur d'évacuation avec contrôle manuel.

Sauf pour de rares exceptions, tous les ventilateurs d'évacuation sont munis d'une canalisation avec sortie individuelle au toit. La mise en marche de chaque ventilateur est contrôlée manuellement par les occupants des logements.

L'immeuble est pourvu de deux chauffe-eau communs avec réserve de 450 litres chacun qui subviennent aux besoins des occupants, aux besoins généraux et à la buanderie commune à l'étage. En principe, il n'y a pas d'espace pour l'installation de laveuses et sècheuses dans les logements.

La salle de distribution électrique est située au rez-de-chaussée et la consommation électrique des logements est mesurée sur le même compteur.

L'éclairage des corridors ainsi que l'éclairage situé au-dessus des éviers dans les logements est de type fluorescent (standard). L'éclairage des cages d'escaliers et des sorties est de type incandescent. Les espaces de stationnement et les voies de circulation sont pourvus d'un éclairage au sodium haute pression. La consommation de tous ces services est mesurée par le compteur principal.

Bâtiments #4

Il s'agit d'une construction de 2 étages complétée en 1989 et comportant au total 20 logements (10 par étage). (Voir photo et plan à la fin de ce chapitre). Le type de clientèle logeant dans cet immeuble est des gens retraités, vivant seuls.

L'axe longitudinal de l'édifice est orienté dans la direction nord-sud. La façade est de l'édifice donne directement sur l'axe de la rue Borduas. Le bâtiment est donc totalement exposé aux vents dominants qui suivent l'axe ouest-est. Les vents peuvent même être canalisés dans l'axe de la rue Borduas en se dirigeant d'ouest vers l'est.

L'entrée principale du bâtiment est située au rez-de-chaussée, au quart de la façade est. Une sortie secondaire a été aménagée au bas du puits d'escalier de la façade ouest et une autre sur la façade nord.

Le rez-de-chaussée est une dalle sur sol et il n'y a pas de sous-sol ou vide sanitaire partiel dans ce bâtiment.

La construction est une ossature de bois avec revêtement extérieur principal en maçonnerie (briques). À certains endroits, les surfaces extérieures sont recouvertes d'acier émaillé.

La résistance thermique nominale des murs est de RSI 4.29 (R-24) et celle du toit est de RSI 6.07 (R-34). L'isolation des murs est un isolant rigide plus une fibre de verre.

Le bâtiment est doté d'une toiture (toit en pente) de bardeaux d'asphalte ventilée

2.0 DESCRIPTION DES BÂTIMENTS

et l'isolation est en fibre de verre reposant sur des panneaux de carton fibre. Toute la finition intérieure du bâtiment est en placoplâtre. Les fenêtres et portes des balcons sont de type coulissant et de bonne qualité.

L'aménagement intérieur de chaque étage comporte 1 logement de 2 chambres et 9 logements de 1 chambre. Comme le bâtiment a deux étages, nous avons un total de 20 logements.

Au rez-de-chaussée, on retrouve 2 dépôts, un avec accès de l'intérieur et l'extérieur et l'autre avec accès de l'intérieur seulement. Il y a une buanderie à côté de la salle communautaire ainsi qu'un local d'entretien qui a été aménagé à chaque étage. À l'étage, au-dessus du dépôt 1, on retrouve une salle électrique. A côté de celle-ci, il y a un dépôt avec une trappe d'accès qui débouche dans l'entretoit. Au-dessus de la buanderie, on retrouve un bureau.

Le bâtiment n'est pas pourvu d'un système d'apport d'air neuf. Seuls les ventilateurs d'évacuation assurent la ventilation mécanique du bâtiment. On retrouve 6 ventilateurs statiques d'évacuation (sorties d'air au toit) qui assurent la ventilation naturelle des corridors.

Chaque logement est pourvu d'un ventilateur d'évacuation de la salle de bain et d'une hotte de cuisine avec ventilateur intégré. Le débit moyen des ventilateurs de salle de bain est de 26,1 l/s, soit de 6.43 CAH (changement d'air à l'heure) et est plus faible que le débit exigé dans la norme 9.3.1 prescrite par DGRP (10 CAH). Pour les ventilateurs de la hotte de cuisine le débit moyen est de 54,6 l/s, ce qui est acceptable selon la norme 9.4.3 du DGRP qui recommande 50 l/s.

Le local de buanderie et chacun des dépôts ainsi que la salle communautaire sont munis d'un ventilateur d'évacuation avec contrôle manuel.

2.0 DESCRIPTION DES BÂTIMENTS

Tous les ventilateurs d'évacuation sont munis d'une canalisation avec sortie individuelle au mur. La mise en marche de chaque ventilateur est contrôlée manuellement par les occupants des logements. Par contre les ventilateurs d'évacuation statique sont munis de sortie au toit.

Chaque logement est pourvu d'un chauffe-eau individuel avec réserve de 180 litres. Un chauffe-eau commun avec réserve de 450 litres subvient aux besoins généraux et à la buanderie commune à l'étage. En principe, il n'y a pas d'espace pour l'installation de laveuses et de sècheuses dans les logements.

La salle de distribution électrique est située au-dessus du rez-de-chaussée et la consommation électrique de chaque logement est mesurée individuellement. Toutefois, le paiement des factures est acquitté par l'Office Municipal d'Habitation. Un compteur principal mesure la consommation des services communs au bâtiment.

L'éclairage des corridors et des escaliers ainsi que des salles de services est de type fluorescent (standard). Celui de la salle communautaire est de type incandescent. Les espaces de stationnement et les voies de circulation sont pourvus d'un éclairage extérieur au sodium haute pression. La consommation de tous ces services est mesurée par le compteur principal.

Bâtiments #5

Il s'agit d'une construction de 3 étages complétée en 1971 et comportant au total 16 logements (4 au sous-sol et 6 au rez-de-chaussée et 6 à l'étage). (Voir photo et plan à la fin de ce chapitre). Le type de clientèle logeant dans cet immeuble est en majorité des familles monoparentales avec de jeunes enfants.

2.0 DESCRIPTION DES BÂTIMENTS

L'axe longitudinal de l'édifice est orienté dans la direction est-ouest. La façade sud de l'édifice donne directement sur l'axe de l'avenue Ouimet.

L'entrée principale du bâtiment est située au rez-de-chaussée, sur la façade sud. Une sortie secondaire a été aménagée au même niveau, à l'extrémité de la sortie principale, sur la façade nord.

Le plancher du sous-sol est une dalle sur sol et le plancher des étages supérieurs est un plancher de bois franc. La construction est une ossature de bois et le revêtement extérieur principal est de briques. A certains endroits, les surfaces extérieures sont recouvertes d'acier émaillé. Les murs de fondation sont fissurés à certains endroits . Ces fissures se poursuivent dans la brique.

La résistance thermique nominale des murs est de RSI 2.89 (R-16) et celle du toit est de RSI 4.40 (R-25). L'étanchéisation des murs extérieurs est assurée par un papier construction appuyé sur un carton fibre. L'isolation des murs est en fibre de verre. L'isolation des murs de fondation s'arrête à 60 cm du plancher du sous-sol.

Le bâtiment est doté d'une toiture (toit plat) ventilée et l'isolation est en fibre de verre reposant sur des panneaux de placoplâtre. Toute la finition intérieure du bâtiment est en placoplâtre. Les fenêtres et portes des balcons sont de type coulissant et de mauvaise qualité: elles sont mal ajustées et ne sont pas étanches.

L'aménagement intérieur comporte au sous-sol: 2 logements de 2 chambres et 2 logements de 3 chambres, aux étages: 3 logements de 2 chambre et 3 logements de 3 chambres. Le bâtiment a un total de 16 logements.

2.0 DESCRIPTION DES BÂTIMENTS

Au sous-sol, on retrouve 1 dépôt commun avec accès de l'intérieur seulement. Il y a une buanderie à côté du dépôt commun, ainsi qu'une salle de jeux, un local pour l'équipement mécanique et une pièce d'entreposage. Il y a une chute à ordures à côté du puits d'escalier de la façade nord du bâtiment. La chute est hors d'usage et n'a pas été fermée ni isolée.

Le bâtiment est pourvu d'un système d'alimentation d'air frais dans les corridors ayant comme débit 246,49 l/s, qui est acceptable selon la norme 9.4.2. DGRP qui recommande 243,86 l/s pour la superficie du corridor.

Chaque logement est pourvu d'un ventilateur d'évacuation de la salle de bain qui rejette l'air vicié dans un de deux puits d'évacuation centrale. L'air est ensuite évacuée à l'extérieur par un ventilateur central d'évacuation. Le débit total est de 268,18 l/s, soit 2.49 CAH (changement d'air à l'heure) pour chaque salle de bain, ce qui est considérablement insuffisant selon la norme 9.3.1 prescrite par DGRP qui recommande 10 CAH. Quant aux cuisines, elles sont pourvues de hottes à recirculation.

Le local de buanderie et chacun des dépôts ainsi que la salle communautaire sont munis d'un ventilateur d'évacuation avec contrôle manuel.

Tous les ventilateurs d'évacuation sont munis d'une canalisation avec sortie individuelle au mur. La mise en marche de chaque ventilateur est contrôlée manuellement par les occupants des logements. Les ventilateurs d'évacuation centrale sont contrôlés par une minuterie. Ils sont en opération de 7h00 à 22h00.

Chaque logement est pourvu d'un chauffe-eau individuel avec réserve de 180 litres. Un chauffe-eau commun avec réserve de 450 litres subvient aux besoins

2.0 DESCRIPTION DES BÂTIMENTS

généraux et à la buanderie commune à l'étage. En principe, il n'y a pas d'espace pour l'installation de laveuses et de sècheuses dans les logements.

La salle de distribution électrique est située au sous-sol et la consommation électrique de chaque logement est mesurée individuellement. Toutefois, le paiement des factures est acquitté par l'Office Municipal d'Habitation. Un compteur principal mesure la consommation des services communs au bâtiment.

L'éclairage des corridors, des escaliers et des salle de services est de type fluorescent (standard). Celui de la salle communautaire est de type incandescent. Les espaces de stationnement et les voies de circulation sont pourvus d'éclairage extérieur au sodium haute pression. La consommation de tous ces services est mesurée par le compteur principal.

Bâtiments #6

Il s'agit d'une construction de 4 étages complétée en 1981 et comportant au total 43 logements (10 au sous-sol et 11 aux étages). (Voir photo et plan à la fin de ce chapitre). Le type de clientèle logeant dans cet immeuble sont en majorité des familles avec des enfants.

L'axe longitudinal de l'édifice est orienté dans la direction est-ouest. La façade nord-est de l'édifice donne presque directement sur l'axe de la rue Berthier, en raison d'une légère courbe dans cette artère urbain.

L'entrée principale du bâtiment est située au rez-de-chaussée, au bout de la façade nord-est. Une sortie secondaire a été aménagée au même niveau à l'extrémité de la sortie principale, sur la façade sud-ouest.

2.0 DESCRIPTION DES BÂTIMENTS

Le plancher du sous-sol est une dalle sur sol, aux étages supérieurs il y a un plancher de contreplaqué. La construction est une ossature de bois avec revêtement extérieur principal en maçonnerie (briques).

La résistance thermique nominale des murs est de RSI 3.2 (R-18) et celle du toit est de RSI 6.52 (R-37). L'étanchéisation des murs extérieurs est assurée par un papier noir appuyé sur un carton fibre. L'isolation des murs est en fibre de verre.

Le bâtiment est doté d'une toiture (toit plat) ventilée et l'isolation est en fibre de verre reposant sur des panneaux de placoplâtre. Toute la finition intérieure du bâtiment est en placoplâtre. Les fenêtres et portes des balcons sont de type coulissant et en bonne condition.

L'aménagement intérieur comporte au sous-sol: 2 logements de 3 chambres, 6 logements de 2 chambres et 2 logements de 1 chambre, aux étages: 2 logements de 3 chambre, 8 logements de 2 chambres et 1 logement de 1 chambre. Le bâtiment a un total de 43 logements.

Au sous-sol , on retrouve 1 dépôt commun avec accès de l'intérieur seulement. Il y a une buanderie à côté du dépôt du propriétaire, ainsi qu'une salle électrique et le local du concierge. Il y a une chute à ordures qui n'est plus utilisée. L'évent de la chute à ordures n'a pas été scellé.

Le bâtiment est pourvu d'un système d'alimentation d'air frais dans les corridors. Le débit total est de 988,4 l/s et rencontre les exigences de la norme 9.4.2. DGRP qui recommande 671,20 l/s total pour la superficie de corridor. Les ventilateurs d'évacuation assurent la ventilation mécanique du bâtiment.

Chaque logement est pourvu d'un ventilateur d'évacuation individuel de la salle

2.0 DESCRIPTION DES BÂTIMENTS

de bain et d'une hotte de cuisine avec ventilateur intégré. Le débit moyen de ces ventilateurs sont respectivement de 26 l/s soit de 7.41 CAH (changement d'air à l'heure) et de 31.1 l/s. Dans les deux cas, ces débits sont insuffisants pour satisfaire aux exigences des normes 9.3.1 (10 CAH) et 9.4.3 (50 l/s) prescrites par DGRP.

Le local de buanderie et chacun des dépôts sont munis d'un ventilateur d'évacuation avec contrôle manuel. La salle de distribution électrique est muni d'un ventilateur d'évacuation entre barré avec l'ouverture d'un volet d'air frais. Ce dernier ventilateur est sous contrôle thermostatique.

Sauf pour de rares exceptions, tous les ventilateurs d'évacuation sont munis d'une canalisation avec sortie individuelle au toit. La mise en marche de chaque ventilateur est contrôlée manuellement par les occupants des logements. Les sorties de sècheuses de la buanderie sont munies d'une canalisation avec sortie individuelle au mur.

L'immeuble est pourvu de trois chauffe-eau communs avec réserve de 450 litres chacun. On retrouve au moins 12 logements qui possèdent une mini-laveuse et sècheuse. Ces mini-sècheuses sont une source importante d'humidité dans les logements puisqu'elles ne possèdent pas de canalisation avec sortie à l'extérieur.

La salle de distribution électrique est située au sous-sol et la consommation électrique de chaque logement est mesurée sur le compteur principal de même que celle des services.

L'éclairage des corridors, des escaliers et des salles de services est de type fluorescent (standard). L'éclairage de l'entrée principale est de type incandescent. Les espaces de stationnement et les voies de circulation sont

pourvus d'éclairage extérieur au sodium haute pression. La consommation de tous ces services est mesurée par le compteur principal.

Bâtiments #7

Il s'agit d'une construction de 3 étages complétée en 1972 et comportant au total 27 logements (3 au sous-sol et 12 à chaque étage). (Voir photo et plan à la fin de ce chapitre). Le type de clientèle logeant dans cet immeuble est des gens retraités, vivant seuls.

L'axe longitudinal de l'édifice est orienté dans la direction nord-sud. La façade nord de l'édifice donne presque directement sur l'axe de la rue Radisson.

L'entrée principale du bâtiment est située au rez-de-chaussée, au centre de la façade est. Deux autres sorties secondaires ont été aménagées au même niveau, de chaque côté à l'extrémité de l'axe nord-sud. On retrouve aussi une autre sortie secondaire au sous-sol, sur la façade est du bâtiment.

Le plancher du sous-sol est une dalle sur sol et les planchers des étages supérieurs sont faits de contreplaqué. La construction est une ossature de béton, le revêtement extérieur principal est en bois. Le revêtement de bois a été posé sur le revêtement précédent (crépi). À certains endroits, les surfaces extérieures sont recouvertes d'acier émaillé. Les murs de fondation sont fissurés à quelques endroits.

La résistance thermique nominale des murs est de RSI 1.76 (R-10) et celle du toit est de RSI 3.67 (R-21). L'étanchéisation des murs extérieurs est assurée par un crépi original (blanc) appuyé sur un carton fibre. L'isolation des murs est en

2.0 DESCRIPTION DES BÂTIMENTS

fibres de verre. L'isolation des murs de fondation s'arrête à environ 60 cm du plancher du sous-sol.

Le bâtiment est doté d'une toiture (toit plat) multicouches et l'isolation est en fibres de verre reposant sur des panneaux de placoplâtre. Le recouvrement de la toiture est usé. Toute la finition intérieure du bâtiment est en placoplâtre. Les fenêtres et portes des balcons sont de type coulissant et en bonne condition.

L'aménagement intérieur comporte au sous-sol, 3 logements de 1 chambre, et aux étages, 4 logements style studio et 8 logements de 1 chambre. Le bâtiment a un total de 27 logements.

Au sous-sol, on retrouve 1 dépôt avec accès de l'intérieur seulement. Il y a aussi une buanderie, une salle électrique, le local du concierge, un dépôt pour les logements et une salle communautaire avec foyer. À chaque étage, on retrouve un dépôt et une salle communautaire.

Le bâtiment n'est pas pourvu d'un système d'apport d'air neuf. Seuls les ventilateurs d'évacuation assurent la ventilation mécanique du bâtiment.

Chaque logement est pourvu d'un ventilateur d'évacuation individuelle de la salle de bain et d'une hotte de cuisine avec ventilateur intégré. Les débits moyens de ces ventilateurs sont respectivement de 12 l/s (1.92 CAH) et de 19,6 l/s. Ces débits ne rencontrent pas les valeurs prescrites par DGRP qui recommande 10 CAH pour les salles de bain et 50 l/s pour les hottes de cuisine.

La buanderie, chacun des dépôts ainsi que les salles communautaires sont munis d'un ventilateur d'évacuation avec contrôle manuel. La salle de distribution électrique est équipée d'un ventilateur d'évacuation entre barré avec l'ouverture

2.0 DESCRIPTION DES BÂTIMENTS

d'un volet d'air frais. Ce dernier ventilateur est sous contrôle thermostatique.

Quelques ventilateurs d'évacuation sont munis d'une canalisation avec sortie individuelle au toit; la plupart des ventilateurs ont une sortie au mur. La mise en marche de chaque ventilateur est contrôlée manuellement par les occupants des logements.

L'immeuble est pourvu de trois chauffe-eau communs avec réserve de 450 litres chacun. Ces chauffe-eau subviennent aux besoins des occupants , aux besoins généraux et à la buanderie commune à l'étage.

La salle de distribution électrique est située au sous-sol. La consommation électrique de chaque logement, ainsi que celle des services sont mesurées sur le compteur principal.

L'éclairage de la buanderie et de la salle communautaire au sous-sol est de type fluorescent (standard). Celui de l'entrée principale, les corridors, les toilettes et les autres salle communautaires est de type incandescent. Les espaces de stationnement et les voies de circulation sont pourvus d'éclairage extérieur au sodium haute pression. La consommation de tous ces services est mesurée par le compteur principal.

Bâtiments #8

Il s'agit d'une construction de 2 étages complétée en 1982 et comportant au total 9 logements (4 au rez-de-chaussée et 5 à l'étage). (Voir photo et plan à la fin de ce chapitre). Le type de clientèle logeant dans cet immeuble est des gens retraité, vivant seuls.

2.0 DESCRIPTION DES BÂTIMENTS

L'axe longitudinal de l'édifice est orienté dans la direction nord-sud. La façade est de l'édifice donne directement sur l'axe de la rue Bouchard. Le bâtiment est donc légèrement exposé aux vents dominants qui suivent l'axe ouest-est.

L'entrée principale du bâtiment est située au rez-de-chaussée, sur la façade est. Deux sorties secondaires ont été aménagées au bas du puits d'escaliers aux extrémités de l'axe nord-sud.

Il y a un vide sanitaire dans ce bâtiment. La construction est une ossature de bois avec revêtement extérieur principal en bois. A certains endroits, les surfaces extérieures telles que les espaces entre les fenêtres superposées sont recouvertes d'acier émaillé.

La résistance thermique nominale des murs est de RSI 3.14 (R-18) et celle du toit est de RSI 5.87 (R-33). L'étanchéisation des murs extérieurs est assurée par un papier noir appuyé sur un carton fibre. L'isolation des murs est en fibre de verre. Les murs de fondation dans le vide sanitaire ne sont pas isolés.

Le bâtiment est doté d'une toiture (toit en pente) recouverte de bardeaux d'asphalte et l'isolation est en fibre de verre reposant sur des panneaux de carton fibre. Toute la finition intérieure du bâtiment est en placoplâtre. Les fenêtres et portes des balcons sont de type coulissant et en bonne condition.

L'aménagement intérieur comporte au rez-de-chaussée: 1 logement de 2 chambres et 3 logements de 1 chambre, à l'étage: 1 logement de 2 chambres et 4 logements de 1 chambre. Le bâtiment a un total de 9 logements.

Au rez-de-chaussée, on retrouve un salon, une toilette communautaire, une buanderie, la salle électrique et le local du concierge .

2.0 DESCRIPTION DES BÂTIMENTS

Le bâtiment n'est pas pourvu d'un système d'apport d'air neuf. Seuls les ventilateurs d'évacuation assurent la ventilation mécanique du bâtiment.

Le vide sanitaire comporte deux persiennes assurant une ventilation durant toute l'année. Ces persiennes sont situées aux deux extrémités de l'immeuble. Une persienne donne sur un espace restreint, cet espace est ouvert dans le vide sanitaire. L'autre persienne est équipée d'un ventilateur, lequel sert d'évacuation de l'air humide en été mais est condamné en hiver. De plus, 4 aérothermes assurent le chauffage de cet espace. Malgré ces dispositions, le vide sanitaire est très humide.

Chaque logement est pourvu d'un ventilateur d'évacuation individuelle de la salle de bain et d'une hotte de cuisine avec ventilateur intégré. Les débits moyens respectifs de ces ventilateurs sont de 30.9 l/s (10.26 CAH) et de 48.0 l/s. Dans le cas du ventilateur de salle de bain, le débit satisfait à la norme du DGRP alors que le débit de la hotte de cuisine est légèrement inférieurs aux 50 l/s prescrits dans la norme 9.4.3 du DGRP.

Le local de buanderie et chacun des dépôts sont munis d'un ventilateur d'évacuation avec contrôle manuel. La salle de distribution électrique est munie d'un ventilateur d'évacuation entre barré avec l'ouverture d'un volet d'air frais. Ce dernier ventilateur est sous contrôle thermostatique.

Sauf pour de rares exceptions, tous les ventilateurs d'évacuation sont munis d'une canalisation avec sortie individuelle au mur. La mise en marche de chaque ventilateur est contrôlée manuellement par les occupants des logements.

L'immeuble est pourvu de trois chauffe-eau communs avec réserve de 450 litres chacun. Ces chauffe-eau subviennent aux besoins des occupants , aux besoins

2.0 DESCRIPTION DES BÂTIMENTS

généraux et aux besoins de la buanderie commune à l'étage.

La salle de distribution électrique est située au rez-de-chaussée et ne compte qu'un compteur principal: la consommation électrique de chaque logement ainsi que celle des services y sont mesurées.

L'éclairage de la buanderie, de la salle d'entretien, de la toilette et des corridors est de type fluorescent (standard). Celui de l'entrée principale, de la cage d'escalier et du salon communautaire est de type incandescent. Les espaces de stationnement et les voies de circulation sont pourvus d'éclairage extérieur au sodium haute pression. La consommation de tous ces services est mesurée par le compteur principal.

Bâtiments #9

Il s'agit d'une construction de 3 étages complétée en 1989 et comportant au total 10 logements (3 au rez-de-chaussée et au deuxième étage, 4 au premier étage). (Voir photo et plan en fin de chapitre). Le type de clientèle logeant dans cet immeuble est en majorité des familles monoparentales avec de jeunes enfants.

L'axe longitudinal de l'édifice est orienté dans la direction est-ouest. La façade ouest de l'édifice donne directement sur l'axe de la rue Gurnham. Le bâtiment est donc légèrement exposé aux vents dominants qui suivent l'axe ouest-est.

L'entrée principale du bâtiment est située au rez-de-chaussée, sur la façade ouest. Une autre sortie secondaire a été aménagée au centre de la façade est.

2.0 DESCRIPTION DES BÂTIMENTS

Le plancher du rez-de-chaussée est une dalle sur sol et il n'y a pas de sous-sol ou vide sanitaire partiel dans ce bâtiment.

La construction est une ossature de bois avec revêtement extérieur principal en béton préfabriqué. À certains endroits, les surfaces extérieures telles que les espaces entre les fenêtres superposées sont recouvertes d'acier émaillé.

La résistance thermique nominale des murs est de RSI 4.63 (R-26) et celle du toit est de RSI 6.29 (R-36). L'étanchéisation des murs extérieurs est assurée par un papier noir appuyé sur un panneau de type wafer 13mm. L'isolation des murs est en fibre de verre (isolant coussin, sur les plans).

Le bâtiment est doté d'une toiture (toit pente) ventilée, recouverte de bardeaux et isolée avec des panneaux de fibre de verre (isolant coussin) reposant sur des planches de fibre de bois. Toute la finition intérieure du bâtiment est en placoplâtre. Les fenêtres et portes des balcons sont de type coulissant et de bonne qualité.

L'aménagement intérieur comporte 1 logement de 4 chambres, 3 logements de 3 chambres, 4 logements de 2 chambres et 2 logements de 1 chambre.

Au rez-de-chaussée, on retrouve une toilette et une buanderie communes ainsi que la salle électrique et une place de rangement.

Le bâtiment n'est pas pourvu d'un système d'apport d'air neuf. Seuls les ventilateurs d'évacuation assurent la ventilation mécanique du bâtiment.

Le bâtiment est équipé d'un ventilateur d'évacuation centrale qui assure la ventilation des salles de bain et chaque logement est pourvu d'une hotte de

2.0 DESCRIPTION DES BÂTIMENTS

cuisine avec ventilateur intégré. Le débit total du ventilateur central est de 189 l/s, ce qui représente environ 18,9 l/s par salle de bain, soit 4.54 CAH (changement d'air à l'heure). Ce taux de changement d'air est plus faible que le taux prescrit par la norme 9.3.1 (DGRP) qui recommande 10 CAH. Pour les ventilateurs de la hotte cuisine le débit moyen est de 48,8 l/s, ce qui est légèrement inférieur aux exigences de la norme 9.4.3 du DGRP qui recommande 50 l/s.

Le local de rangement, la buanderie ainsi que la toilette sont munis d'un ventilateur d'évacuation avec contrôle manuel.

Les ventilateurs d'évacuation de la hotte de cuisine sont munis d'une canalisation avec sortie individuelle au mur. La mise en marche de ces ventilateurs se fait par un contrôle manuel par les occupants dans les logements.

Les ventilateurs de la salle de bain sont munis d'une sortie au toit. La mise en marche de ces ventilateurs se fait par un contrôle horaire étant donné que c'est un système centrale.

Chaque logement est pourvu d'un chauffe-eau individuel avec réserve de 180 litres. Un chauffe-eau avec réserve de 270 litres subvient aux besoins généraux et à la buanderie commune du rez-de-chaussée. En principe, on retrouve dans chaque logement l'installation d'une laveuse et d'une sècheuse. Les sècheuses sont munies d'une canalisation avec sortie au mur. Quelques sorties sont cependant bloquées par la poussière et la charpie produites au séchage.

La salle de distribution électrique est située au rez-de-chaussée et la consommation électrique de chaque logement est mesurée individuellement. Toutefois, le paiement des factures est acquitté par l'Office Municipal

2.0 DESCRIPTION DES BÂTIMENTS

d'Habitation. Un compteur principal mesure la consommation des services communs au bâtiment.

L'éclairage des corridors et des escaliers est de type fluorescent (standard). Celui des galeries et de l'entrée principale est de type incandescent. Les espaces de stationnement et les voies de circulation sont pourvues d'éclairage extérieur au sodium haute pression. La consommation de tous ces services est mesurée par le compteur principal.

Bâtiments #10

Il s'agit d'un bâtiment de 3 étages qui a été construit en deux parties. La première (3 375 m²) a été complétée en 1981 et la deuxième (1 115 m²), en 1994. Le bâtiment comporte au total 57 logements (19 par étage). (Voir photo et copie des plans en fin de chapitre). Le type de clientèle logeant dans cet immeuble est des gens retraités, vivant seuls.

L'axe longitudinal de l'édifice est orienté dans la direction nord-sud. La façade ouest de l'édifice donne presque directement sur l'axe de la rue St-Louis, en raison d'une légère courbe dans cette importante artère urbaine. Le bâtiment est donc légèrement exposé aux vents dominants qui suivent l'axe ouest-est.

L'entrée principale du bâtiment est située au rez-de-chaussée, au centre de la façade ouest du bâtiment. Trois autres sorties secondaires ont été aménagées, deux à chaque extrémité de la façade nord-sud. Une autre au bas du puits d'escalier de la façade est du bâtiment.

Le plancher du rez-de-chaussée est une dalle sur sol et il n'y a pas de sous-sol

2.0 DESCRIPTION DES BÂTIMENTS

ou vide sanitaire partiel dans ce bâtiment.

La construction est une ossature de béton. Le revêtement extérieur principal est en maçonnerie (briques). À certains endroits, les surfaces extérieures telles que les pignons sont recouvertes d'acier émaillé.

La résistance thermique nominale des murs est de RSI 2,89 (R-16) et celle du toit est de RSI 5.68 (R-32). L'étanchéisation des murs extérieurs est assurée par un papier asphalte. L'isolation des murs est en fibre de verre.

Le bâtiment est doté d'une toiture (toit plate) de type multicouches, ventilée seulement dans la première partie et l'isolation est en fibre de verre reposant sur des panneaux de gypse 12mm. Toute la finition intérieure du bâtiment est en placoplâtre. Les fenêtres et portes des balcons sont de type coulissant et de bonne qualité.

L'aménagement intérieur comporte au rez-de-chaussée: 2 logements de 2 chambres et 13 logements de 1 chambre. Chaque étage compte 21 logements de 1 chambre . Nous avons un total de 57 logements dans ce bâtiment.

Au rez-de-chaussée, on retrouve un dépôt qui est situé à la droite du vestibule d'entrée. A la gauche de celui-ci, on a les bureaux de L'OMH avec toilette privé. Au bout du hall, se trouve la salle mécanique/électrique. A droite de cette salle, il y a un dépôt commun et à sa gauche, un dépôt avec accès de l'extérieur seulement. Ce bâtiment est le seul à avoir un ascenseur, celui-ci est situé à côté du puits d'escalier centrale (no1). A l'arrière, il y a le local des déchets (qu'on retrouve sur chaque étage) avec accès de l'intérieur et de l'extérieur. En plus, il y a 2 salles communautaires avec toilettes et cuisines, une située à l'arrière du premier dépôt et la seconde située au début de la nouvelle partie.

2.0 DESCRIPTION DES BÂTIMENTS

À chaque étage, au début de la nouvelle partie, on retrouve une buanderie qui communique avec un atelier (au rez-de-chaussée) et une salle de rangement (pour les autres étages). À l'arrière de l'atelier décrit ci-haut, il y a un local pour l'équipement extérieur avec accès de l'intérieur et de l'extérieur.

Le bâtiment est pourvu d'un système d'apport d'air neuf (895 l/s) qui n'alimente que la nouvelle partie du bâtiment.

Chaque logement est pourvu d'un ventilateur d'évacuation de la salle de bain et d'une hotte de cuisine avec ventilateur intégré. Les débits moyens de ces ventilateurs sont de 32,8 l/s (5.74 CAH) et de 48,4 l/s respectivement. Ces débits ne rencontrent pas les exigences des normes 9.3.1 (10 CAH pour les salles de bain) et 9.4.3 (50 l/s pour les hottes de cuisine) prescrites par DGRP. La mise en marche de chaque ventilateur est contrôlée manuellement par les occupants des logements.

La salle mécanique/électrique, les salles communautaires, les dépôts et les locaux à déchets sont munis d'un ventilateur d'évacuation avec contrôle manuel. Sauf pour de rares exceptions, les ventilateurs d'évacuation sont munis d'une canalisation avec sortie individuelle au toit. Les ventilateurs d'évacuation des salles communautaires et des dépôts sont munis d'une sortie mural.

L'immeuble est pourvu d'un réservoir d'eau chaude de 1500 gallons qui subvient aux besoins des occupants et aux besoins généraux. Les buanderies sont pourvues de deux chauffe-eau avec réserve de 270 litres. Dans la nouvelle partie, chaque logement a son propre chauffe-eau avec réserve de 180 litres. En principe, il n'y a pas d'espace pour l'installation d'une laveuse et d'une sécheuse dans les logements.

2.0 DESCRIPTION DES BÂTIMENTS

La salle de distribution électrique est située au rez-de-chaussée et la consommation électrique de tous les logements est mesurée sur le même compteur. Toutefois, le paiement des factures est acquitté par l'Office Municipal d'Habitation. Un compteur principal mesure la consommation des services communs au bâtiment.

L'éclairage des cages d'escaliers ainsi que l'éclairage situé au-dessus des portes d'entrée des logements sont de type fluorescent (standard). L'éclairage des corridors et des sorties est de type incandescent. Les espaces de stationnement et les voies de circulation sont pourvus d'éclairage extérieur au sodium haute pression. La consommation de tous ces services est mesurée par le compteur principal.

TABLEAU DESCRIPTIF DES BÂTIMENTS 1 à 5

CARACTÉRISTIQUES	BÂTIMENTS				
	1	2	3	4	5
Année de construction	1984	1974	1981	1989	1971
Superficie totale (m2)	1920	1522	1038	1545	1635
répartie (m2/log.)	80	127	87	77	102
Consommation annuelle (kWh)	241242	231798	130493	172456	211115
par m2 (kWh/m2)	126	152	126	112	129
par log.(kWh/log.)	10052	19317	10874	8623	13195
Nombre d'étages	3	4	2	2	3
Nombre de logements	24	12	12	20	16
Nbre de logements dont la qualité d'air a été analysée	9	6	4	6	5
Occupation type	femmes seules	familles monoparentales	femmes seules	personnes retraitées	familles monoparentales
Locaux de service	1 buanderie et 1 dépôt par étage	buanderie et salles communes au sous-sol	2 dépôts au rez-de-chaussée buanderie et 2 locaux avec accès à l'entretot à l'étage	2 dépôts au rez-de-chaussée buanderie et local d'entretien à chaque étage (accès à l'entretot)	buanderie, dépôt, salle commune, entrepôt au sous-sol.
Orientation (façade principale)	ouest	nord	ouest	est	sud
Entrées principales (face princ.)	1 sur la façade ouest	1 sur la façade nord	1 sur la façade ouest	1 sur la façade est	1 sur la façade sud
Sorties secondaires	2 aux extrémités nord et sud	1 sur la façade sud, 1 sur l'est	1 sur la façade nord	2 (façade ouest et nord)	1 sur la façade nord
Axe des vents dominants	ouest-est	ouest-est	ouest-est	ouest-est	ouest-est
Exposition aux vents dominants	grande	moyenne	moyenne	moyenne	moyenne
Sous-sol	aucun	oui	aucun	aucun	oui
Construction (Charpente)	bois	béton	bois	bois	bois
Revêtement extérieur murs	brique (principal.) et acier émaillé	brique	brique (principal.) et acier émaillé	brique (principal.) et acier émaillé	brique (principal.) et acier émaillé
toits	membrane, asphalte, gravier	membrane, asphalte, gravier	bardeaux	bardeaux	membrane, asphalte, gravier
Type de toit	plat ventilé	plat multicouche	en pente	en pente	plat ventilé
Isolation des murs	fibres de verre	fibres de verre	fibres de verre	isolant rigide et fibres de verre	fibres de verre
Résistance thermique murs	RSI 3.15	RSI 2.29	RSI 2.93	RSI 4.29	RSI 2.89
toits	RSI 6.5	RSI 2.79	RSI 6.52	RSI 6.07	RSI 4.40
Étanchéisation	papier goudronné	non identifié	papier goudronné	non identifié	papier construction
Finition intérieure	placoplâtre	placoplâtre	placoplâtre	placoplâtre	placoplâtre
Qualité portes et fenêtres	bonne	bonne	bonne	bonne	mauvaise
Ventilation alimentation	aucune	aucune	aucune	aucune	alimentation corridor (246 l/s)
logements	ventilateurs d'évacuation (contrôle manuel) (toilette (12 l/s); cuisine (31 l/s))	ventilateurs d'évacuation (contrôle manuel) (toilette (4.4 l/s); cuisine (37 l/s))	ventilateurs d'évacuation (contrôle manuel) (toilette (3.1 l/s); cuisine (31 l/s))	ventilateurs d'évacuation (contrôle manuel) (toilette (26 l/s); cuisine (55 l/s))	ventilateur d'évacuation central (contrôle manuel) (total toit. (268 l/s); hotte recirc cuis)
locaux de service	ventilateurs d'évacuation (contrôle manuel)	ventilateurs d'évacuation (contrôle manuel)	ventilateurs d'évacuation (contrôle manuel)	ventilateurs d'évacuation (contrôle manuel)	ventilateur d'évacuation (contrôle manuel)
salle de distribution électrique	ventilateurs d'évacuation (contrôle thermostatique)	ventilateurs d'évacuation (contrôle manuel)	ventilateurs d'évacuation (contrôle manuel)	ventilateurs d'évacuation (contrôle manuel)	ventilateur d'évacuation (contrôle manuel)
Eau chaude logements	chauffe-eau individuels (réserve de 180 l)	4 chauffe-eau communs (réserve de 450 l chacun)	2 chauffe-eau communs (réserve de 450 l chacun)	chauffe-eau individuels (réserve de 180 l chacun)	chauffe-eau individuels (réserve de 180 l chacun)
services	2 chauffe-eau (réserves de 270 l)			1 chauffe-eau (réserve de 450 l)	1 chauffe-eau (réserve de 450 l)
Électricité logements	compteurs individuels	compteur principal	compteur principal	compteurs individuels	compteurs individuels
services	compteur principal			compteur principal	
Commentaires (Source: Les Expertises Immobilières V.S., Inc.) (Date: 13/02/95 au 16/03/95)					- chute à déchet hors d'usage mais non fermée ni isolée, - fissures importantes dans les murs de fondation.

note : chauffage électrique à plinthes et chauffe-eau électriques dans tous les bâtiments

TABLEAU DESCRIPTIF DES BÂTIMENTS 6 à 10

CARACTÉRISTIQUES	BÂTIMENTS				
	6	7	8	9	10
Année de construction	1981	1972	1982	1989	1981, 1994 (2ème partie)
Superficie totale (m2)	4170	1962	727	1102	3375 (1ère partie); 4490 (1ère et 2e)
répartie (m2/log.)	97	73	81	110	77 (1ère); 79 (1ère et 2e)
Consommation annuelle (kWh)	634234	276752	131466	181210	442137 (1ère); 575773 (1ère et 2e)
par m2 (kWh/m2)	152	141	181	164	131 (1ère); 128 (1ère et 2e)
par log. (kWh/log.)	14750	10250	14607	18121	10049 (1ère); 10101 (1ère et 2e)
Nombre d'étages	4	3	2	3	3
Nombre de logements	43	27	9	10	44 (1ère); 57 (1ère et 2e)
Nbre de logements dont la qualité d'air a été analysée	12	9	4	6	12
Occupation type	familles avec enfants	personnes retraitées	personnes retraitées	familles monoparentales	personnes retraitées
Locaux de service	1 buanderie, 1 dépôt commun, salle électrique, local concierge au ss-sol	dépôt, buanderie, conciergerie, salle élect., salle com. avec foyer au ss-sol dépôt et salle com. à chaque étage	salon et toilette comm., buanderie, conciergerie, salle élect au rez-de-chaussée	toilette et buanderie communes, salle élect. et dépôt au rez-de-chaussée	dépôt, bureaux, salle méca/élec., 2 salle com. au rez-de-ch., buanderie salls rangement à chaque étage
Orientation (façade principale)	nord-est	est	est	ouest	ouest
Entrées principales (face princ.)	1 sur la façade nord-est	1 sur la façade est	1 sur la façade est	1 sur la façade ouest	1 sur la façade ouest
Sorties secondaires	1 sur la façade sud-ouest	2 aux extrémités nord et sud	2 aux extrémités nord et sud	1 sur la façade est	3 sur les façades est, nord et sud
Axe des vents dominants	ouest-est	ouest-est	ouest-est	ouest-est	ouest-est
Exposition aux vents dominants	moyenne	moyenne	moyenne	moyenne	moyenne
Sous-sol	oui	oui	vide sanitaire ventilé	aucun	aucun
Construction (charpente)	bois	béton	bois	bois	béton
Revêtement extérieur murs	brique	brique (principal.) et acier émaillé	bois (principal.) et acier émaillé	béton (principal.) et acier émaillé	brique (principal.) et acier émaillé
toits	membrane, asphalte, gravier	membrane, asphalte, gravier	bardeaux	bardeaux	membrane, asphalte, gravier
Type de toit	plat ventilé	plat multicouche	en pente	en pente	plat vent. (1ère partie); multicouche (2e)
Isolant	fibres de verre	fibres de verre	fibres de verre	fibres de verre	fibres de verre
Résistance thermique murs	RSI 3.2	RSI 1.76	RSI 3.14	RSI 4.63	RSI 2.89
toits	RSI 6.52	RSI 3.67	RSI 5.87	RSI 6.29	RSI 5.68
Étanchéisation	papier goudronné	crépi original	papier goudronné	papier goudronné	papier asphalte
Finition intérieure	placoplâtre	placoplâtre	placoplâtre	placoplâtre	placoplâtre
Qualité portes et fenêtres	bonne	bonne	bonne	bonne	bonne
Ventilation	alimentation	non	non	non	alimentation corridor (898 l/s)
logements	ventilateurs d'évacuation (contrôle manuel)	ventilateurs d'évacuation (contrôle manuel)	ventilateurs d'évacuation (contrôle manuel)	évac. centrale (toilette); hotte (cuisine) (ctrl minuterie (toil.) manuel (cuisine))	ventilateurs d'évacuation (contrôle manuel)
locaux de service	(toilette (12 l/s); cuisine (31 l/s))	(toilette (12 l/s); cuisine (20 l/s))	(toilette (31 l/s); cuisine (48 l/s))	(toilette (189 l/s total); cuisine (49 l/s))	(toilette (33 l/s); cuisine (48 l/s))
salle de distribution électrique	ventilateur d'évacuation (contrôle manuel)	ventilateurs d'évacuation (contrôle manuel)	ventilateurs d'évacuation (contrôle manuel)	ventilateurs d'évacuation (contrôle manuel)	ventilateurs d'évacuation (contrôle manuel)
Eau chaude	logements	3 chauffe-eau communs (réserve de 450 l chacun)	3 chauffe-eau communs (réserve de 450 l chacun)	chauffe-eau individuels (réserve de 180 l)	ch-eau individuels (nle partie seul.) (réserve de 180l (ind); 1500 gal (com))
services				1 chauffe-eau (réserve de 270l)	2 chauffe-eau pour la buanderie (réserve de 270l chacun)
Électricité	logements	compteur principal	compteur principal	compteurs individuels	compt. individuels (nle partie seul.)
services				compteur principal	compteur principal
Commentaires (Source: Les Expertises Immobilières V.S., Inc.) (Date: 13/02/95 au 16/03/95)	- évent au toit (de la chute à déchet hors d'usage) toujours ouvert, - usage de mini-sécheuses sans conduits d'évacuation, - aucun coupe-bise sur les portes des logements, - certains thermostats défectueux.	- murs de fondation non isolés à 60 cm du plancher, - fissures structurales dans les murs de fondation - usure prématurée de la couverture, - problème de ventilation du logement #444 au sous-sol.	- vide sanitaire ventilé par un ventilateur d'évacuation et chauffé par 4 aérothermes, - murs de fondation non isolés.	- certains événements de sécheuses bloqués par de la charpe. - le bâtiment comporte un logement de 5 chambres.	- 1 ascenseur. - défectuosité du système d'alimentation des corridors (la température fluctue entre 62F et 79F). - 1ère: première partie construite en 81 - 1ère et 2ème: bâtiment tel quel aujourd'hui.

note : chauffage électrique à plinthes et chauffe-eau électriques dans tous les bâtiments

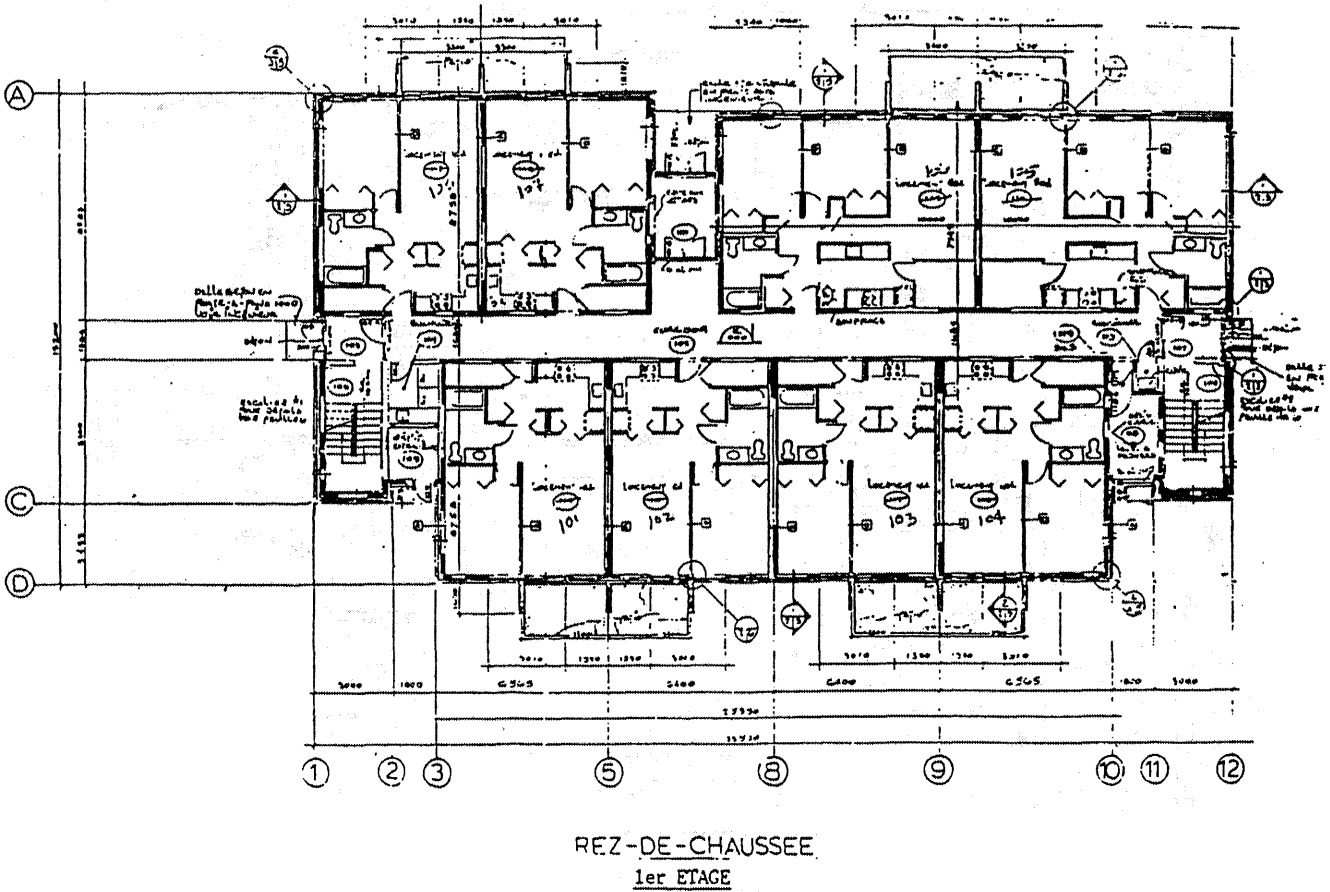
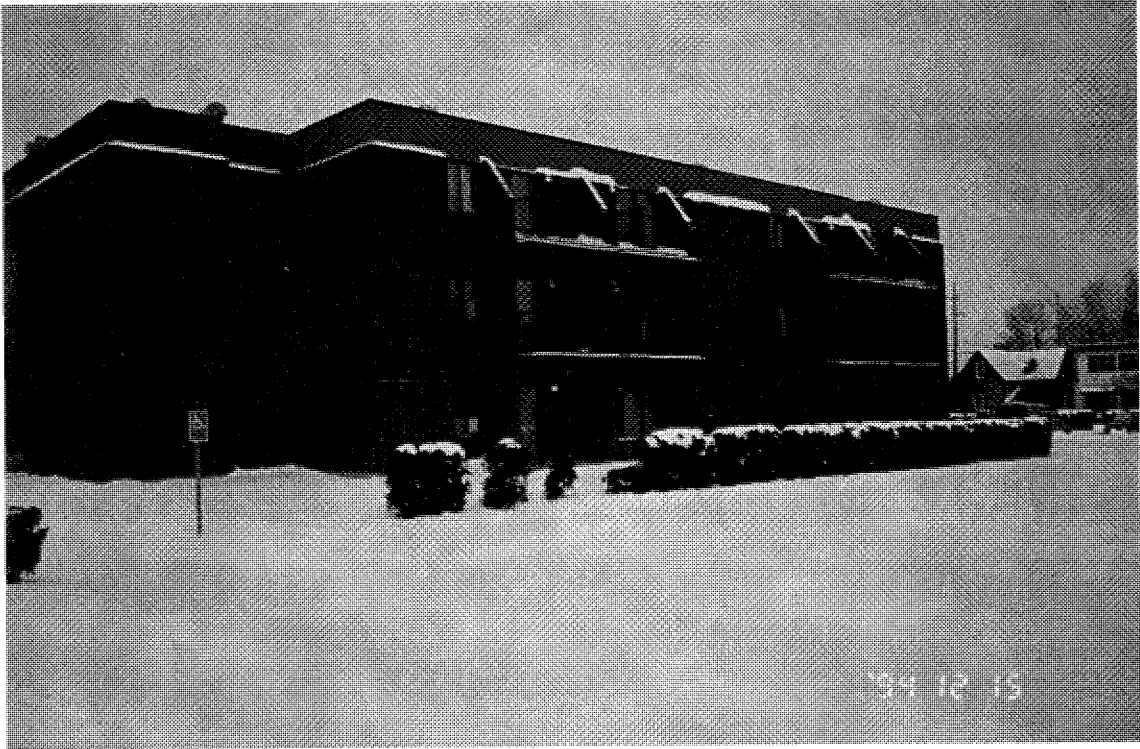


Figure 2.1 - Bâtiment 1

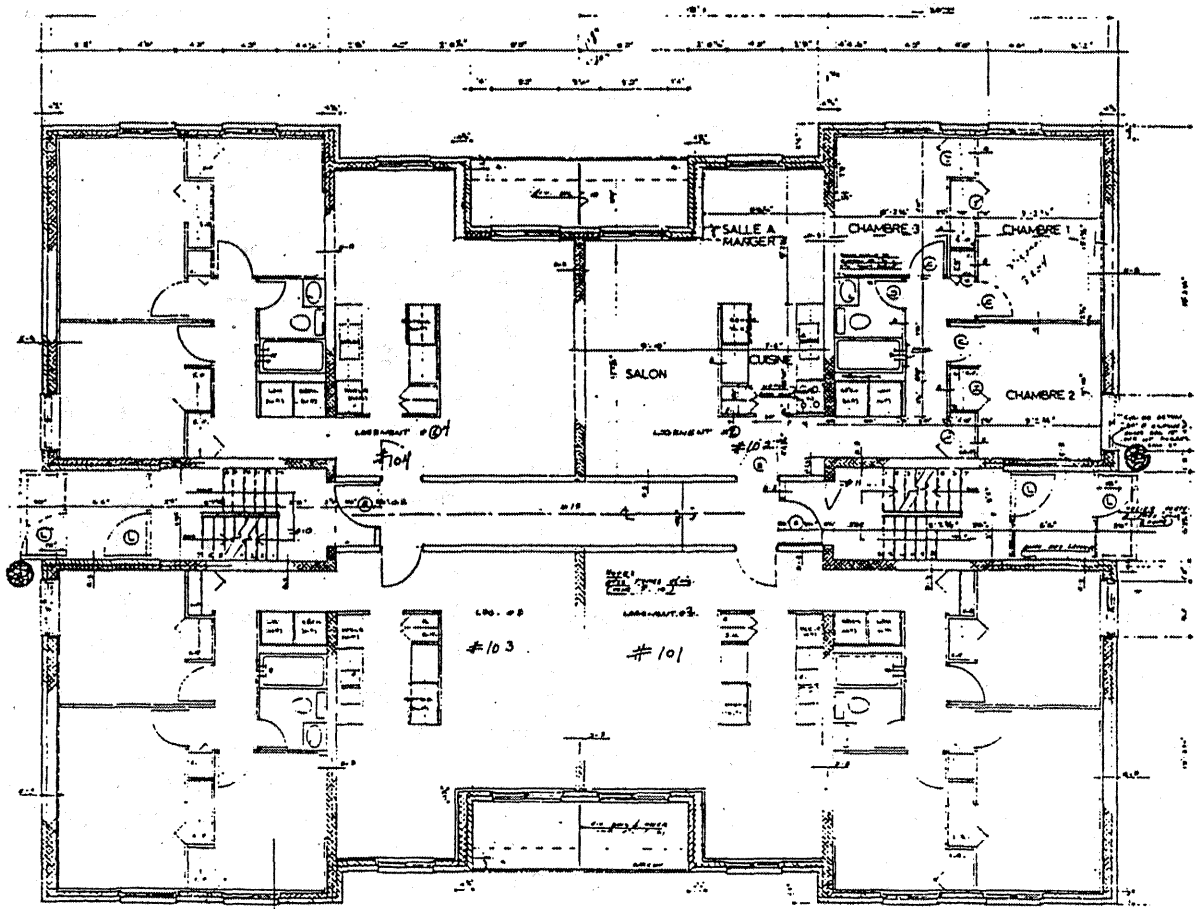


Figure 2.2 - Bâtiment 2

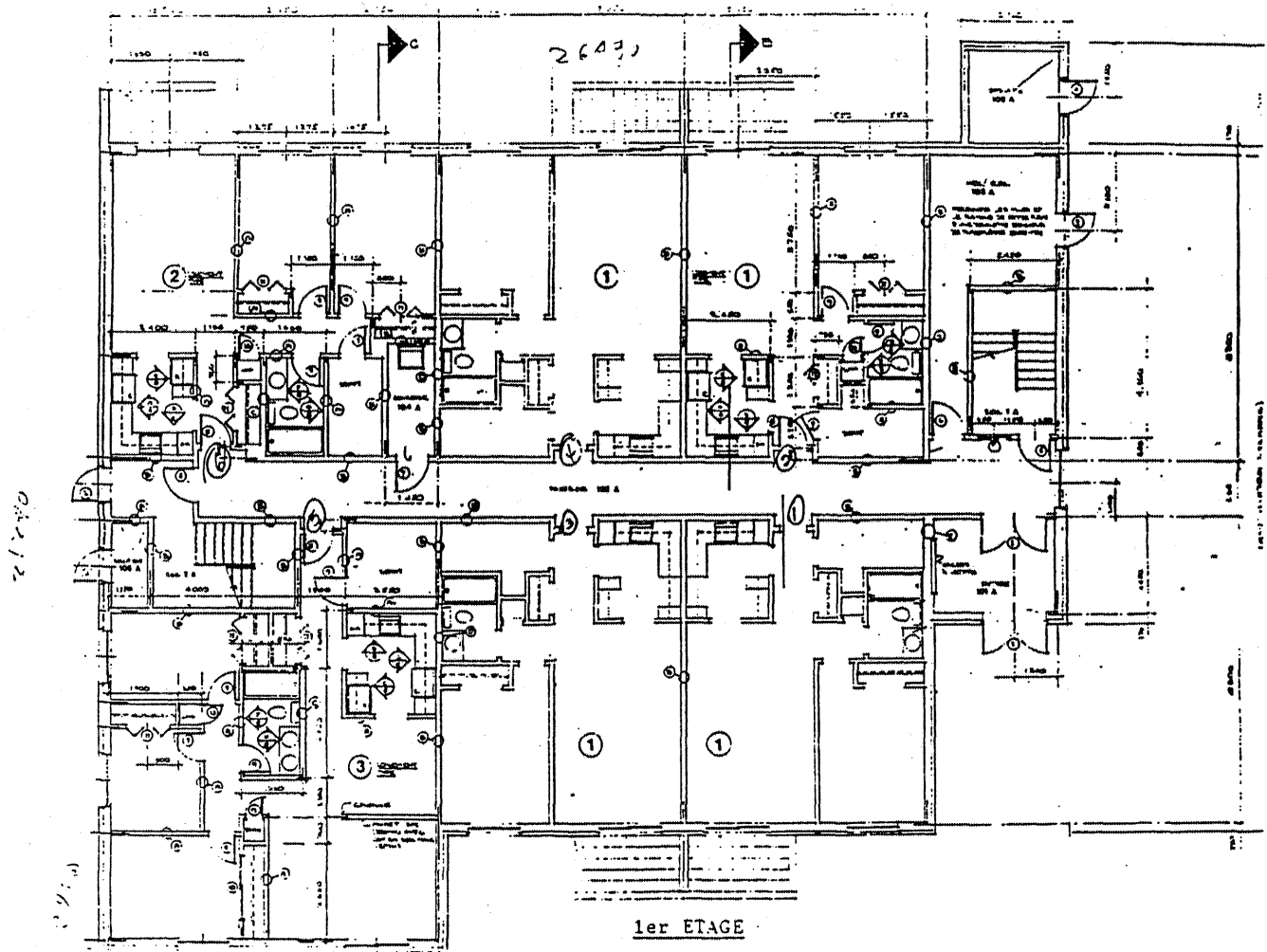
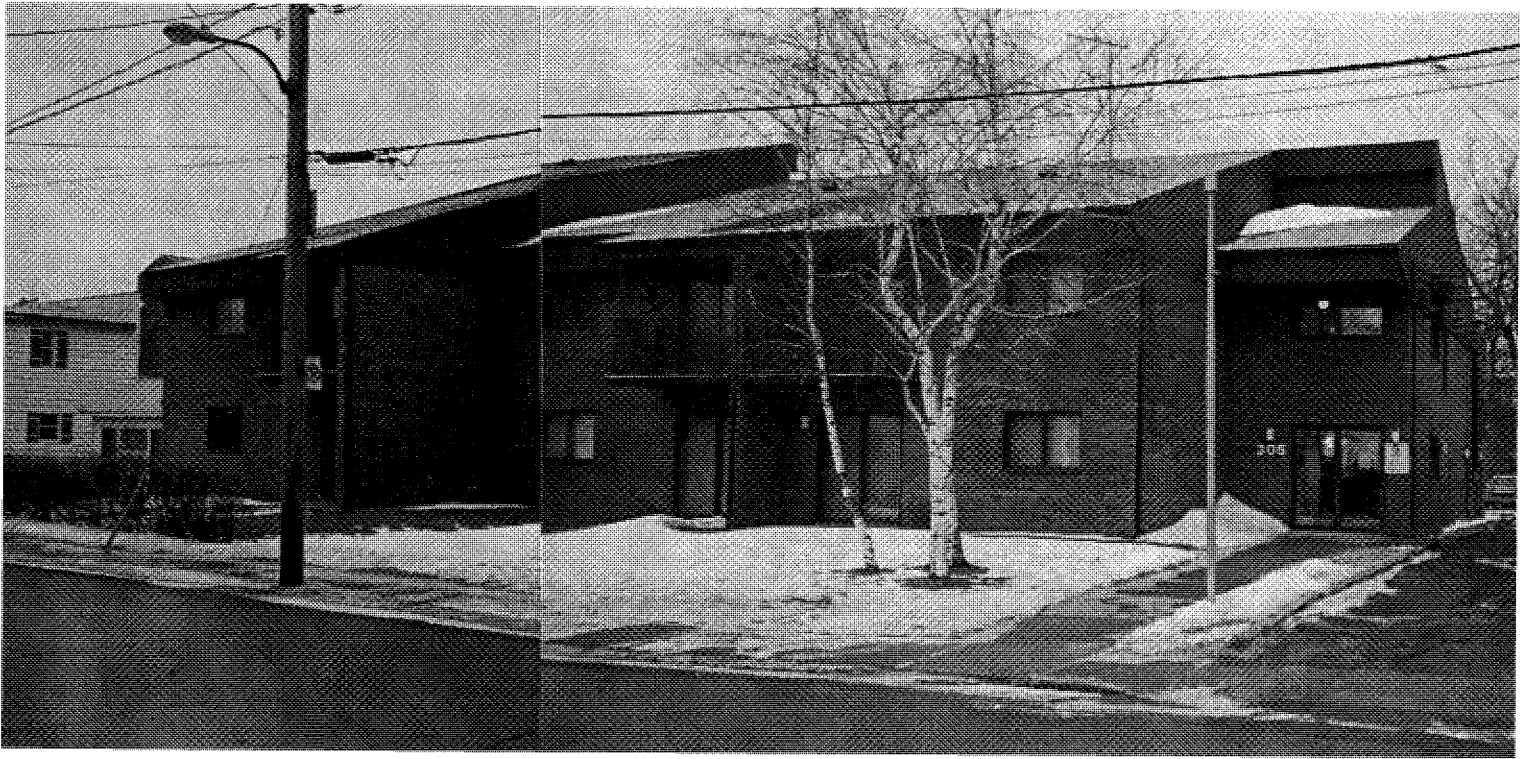
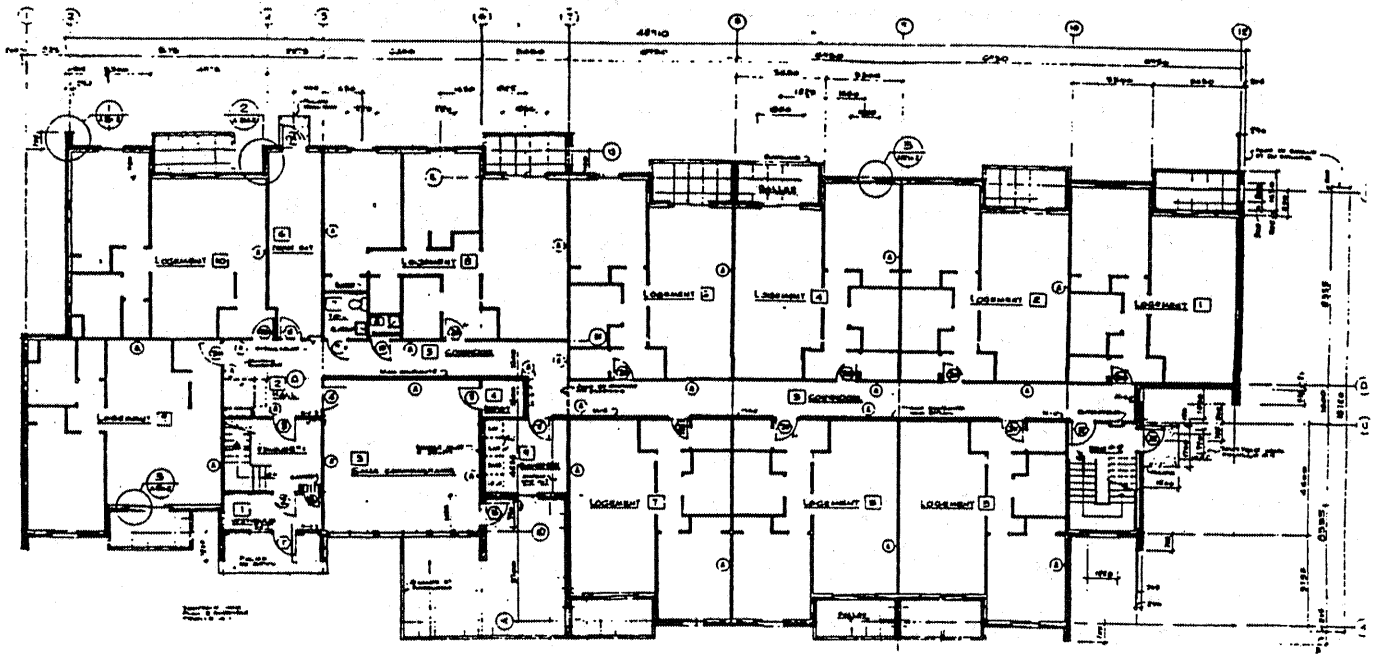
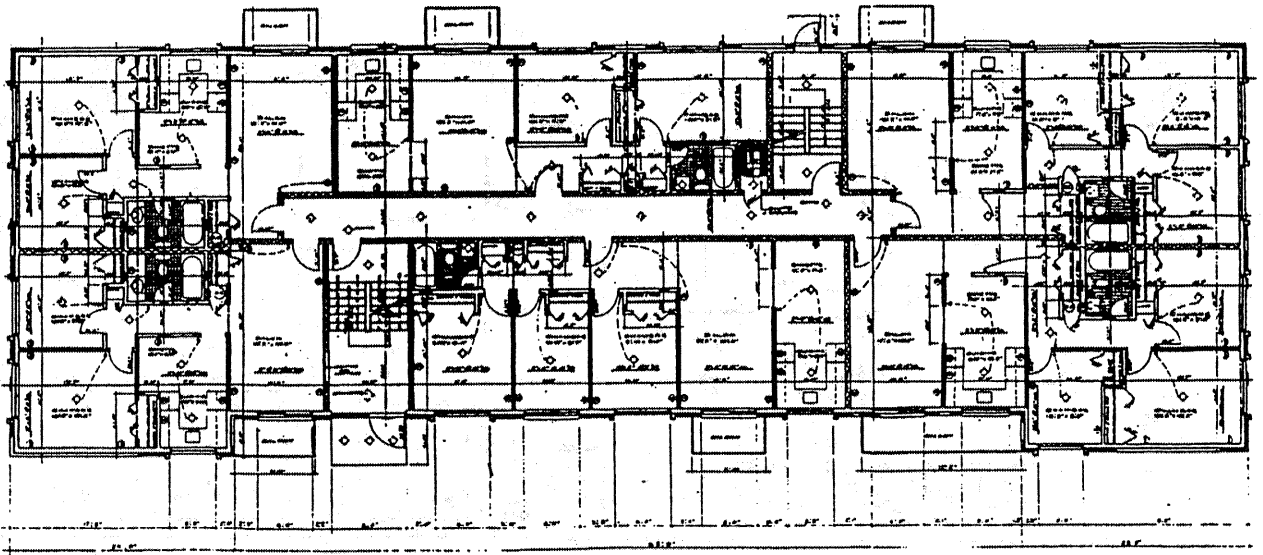


Figure 2.3 - Bâtiment 3



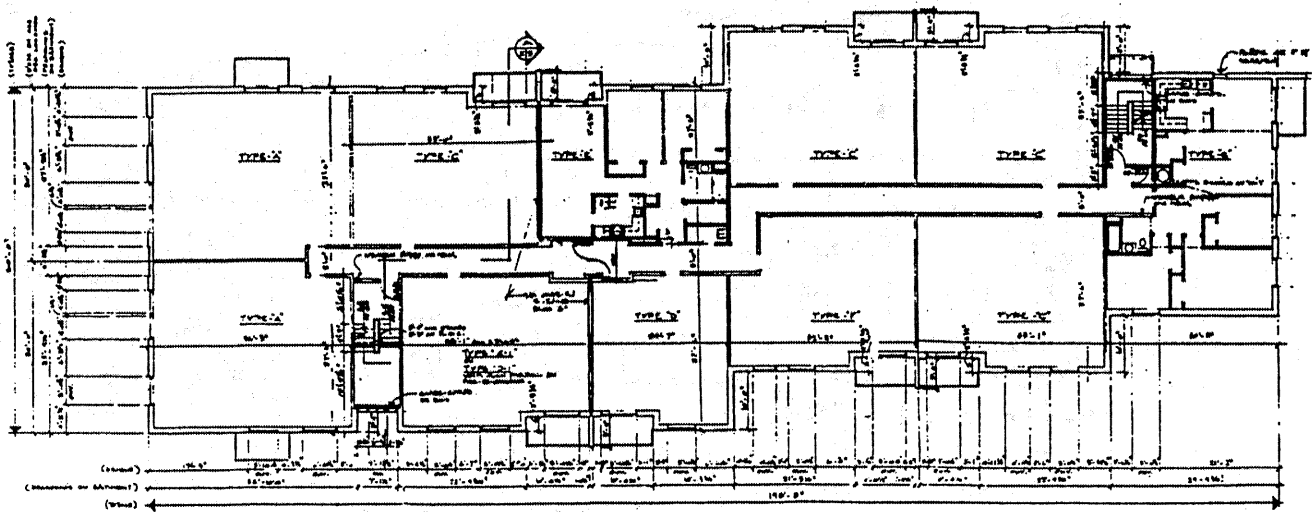
1er ETAGE

Figure 2.4 - Bâtiment 4



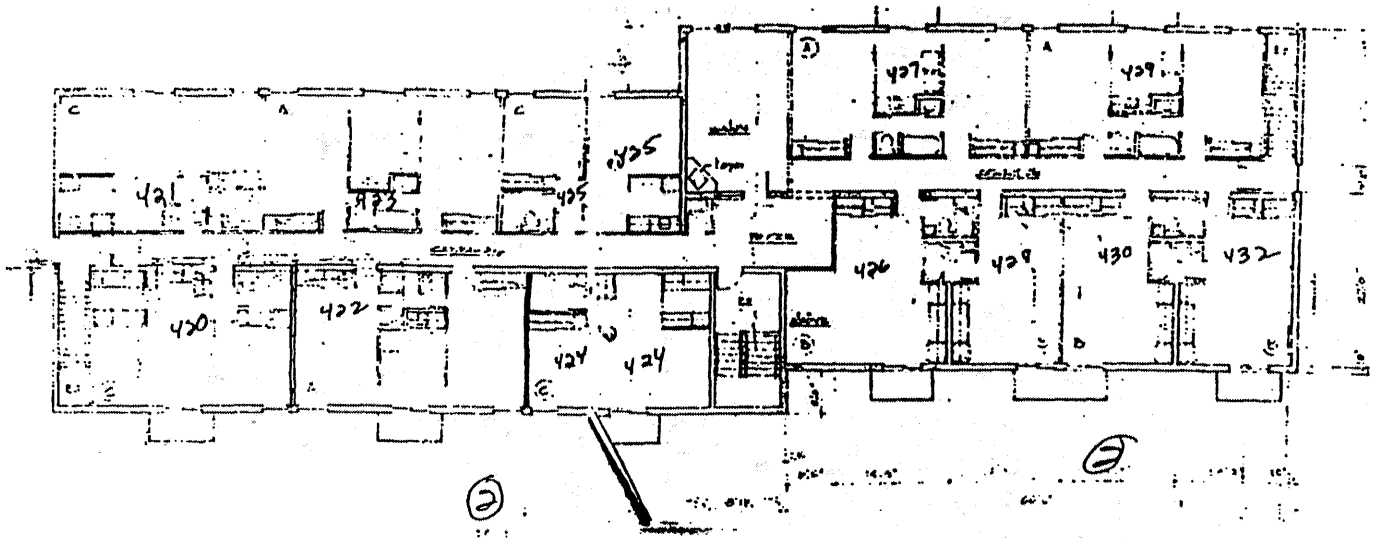
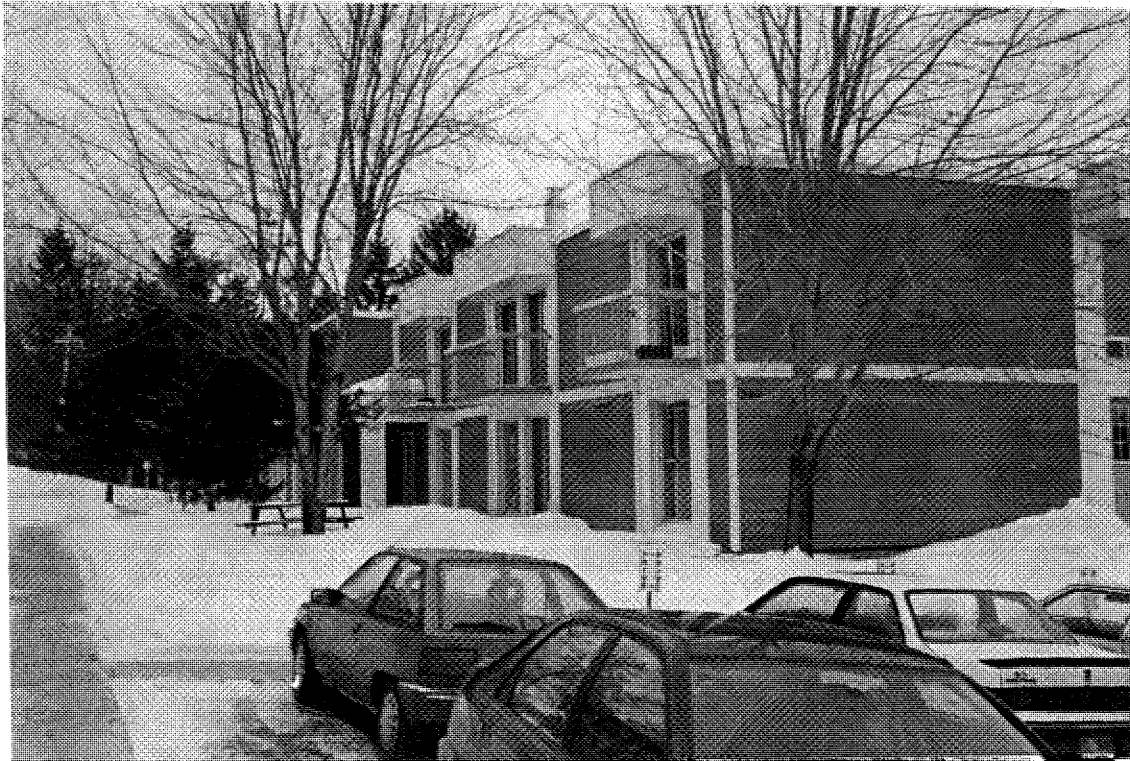
1er et 2e ETAGES

Figure 2.5 - Bâtiment 5



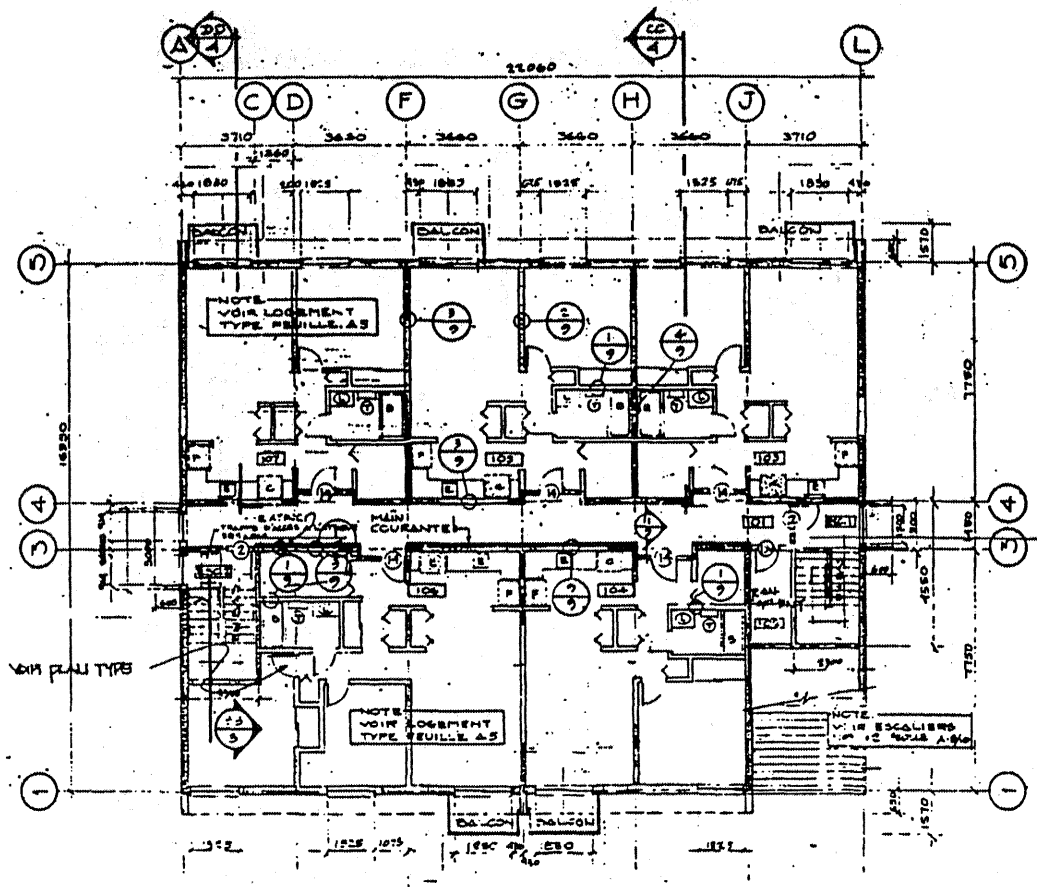
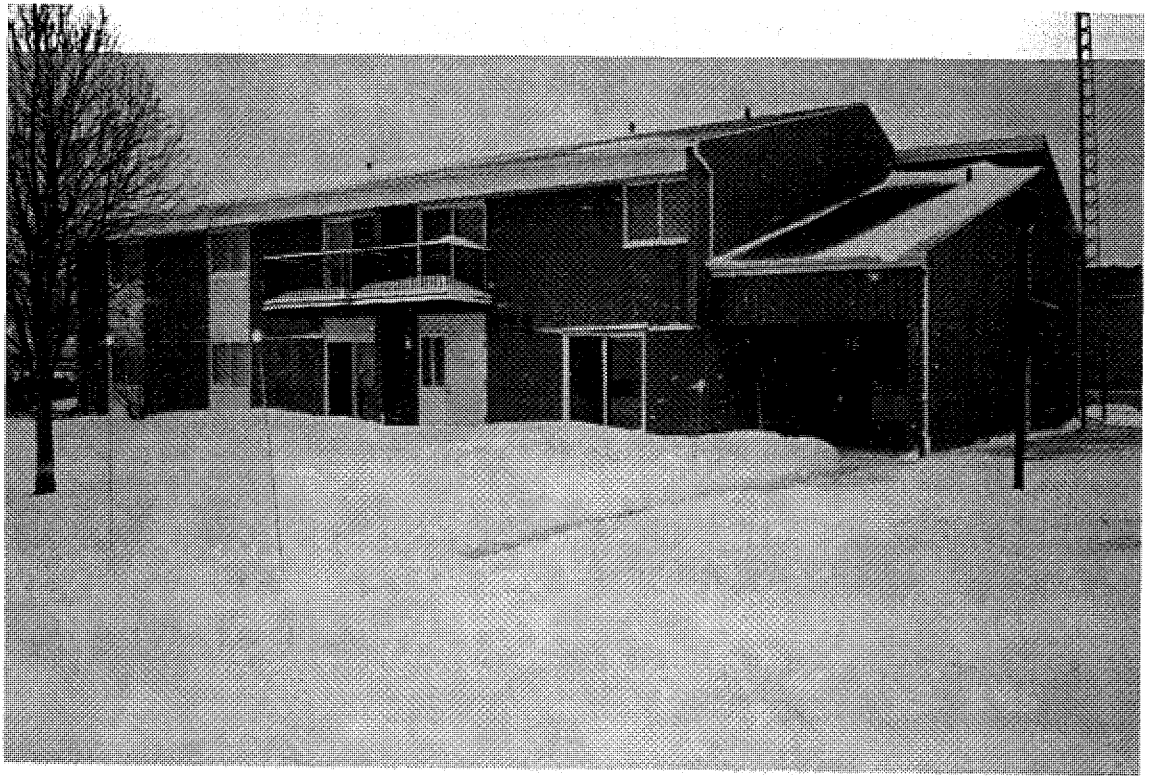
1er, 2e et 3e ETAGES

Figure 2.6 - Bâtiment 6



2ième étage

Figure 2.7 - Bâtiment 7



PLAN DE L'ETAGE.

Figure 2.8 - Bâtiment 8

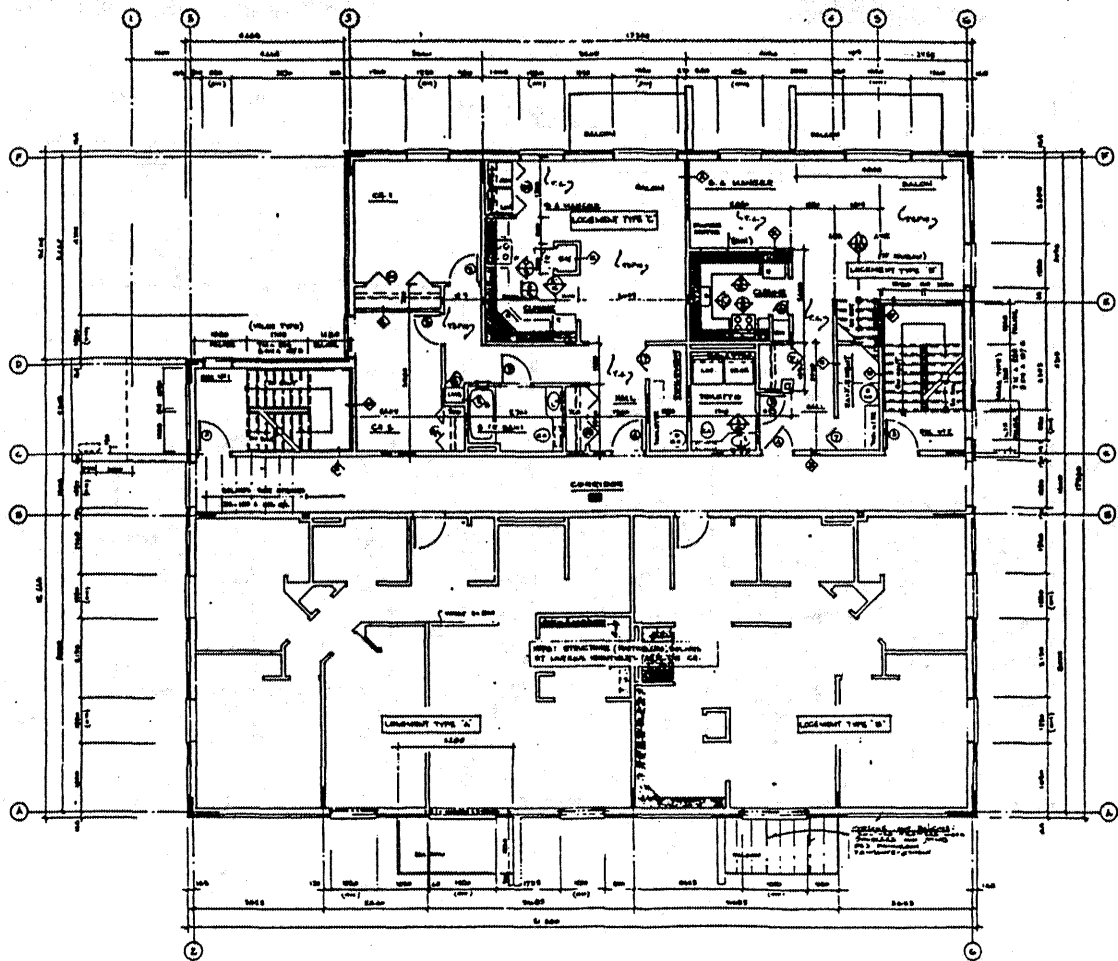
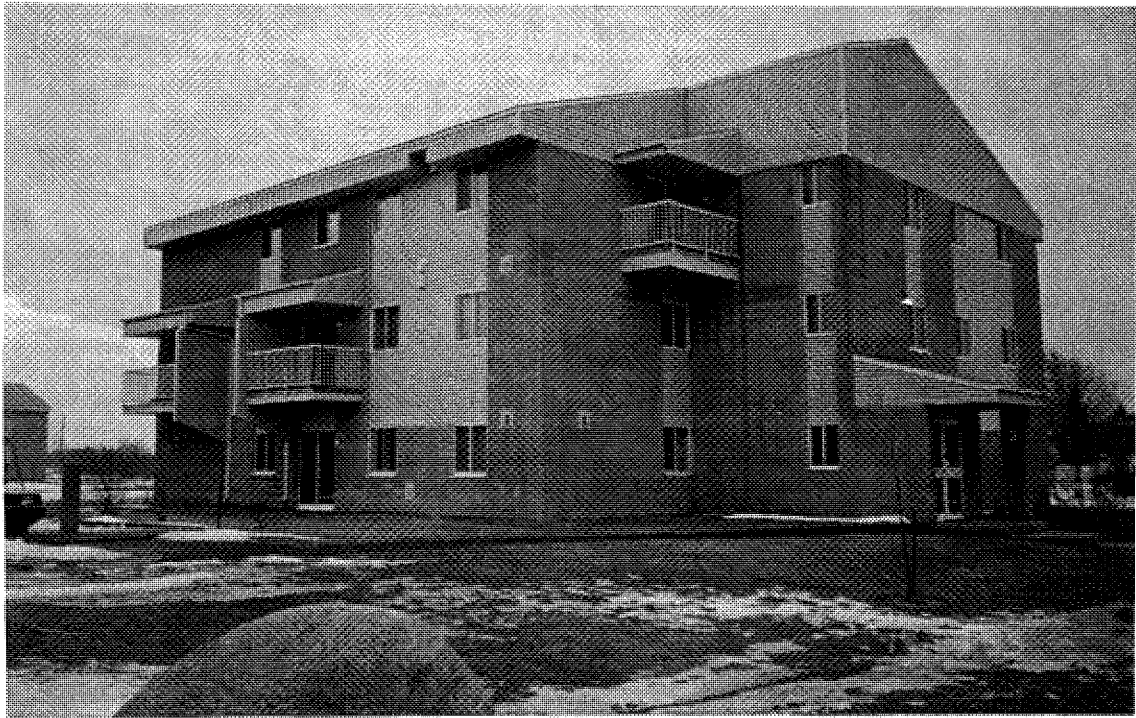
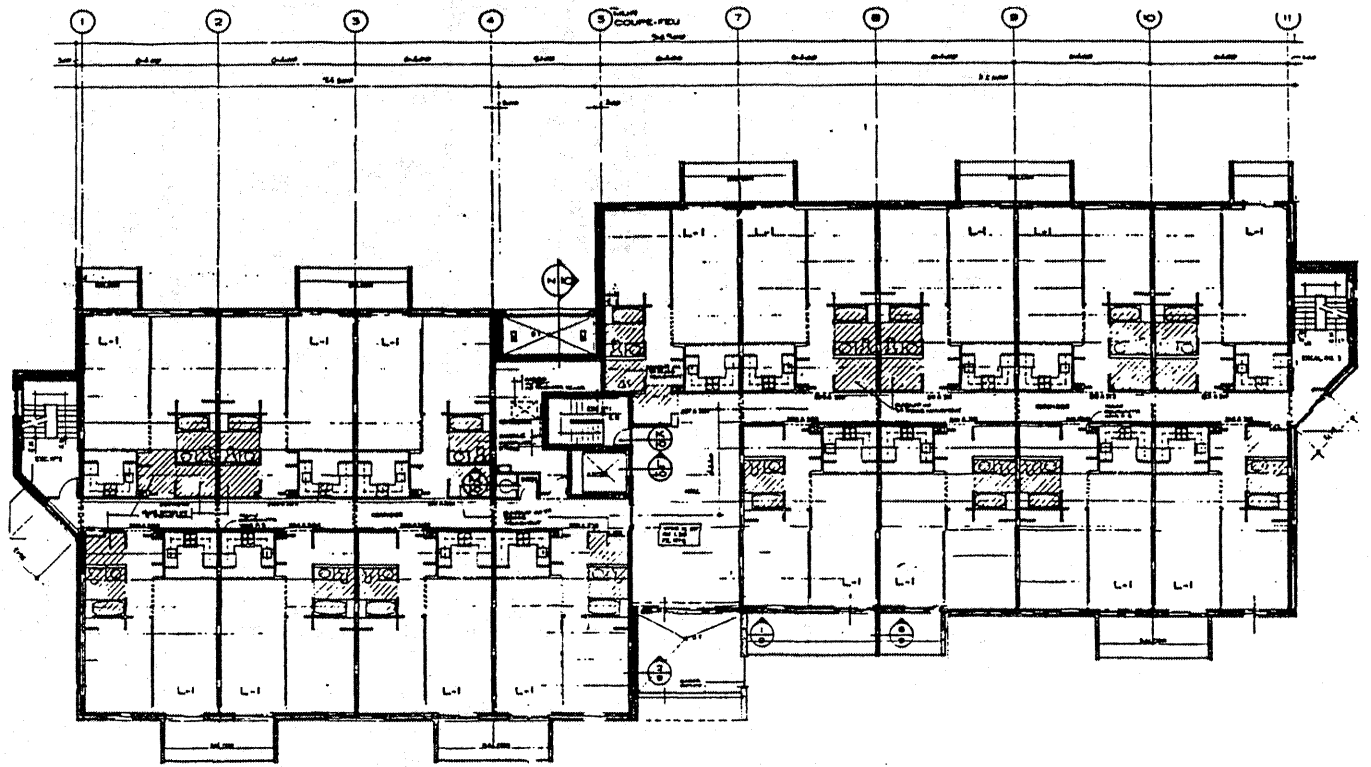


Figure 2.9 - Bâtiment 9



1ER ET 2IEME ETAGE

Figure 2.10 - Bâtiment 10 (première partie)

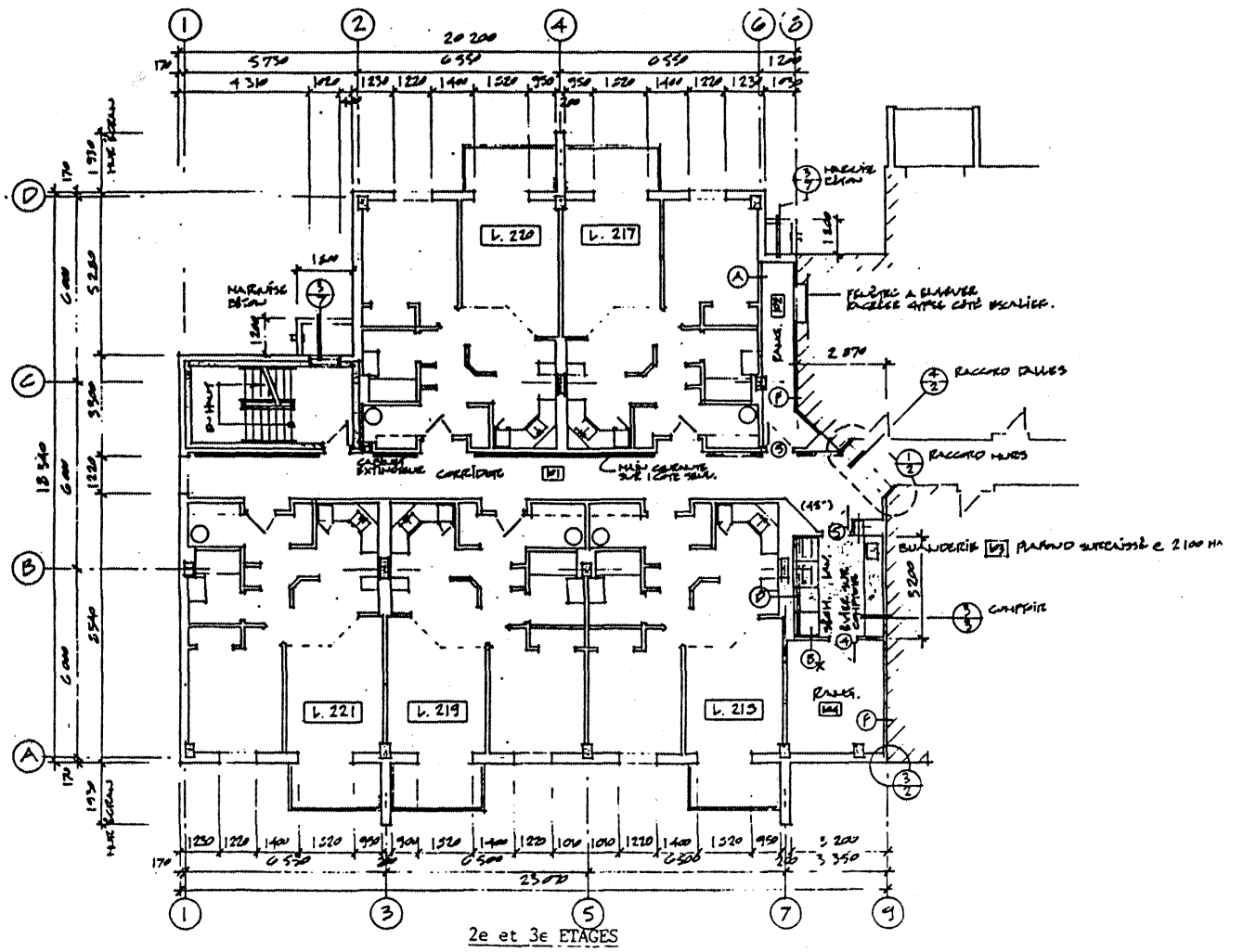


Figure 2.11 - Bâtiment 10 (deuxième partie)

3.1 Généralité

Pour atteindre les objectifs de cette étude, il était absolument essentiel que les relevés des différents paramètres de la qualité de l'air s'effectuent pendant la période d'hiver. Il est évident qu'en période d'été, les fenêtres des logements sont susceptibles d'être ouvertes pour de longues périodes, ce qui a une incidence déterminante sur la qualité de l'air intérieur.

Le mandat d'étude a été confié au consortium DESSAU/SIRICON le 19 janvier 1995 et l'entente a été signée le 26 janvier 1995. L'organisation du projet exigeait une période de deux semaines. Les relevés et les essais dans le premier bâtiment ont donc débuté le lundi 13 février 1995.

Comme on peut le constater, plus de la moitié de la période d'hiver s'était déjà écoulée avant d'amorcer le processus de cueillette des données. Il a été nécessaire d'organiser le projet dans des délais très courts et les différentes interventions dans les bâtiments se sont effectuées en respectant un échéancier très serré.

La disponibilité des ressources tant humaines que matérielles ne nous permettait pas d'organiser les relevés dans tous les bâtiments simultanément. Nous avons toutefois réussi à diminuer d'au moins cinq semaines la période de relevé initialement prévue.

Des contraintes majeures imposées par un échéancier de réalisation serré nous ont forcé à accepter une marge d'erreur plus élevée que celle habituellement exigée pour un projet semblable. Il ne faut donc pas être surpris de constater que certaines données semblent s'écarter des valeurs normales. A titre d'exemple, on peut citer les cas suivants:

3.0 ÉCHÉANCIER ET CONDITIONS CLIMATIQUES

- 5% des enregistrements de température ont été irrécupérables (problèmes associés à la fabrication, à la familiarisation ou à la manipulation des appareils).
- 5% des enregistrements d'humidité relative ont été irrécupérables (problèmes associés à la fabrication, à la familiarisation ou à la manipulation des appareils).
- 10% des enregistrements de CO₂ ont été irrécupérables (problèmes associés au fonctionnement des appareils de conception très récente ou encore causés par une mauvaise manipulation).
- Certaines lectures d'enregistrement du formaldéhyde ou des COVT sont complètement en dehors de la plage normale (directives d'utilisation mal suivies ou manipulation incorrecte).
- Lectures incomplètes des paramètres nécessaires au calcul de la consommation d'eau chaude domestique. Dans certains cas, l'erreur de lecture peut atteindre 15%.
- Lecture des débits des ventilateurs à partir d'une méthodologie qui peut générer une erreur pouvant atteindre 20%.

L'interprétation des résultats doit aussi considérer la courte période allouée pour remplir les différents questionnaires. Compte tenu des contraintes de temps imposées par l'échéancier, les analystes ne recueillaient que la première réaction des occupants des bâtiments. Les diverses réponses peuvent être très subjectives et il ne faut pas y accorder un degré de précision irréaliste ou encore une certitude absolue.

La courte période de relevé a certainement influencé la qualité de certaines données. Toutefois, il est possible de pondérer le degré de confiance qu'on peut accorder aux différentes données. Par exemple, nous avons la certitude que les enregistrements de consommation électrique ont un très grand degré de précision. Il est donc normal de corriger l'incertitude causée par une évaluation approximative de l'usage des appareils électroménagers si on s'aperçoit qu'elle entraîne une consommation énergétique plus élevée que celle effectivement mesurée.

L'analyse des résultats doit donc considérer toutes les contraintes qui ont caractérisé le déroulement de cette étude.

3.2 Échéancier

Un échéancier précisant les dates des différentes interventions dans chacun des bâtiments a été préparé au tout début du projet. Cet échéancier a été remis à chacun des directeurs ou responsables des bâtiments lors d'une rencontre quelques jours avant les premières visites des bâtiments.

A titre de renseignement, une copie de cet échéancier est incluse à la fin de ce chapitre Tableaux 3.2.1 et 3.2.2. En général, les différentes visites ont respecté cet échéancier.

Le tableau au 3.2.3 donne les dates des différentes visites dans chacun des bâtiments. Ces dates sont utiles pour faire une évaluation du potentiel d'ouverture des fenêtres lors des journées plus douces.

TABLEAU 3.2.3

<i>Bâtiments</i>	<i>Essai d'étanchéité</i>	<i>Qualité de l'air</i>		<i>Eau chaude domestique</i>		<i>Ventilation</i>
		<i>Début</i>	<i>Fin</i>	<i>Début</i>	<i>Fin</i>	
Bâtiment #1	95-02-13	95-02-13	95-02-20	95-02-13	95-02-27	95-02-13
Bâtiment #2	95-02-16	95-02-21	95-03-01	95-02-21	95-03-08	95-02-21
Bâtiment #3	95-02-21	95-02-21	95-03-01	95-02-23	95-04-06	95-02-21
Bâtiment #4	95-02-23	95-03-03	95-03-10	95-03-03	95-03-17	95-03-03
Bâtiment #5	95-02-28	95-03-03	95-03-10	95-03-17	95-03-30	95-03-03
Bâtiment #6	95-03-02	95-03-13	95-03-20	95-03-23	95-04-06	95-03-13
Bâtiment #7	95-03-07	95-03-22	95-03-29	95-03-22	95-04-05	95-03-22
Bâtiment #8	95-03-09	95-03-22	95-03-29	95-03-22	95-04-05	95-03-22
Bâtiment #9	95-03-14	95-03-30	95-04-07	95-03-30	95-04-13	95-03-30
Bâtiment #10	95-03-16	95-04-10	95-04-18	95-06-27	95-07-11	95-04-10

3.3 Conditions climatiques

Tel que mentionné précédemment, la fiabilité des enregistrements de la qualité de l'air peut être influencée par l'ouverture des fenêtres des logements. Tous les efforts ont été faits pour réaliser les enregistrements durant la période d'hiver.

La période de relevé des paramètres de qualité de l'air s'est échelonnée du 13 février 1995 au 18 avril 1995. Durant cette période, la température extérieure a varié pour atteindre une température minimale de -23.4°C et atteindre une température maximale de 12°C. (Voir le sommaire des enregistrements d'Environnement Canada pour la station météorologique de l'aéroport de Dorval à la fin de ce chapitre.)

Les périodes les plus froides ont eu lieu les quelques journées précédant, incluant ou suivant le 14 février, le 26 février, le 3 mars et le 10 mars. Les périodes les plus chaudes ont eu lieu les quelques journées précédant, incluant ou suivant le

15 mars, le 29 mars, le 11 avril et le 19 avril.

Selon les observations prises lors des périodes chaudes, les fenêtres des bâtiments ont été ouvertes pour une plus longue durée et à une fréquence plus élevée. Suite à l'analyse des températures extérieures, on peut prévoir que les enregistrements des paramètres de qualité de l'air seront plus faibles pour les bâtiments #6, #7, #8 et #10. Les enregistrements confirment cette hypothèse.

Les taux d'humidité relative devraient être généralement plus bas durant les périodes froides. Toutefois, on observe habituellement un certain retard entre le phénomène d'abaissement de l'humidité dans l'air extérieur et celle mesurée dans les bâtiments. L'humidité accumulée dans les matériaux peut causer ce retard. Les activités dans les logements peuvent aussi influencer ce paramètre de comparaison. Les enregistrements d'humidité relative effectués dans les bâtiments sont semblables et ne permettent pas de vérifier l'influence des conditions météorologiques.

Les essais d'infiltrométrie doivent normalement être effectués lorsque l'influence du vent est très faible. On recommande de ne pas effectuer d'essai s'il y a présence de rafales excédant des vitesses de 15 à 20 km/h. Pour des essais par périodes venteuses, il est préférable d'utiliser les lectures de débit à des pressions différentielles plus élevées (entre 30 et 70 Pa).

Compte tenu du nombre élevé de personnes qui devaient participer aux essais d'infiltrométrie, il était impossible de reporter la date prévue pour les essais. Donc, les essais ont été effectués même si on était en présence de vents lors de la journée planifiée pour la vérification de l'étanchéité.

3.0 ÉCHÉANCIER ET CONDITIONS CLIMATIQUES

On devra donc considérer que les conditions de vent peuvent affecter la précision des lectures pour certains bâtiments.

Les essais ont été effectués par conditions venteuses dans les bâtiments suivants:

- Bâtiment #1
- Bâtiment #2
- Bâtiment #3
- Bâtiment #5
- Bâtiment #7
- Bâtiment #8

Toutes les informations sur les conditions horaires des vents sont disponibles sur les enregistrements des conditions météorologiques de la station de l'aéroport de Dorval (voir le sommaire des relevés à la fin de ce chapitre).

**ÉCHÉANCIER DES INTERVENTIONS
DANS LES DIFFÉRENTS BÂTIMENTS**

TABLEAUX 3.2.1 ET 3.2.2

	AVRIL																														MAI																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Bâtiment 1	I	I					I	I					I	I	I							I	I						I	I																															
Bâtiment 2	I	I					I	I					I	I	I							I	I							I	I																														
Bâtiment 3	I	I				C	I	I					I	I	I							I	I							I	I																														
Bâtiment 4	I	I					I	I					I	I	I							I	I							I	I																														
Bâtiment 5	I	I					I	I				C	I	I	I							I	I							I	I																														
Bâtiment 6	I	I				C	I	I					I	I	I							I	I							I	I																														
Bâtiment 7	I	I			C	I	I						I	I	I							I	I							I	I																														
Bâtiment 8	I	I		C	I	I							I	I	I							I	I							I	I																														
Bâtiment 9	I	I					R	I				C	I	I	I							I	I							I	I																														
Bâtiment 10	I	I						P					I	I	I			R						C	I	I				I	I																														

LÉGENDE: I : Infiltrométrie
P : Pose des sondes et des compteurs d'heures
R : Récupération des sondes
C : Récupération des compteurs d'heures
PC : Pose des compteurs d'heures seulement
PS : Pose des sondes seulement

Tableau 3.2.2

SOMMAIRE DES ENREGISTREMENTS

MÉTÉOROLOGIQUES MENSUELS

FÉVRIER 1995

MARS 1995

AVRIL 1995



Environnement
Canada
Service
de l'environnement
atmosphérique

Environment
Canada
Atmospheric
Environment
Service

SOMMAIRE MÉTÉOROLOGIQUE MENSUEL MONTHLY METEOROLOGICAL SUMMARY

AÉROPORT INT'L DE MONTREAL (DORVAL)
MONTREAL INT'L AIRPORT (DORVAL)

FEBRIER 1995
FEBRUARY 1995

LAT: 45° 28' N		LONG: 73° 45' W		ALTITUDE: ELEVATION: 35.7		MÈTRES (NMM) METRES (ASL)		HEURE NORMALE UTILISÉE: STANDARD TIME USED: Est Eastern												
DATE	TEMPÉRATURE TEMPERATURE			DEGRÉS-JOURS DEGREE-DAYS			HUMIDITÉ REL. REL. HUMIDITY		ORAGE THUNDERSTORM	PRÉCIPITATIONS PRECIPITATION			NEIGE AU SOL SNOW ON GROUND	VENT WIND			INSOLATION EFFECTIVE BRIGHT SUNSHINE			
	MAXIMALE MAXIMUM	MINIMALE MINIMUM	MOYENNE MEAN	DE CHAUFFE HEATING	DE CROISSANCE GROWING	DE RÉFÉRIÉRATION COOLING	MAXIMALE MAXIMUM	MINIMALE MINIMUM		PLUIE (HAUTEUR) RAINFALL	NEIGE (HAUTEUR) SNOWFALL	PRÉCIP. TOTALE TOTAL PRECIP.		VITESSE MOYENNE AVERAGE SPEED	DIRECTION DOMINANTE PREVAILING DIRECTION	VITESSE MOYENNE MAX. SUR 2 MIN & DIRECTION MAX 2 MIN MEAN SPEED & DIRECTION		HEURES HOURS		
	°C	°C	°C	BASE 18.0°C	BASE 5°C	BASE 18.0°C	%	%		mm	cm	mm	cm	km/h	MPH	MPH				
1	2.1	-7.9	-2.9	20.9			100	59			2.8	2.8	5	20.2	WSW	WSW	28	0.0		
2	-7.9	-15.4	-11.7	29.7			73	58					4	12.4	N	N	26	9.3		
3	-8.8	-17.9	-13.4	31.4			67	41					4	5.0	NNE	NNE*	9	9.0		
4	-6.7	-13.9	-10.3	28.3			93	58			9.2	9.2	4	20.1	NNE	NE	30	0.0		
5	-7.7	-23.1	-15.4	33.4			100	53			8.6	8.2	7	34.3	W	W	44	0.1		
6	-22.4	-27.5	-25.0	43.0			60	48			0.2	0.2	4	32.6	W	WNW	43	5.8		
7	-15.0	-23.1	-19.1	37.1			63	46			TR	TR	4	18.6	WSW	W*	28	9.2		
8	-11.5	-22.2	-16.9	34.9			68	45			TR	TR	4	18.6	WSW	WSW	41	6.7		
9	-4.6	-13.3	-9.0	27.0			94	60			1.2	1.2	4	26.7	WSW	SW	35	0.4		
10	-6.9	-16.5	-11.7	29.7			91	39			3.0	3.0	4	11.8	NE	W	26	6.8		
11	-3.3	-15.1	-9.2	27.2			94	46			3.2	3.2	8	24.2	WSW	WSW	46	5.0		
12	-14.9	-19.8	-17.4	35.4			74	42			0.6	0.6	5	26.8	WSW*	W	43	7.1		
13	-5.9	-17.8	-11.9	29.9			81	48			TR	TR	4	20.2	SW	SW	31	6.0		
14	-6.9	-13.3	-10.1	28.1			78	54					3	21.5	W	W	33	9.7		
15	3.7	-13.5	-4.9	22.9			100	52			2.2	5.4	3	17.8	SE*	S	35	2.1		
16	3.1	-5.3	-1.1	19.1			92	62		TR	TR	TR	5	25.5	W	WSW	41	6.9		
17	-0.5	-11.0	-5.8	23.8			79	55			TR	TR	5	12.9	SW	SW*	28	7.3		
18	3.9	-4.6	-0.4	18.4			86	60					5	11.5	WSW	WSW	33	6.7		
19	5.0	-7.7	-1.4	19.4			92	59					4	9.8	N*	W	26	2.5		
20	-0.7	-8.1	-4.4	22.4			75	57			TR	TR	3	19.5	NE	NE	30	5.7		
21	-3.2	-6.2	-4.7	22.7			93	71			3.8	3.8	5	16.6	NNE	N	26	0.0		
22	-6.1	-9.7	-7.9	25.9			84	62			0.4	0.4	5	10.5	N	N	19	5.1		
23	2.1	-7.0	-2.5	20.5			100	51		TR	4.8	4.4	9	7.2	SSE	SSE*	15	7.6		
24	1.0	-13.2	-6.1	24.1			100	70		0.4	1.4	1.8	9	24.0	W	W	44	3.3		
25	-11.7	-19.5	-15.6	33.6			70	37					8	25.5	W	W	35	9.6		
26	-13.5	-23.7	-18.6	36.6			57	34					8	7.3	WNW	WNW	13	10.4		
27	-8.3	-18.7	-13.5	31.5			90	36			9.0	9.0	8	16.4	NNE	NE	24	0.0		
28	-4.1	-9.7	-6.9	24.9			89	70			2.0	2.0	10	17.2	NNE	NNE	22	0.0		
	MOY. MEAN	MOY. MEAN	MOY. MEAN	TOTAL	TOTAL	TOTAL	MOY. MEAN	MOY. MEAN	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL		MOY. MEAN	DOMINANTE PREVAILING	MAXIMALE	TOTAL			
	5.3	-14.5	-9.9	781.8			84	53		2.6	55.6	58.0		18.4	W	WSW	46	142.3		
NORMALE NORMAL	-4.2	-13.5	-8.8	759.3						18.8	41.2	56.4		16.0	W			123.0		
SOMMAIRE DE DEGRÉS-JOURS/DEGREE-DAY SUMMARY										JOURS AVEC PRÉCIPITATIONS TOTALES: DAYS WITH TOTAL PRECIPITATION:					JOURS AVEC CHÛTE DE NEIGE: DAYS WITH SNOWFALL:					
AU-DESSOUS DE 18°C BELOW 18°C		ANNÉE EN COURS THIS YEAR		ANNÉE PRÉCÉDENTE PREVIOUS YEAR		NORMALE NORMAL		AU-DESSUS DE 5°C ABOVE 5°C		ANNÉE EN COURS THIS YEAR		ANNÉE PRÉCÉDENTE PREVIOUS YEAR		NORMALE NORMAL		mm				
TOTAL DU MOIS TOTAL FOR MONTH		781.8		834.6		759.3		TOTAL DU MOIS TOTAL FOR MONTH								0.2 OU PLUS OR MORE				
ACCUMULÉE DEPUIS LE 1 ^{ER} JUILLET ACCUMULATED SINCE JULY 1		3024.4		3637.8		3360.2		ACCUMULÉE DEPUIS LE 1 ^{ER} AVRIL ACCUMULATED SINCE APRIL 1								15 12 10 0 0 15 12 10 0 0				

551.506.1 ()

Avis/Note

1. Journée climatologique/Climatological Day
2. Normale/Normal 1961-1990
3. TR = Trace
4. M = Manquant/Missing
5. Pas de valeur/No entry = Pas d'événement/No occurrence
6. * Indique la première de plusieurs des directions dominantes et/ou la vitesse moyenne maximale sur 2 minutes (voir page 4)./Indicate first or more than one prevailing direction and/or maximum 2 minute mean speed (see page 4).
7. C = Calme/Calm



Tous droits réservés / All Rights Reserved



Environnement
Canada

Environment
Canada

Service
de l'environnement
atmosphérique

Atmospheric
Environment
Service

SOMMAIRE MÉTÉOROLOGIQUE MENSUEL MONTHLY METEOROLOGICAL SUMMARY

AEROPORT INT'L DE MONTREAL (DORVAL)
MONTREAL INT'L AIRPORT (DORVAL)

MARS 1995
MARCH 1995

LAT: 45° 28' N		LONG: 73° 45' W		ALTITUDE: ELEVATION: 35.7		MÈTRES (NMM) METRES (ASL)		HEURE NORMALE UTILISÉE: STANDARD TIME USED: Est Eastern										
DATE	TEMPÉRATURE TEMPERATURE			DEGRÉS-JOURS DEGREE-DAYS			HUMIDITÉ REL. REL. HUMIDITY		ORAGE THUNDERSTORM	PRÉCIPITATIONS PRECIPITATION			NEIGE AU SOL SNOW ON GROUND	VENT WIND			INSOLATION EFFECTIVE BRIGHT SUNSHINE	
	MAXIMALE MAXIMUM	MINIMALE MINIMUM	MOYENNE MEAN	DE CHAUFFE HEATING	DE CROISSANCE GROWING	DE RÉFÉRIÉRATION COOLING	MAXIMALE MAXIMUM	MINIMALE MINIMUM		PLUIE (HAUTEUR) RAINFALL	NEIGE (HAUTEUR) SNOWFALL	PRÉCIP. TOTALE TOTAL PRECIP		VITESSE MOYENNE AVERAGE SPEED	DIRECTION DOMINANTE PREVAILING DIRECTION	VITESSE MOYENNE MAX. SUR 2 MIN & DIRECTION MAX 2 MIN MEAN SPEED & DIRECTION		HEURES HOURS
	°C	°C	°C	BASE 18.0°C	BASE 5°C	BASE 18.0°C	%	%	mm	cm	mm	km/h		km/h				
1	-3.6	-11.3	-7.5	25.5			92	75			0.8	0.8	11	8.6	SW	NNE* 15	1.8	
2	-6.8	-17.3	-12.1	30.1			98	47					11	8.5	W	SW 22	6.2	
3	-5.1	-22.9	-14.0	32.0			78	28					11	5.9	SW	WSW 19	8.5	
4	0.3	-14.5	-7.1	25.1			92	46					10	4.5	S*	S 11	10.3	
5	-2.1	-12.4	-7.3	25.3			96	57			1.0	1.0	9	17.0	NE	NE 30	8.2	
6	-1.5	-7.2	-4.4	22.4			99	86		1.8	6.4	8.2	11	13.8	NNE	NNE 31	0.0	
7	7.4	-5.5	1.0	17.0			93	76		0.8	TR	0.8	11	20.5	NE	SSE 31	0.0	
8	7.9	-6.6	0.7	17.3			100	88		2.6	10.6	13.2	6	19.3	W	W 30	0.0	
9	-5.8	-13.9	-9.9	27.9			100	56			4.2	4.2	9	19.7	NW	W 33	4.3	
10	-7.8	-18.0	-12.9	30.9			64	47					7	17.3	WSW	W 28	9.8	
11	-5.1	-15.6	-10.4	28.4			89	46			2.6	2.6	6	10.8	NE	NE 17	2.8	
12	5.4	-9.0	-1.8	19.8			83	56					7	13.7	NNE	NNE 22	6.1	
13	10.8	-0.6	5.1	12.9	0.1		93	64					4	6.1	S	SSW 13	8.8	
14	8.9	2.5	5.7	12.3	0.7		89	68					4	5.6	NNE	NNE 11	0.9	
15	10.5	1.6	6.1	11.9	1.1		96	63		1.4	1.4	TR	TR	6.0	N	NNE 13	3.2	
16	10.8	2.0	6.4	11.6	1.4		99	78		2.2	2.2	TR	TR	6.5	S	NE 15	3.6	
17	4.1	1.3	2.7	15.3			100	97		1.4	1.4	TR	TR	5.1	N*	N 13	0.0	
18	5.8	-0.7	2.6	15.4			100	73		0.1	0.1			5.5	NW*	WNW 15	0.0	
19	7.9	-2.2	2.9	15.1			96	50						10.5	NE	NE 19	8.7	
20	10.5	0.2	5.4	12.6	0.4		87	63		0.8	0.8			10.4	SSE	SE* 15	2.8	
21	8.5	4.1	6.3	11.7	1.3		100	77		7.6	7.6			13.5	SE*	WSW* 22	0.0	
22	7.9	1.0	4.5	13.5			93	61		1.2	1.2			16.0	W	W 26	3.4	
23	6.6	-2.0	2.3	15.7			95	57		TR	TR			13.0	NE	W* 22	1.3	
24	2.5	-5.1	-1.3	19.3			85	38						9.3	NNE	NNE 20	5.7	
25	10.1	-5.1	2.5	15.5			60	26						18.3	NW	NNW 28	7.9	
26	10.0	-3.7	3.2	14.8			65	29						12.3	NNW	NNE 20	10.3	
27	9.2	-1.3	4.0	14.0			59	28						12.2	N	NNE 20	10.8	
28	11.9	-3.9	4.0	14.0			80	23						7.6	NNE*	NNE 19	11.8	
29	12.0	-4.0	4.0	14.0			72	24						5.8	NE	NE 13	8.0	
30	10.0	1.0	5.5	12.5	0.5		91	40		0.4	0.4			11.1	SSW	SW 22	1.0	
31	7.2	-4.2	1.5	16.5			94	52		TR	TR			18.0	WSW*	W 30	1.8	
	MOY. MEAN	MOY. MEAN	MOY. MEAN	TOTAL	TOTAL	TOTAL	MOY. MEAN	MOY. MEAN	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL		MOY. MEAN	DOMINANTE PREVAILING	MAXIMALE	TOTAL	
	4.8	-5.6	-0.4	570.3			88	55		20.3	25.6	45.9		11.4	NE	W	33	148.0
NORMALE NORMAL	2.0	-6.9	-2.4	633.7					1	34.1	31.3	67.6		16.0	W			158.7

SOMMAIRE DE DEGRÉS-JOURS/DEGREE-DAY SUMMARY

JOURS AVEC PRÉCIPITATIONS TOTALES:
DAYS WITH TOTAL PRECIPITATION:

JOURS AVEC CHÛTE DE NEIGE:
DAYS WITH SNOWFALL:

AU-DESSOUS DE 18°C BELOW 18°C	ANNÉE EN COURS THIS YEAR	ANNÉE PRÉCÉDENTE PREVIOUS YEAR	NORMALE NORMAL	AU-DESSUS DE 5°C ABOVE 5°C	ANNÉE EN COURS THIS YEAR	ANNÉE PRÉCÉDENTE PREVIOUS YEAR	NORMALE NORMAL	mm					cm				
								0.2 OU PLUS OR MORE	1.0 OU PLUS OR MORE	2.0 OU PLUS OR MORE	10.0 OU PLUS OR MORE	50.0 OU PLUS OR MORE	0.2 OU PLUS OR MORE	1.0 OU PLUS OR MORE	2.0 OU PLUS OR MORE	10.0 OU PLUS OR MORE	50.0 OU PLUS OR MORE
TOTAL DU MOIS TOTAL FOR MONTH	570.3	651.4	633.7	TOTAL DU MOIS TOTAL FOR MONTH				15	10	6	1	0	6	5	4	1	0
ACCUMULÉE DEPUIS LE 1 ^{er} JUILLET ACCUMULATED SINCE JULY 1	3594.7	4289.2	3993.9	ACCUMULÉE DEPUIS LE 1 ^{er} AVRIL ACCUMULATED SINCE APRIL 1				REQU									

51.506.1 ()

Avis/Note

- Journée climatologique/Climatological Day
- Normale/Normal 1961-1990
- TR = Trace
- M = Manquant/Missing
- Pas de valeur/No entry = Pas d'événement/No event
- * Indique la première de plusieurs des directions dominantes et/ou la vitesse moyenne maximale sur 2 minutes (voir page 4). Indicate first or more than one prevailing direction and/or maximum 2 minute mean speed (see page 4).
- C = Calme/Calm

13 AVR. 1995

DESSAU INC



Tous droits réservés / All Rights Reserved



Environnement
Canada
Service
de l'environnement
atmosphérique

Environment
Canada
Atmospheric
Environment
Service

SOMMAIRE MÉTÉOROLOGIQUE MENSUEL MONTHLY METEOROLOGICAL SUMMARY

AÉROPORT INT'L DE MONTREAL (DORVAL)
MONTREAL INT'L AIRPORT (DORVAL)

AVRIL 1995
APRIL 1995

LAT: 45° 28' N		LONG: 73° 45' W		ALTITUDE: ELEVATION: 35.7		METRES (NMM) METRES (ASL)		HEURE NORMALE UTILISEE STANDARD TIME USED		Est Eastern									
DATE	TEMPERATURE TEMPERATURE			DEGRES-JOURS DEGREE-DAYS			HUMIDITE REL. REL. HUMIDITY		ORAGE THUNDERSTORM	PRECIPITATIONS PRECIPITATION			NEIGE AU SOL SNOW ON GROUND	VENT WIND			INSOLATION EFFECTIVE BRIGHT SUNSHINE		
	MAXIMALE MAXIMUM	MINIMALE MINIMUM	MOYENNE MEAN	DE CHAUFFE HEATING	DE CROISSANCE GROWING	DE REFRIGERATION COOLING	MAXIMALE MAXIMUM	MINIMALE MINIMUM		PLUIE (HAUTEUR) RAINFALL	NEIGE (HAUTEUR) SNOWFALL	PRECIP. TOTALE TOTAL PRECIP.		VITESSE MOYENNE AVERAGE SPEED	DIRECTION DOMINANTE PREVAILING	DIRECTION		VITESSE MOYENNE MAX SUR 2 MIN A DIRECTION MAX 2 MIN MEAN SPEED & DIRECTION	HEURES HOURS
	°C	°C	°C	BASE 18 0°C	BASE 5 0°C	BASE 18 0°C	%	%	mm	cm	mm	cm	km/h		km/h				
1	3.9	-5.8	-1.0	19.0			76	24							9.1	N	NNW	17	11.4
2	6.7	-6.8	-0.1	18.1			70	21							7.0	NNE	N	17	11.7
3	7.6	-3.2	2.2	15.8			91	24							14.2	SSE	SSE	31	4.5
4	9.6	-12.1	-1.3	19.3			92	44	1	0.8	0.8				25.8	SE	W	59	1.1
5	-5.1	-14.5	-9.8	27.8			40	27							32.3	WNW	W	50	9.9
6	-2.1	-12.6	-7.4	25.4			86	33							9.5	W	NW*	15	5.2
7	4.3	-11.0	-3.4	21.4			90	27							9.5	W	WSW	20	12.1
8	6.9	-7.7	-0.4	18.4			76	23							5.5	SSE	SSE	13	6.6
9	10.0	-6.4	1.8	16.2			84	26							19.6	W	MNW	35	4.0
10	7.7	-7.8	-0.1	18.1			65	25							10.3	W	W	20	12.1
11	11.1	-3.1	4.0	14.0			65	20							11.8	NE	NE*	19	7.8
12	11.8	7.1	9.5	8.5	4.5		100	30							20.2	SSE	SSE	30	0.0
13	10.5	2.3	6.4	11.6	1.4		100	52							20.2	SW	SW	37	4.5
14	7.9	0.8	4.4	13.6			94	56							21.2	WNW	NW	31	2.5
15	6.1	-1.3	2.4	15.6			91	53							24.0	W	W	39	1.6
16	4.7	-1.2	1.8	16.2			83	50							18.8	WNW	WNW	24	1.4
17	8.5	-5.0	1.8	16.2			87	52							8.0	SSW	SSW	15	11.8
18	12.4	-0.3	6.1	11.9	1.1		100	35							9.4	NNE	NNE	15	11.7
19	16.4	7.5	12.0	6.0	7.0		89	41							24.7	SW	SW	44	3.0
20	12.4	4.1	8.3	9.7	3.3		76	44							17.0	W	WNW	31	11.0
21	14.8	4.1	9.5	8.5	4.5		91	45							21.1	NE	SE	37	3.5
22	12.0	3.4	7.7	10.3	2.7		97	54							28.3	W	W	37	3.5
23	8.3	-0.6	3.9	14.1			65	37							23.2	WNW	W	33	13.3
24	12.2	-4.2	4.0	14.0			81	28							15.9	W	W	26	12.8
25	12.5	0.9	6.7	11.3	1.7		60	35							6.9	N *	S	15	6.4
26	14.3	3.9	9.1	8.9	4.1		83	37							20.8	WSW	W *	31	3.4
27	13.2	3.2	8.2	9.8	3.2		85	53							8.0	E	ESE	15	2.9
28	13.5	6.2	9.9	8.1	4.9		100	53							11.8	WSW*	SW	26	2.9
29	11.0	4.6	7.8	10.2	2.8		97	64							9.3	SW	SW	19	0.4
30	11.9	4.6	8.3	9.7	3.3		96	57							6.4	N	NNE	15	4.2
	MOY MEAN	MOY MEAN	MOY MEAN	TOTAL	TOTAL	TOTAL	MOY MEAN	MOY MEAN	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	MOY MEAN	DOMINANTE PREVAILING	MAXIMALE	TOTAL			
	9.2	-1.7	3.7	427.7	44.5		84	39	1	69.2	1.0	70.2	15.7	W	W	59	187.2		
NORMALE NORMAL	10.7	0.6	5.7	370.1	65.7	0.4			1	62.6	10.9	74.8	16.0	W			182.5		
SOMMAIRE DE DEGRES-JOURS/DEGREE-DAY SUMMARY										JOURS AVEC PRECIPITATIONS TOTALES DAYS WITH TOTAL PRECIPITATION					JOURS AVEC CHUTE DE NEIGE DAYS WITH SNOWFALL				
AU-DESSOUS DE 18°C BELOW 18°C	ANNEE EN COURS THIS YEAR	ANNEE PRECEDENTE PREVIOUS YEAR	NORMALE NORMAL	AU-DESSUS DE 5°C ABOVE 5°C	ANNEE EN COURS THIS YEAR	ANNEE PRECEDENTE PREVIOUS YEAR	NORMALE NORMAL	mm					cm						
TOTAL DU MOIS TOTAL FOR MONTH	427.7	380.2	370.1	TOTAL DU MOIS TOTAL FOR MONTH	44.5	53.0	65.7	0.2	1.0	2.0	10.0	50.0	0.2	1.0	2.0	10.0	50.0		
ACCUMULEE DEPUIS LE 1 ^{er} JUILLET ACCUMULATED SINCE JULY 1	4022.4	4669.4	4364.0	ACCUMULEE DEPUIS LE 1 ^{er} AVRIL ACCUMULATED SINCE APRIL 1	44.5	53.0	65.7	12	8	6	4	0	1	1	0	0	0		

UDC 551.506.1 ()

Avis/Note

1. Journée climatologique/Climatological Day
2. Normale/Normal 1961-1990
3. TR = Trace
4. M = Manquant/Missing
5. Pas de valeur/No entry = Pas d'événement/No occurrence
6. * Indique la première de plusieurs des directions dominantes et/ou la vitesse moyenne maximale sur 2 minutes (voir page 4)/Indicate first or more than one prevailing direction and/or maximum 2 minute mean speed (see page 4).
7. C = Calme/Calm



REÇU

18 MAI 1995

DESSAU INC.

Tout droits réservés / All Rights Reserved

4.1 Objectif

L'étanchéité de l'enveloppe thermique des bâtiments de type résidentiel joue un rôle très important dans la performance énergétique de ces constructions. On estime que l'infiltration d'air peut représenter plus de 50% de la perte thermique d'une résidence unifamiliale de taille moyenne.

Malheureusement, malgré son impact considérable, on constate une très grande différence dans le comportement de l'enveloppe des bâtiments face à l'étanchéité à l'air. Toutes sortes de facteurs sont à l'origine de cette diversité de comportement. Les principaux sont: la qualité de la main-d'oeuvre lors de la construction, l'agencement des matériaux utilisés, le type de construction et plus généralement, une sous-évaluation des problèmes liés à ce phénomène.

Un bâtiment non étanche sera caractérisé par une forte infiltration d'air. On peut définir le phénomène "infiltration" comme étant toute entrée d'air extérieur non contrôlée au travers de l'enveloppe d'un bâtiment. En général, l'air s'infiltré par les fissures ou ouvertures non étanches qui résultent de l'assemblage des matériaux composant les murs extérieurs ou les sorties de service d'un bâtiment.

Dans le secteur résidentiel, l'infiltration est généralement provoquée par l'effet cheminée ou effet de tirage (décrit plus loin), par la force des vents (décrit plus loin) ou par évacuation mécanique. Ainsi, en raison des phénomènes qui sont la cause de l'infiltration, l'apport d'air neuf associé à l'infiltration est très aléatoire. De plus, il est localisé à des endroits qui n'assurent pas toujours une dilution uniforme des contaminants.

Malgré ce constat évident, on pense que l'infiltration peut contribuer à la ventilation d'un bâtiment. On qualifie même ce phénomène de "ventilation

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

naturelle". La ventilation, qu'elle soit mécanique ou "naturelle", est essentielle pour maintenir la qualité d'air à l'intérieur d'un bâtiment et ainsi éviter l'accumulation des polluants.

Par contre, un apport d'air neuf incontrôlé et trop élevé peut entraîner des conditions d'inconfort. Celles-ci sont causées principalement par un refroidissement lors des conditions venteuses, un appauvrissement du taux d'humidité et par les courants d'air. Il est donc nécessaire de contrôler l'étanchéité d'un bâtiment pour y assurer des conditions de confort acceptables et éviter un gaspillage d'énergie.

Dans le cadre de cette étude, il était primordial de caractériser chaque bâtiment et d'en déterminer leur degré d'étanchéité. Pour réaliser cet objectif, nous avons soumis chaque bâtiment à des essais selon un protocole connu et nous avons comparé les résultats obtenus avec les résultats d'autres projets semblables.

En relation directe avec le degré d'étanchéité, on devait évaluer le taux de ventilation "naturelle" de chaque bâtiment. Cette évaluation a été ensuite comparée aux relevés des contaminants dans les logements.

À partir des résultats des essais d'étanchéité, certains chercheurs ont développé une méthode théorique d'évaluation de la ventilation "naturelle" d'un bâtiment. La méthode fait appel à des facteurs qu'on doit choisir en fonction du site et des caractéristiques du bâtiment. Le choix de ces facteurs est subjectif et peut amener une imprécision importante dans les résultats. En utilisant cette méthode, on peut estimer approximativement si la ventilation naturelle des bâtiments est trop faible ou encore trop élevée (voir tableau 5.6 à la fin du chapitre 5).

4.2 Méthodologie

Le développement de la recherche pour évaluer l'étanchéité d'un bâtiment a permis de privilégier deux méthodes bien distinctes pour les essais de caractérisation (voir référence 4).

La première méthode (voir référence 1) consiste à installer un ventilateur d'extraction ou de pressurisation et de mesurer le débit d'air qui est propulsé par le ventilateur lorsque le bâtiment est soumis à toute une gamme d'écart de pression entre l'intérieur et l'extérieur.

La deuxième méthode (voir référence 26) consiste à injecter un gaz facilement identifiable et d'une concentration connue et de mesurer le rythme de diminution de la concentration de ce gaz pendant une période de temps donnée. Cette méthode permet de mesurer le taux d'infiltration et de changement d'air pour un bâtiment dans des conditions d'utilisation qui ont cours au moment des essais. Cette méthode conduit à une évaluation qui ne peut être répétée ultérieurement. On doit faire appel à une extrapolation complexe pour évaluer le taux d'infiltration sur une base annuelle.

La présente étude portait sur des bâtiments multi-résidentiels dont le nombre de logements variait de 9 à 57. Compte tenu de la taille des bâtiments et du nombre de personnes dont il aurait été nécessaire d'obtenir une collaboration, la méthode d'évaluation de l'étanchéité à partir d'un gaz traceur n'était pas applicable. D'ailleurs cette méthode ne permet une évaluation que pour une courte période et pour les conditions climatiques qui prévalent lors des essais. Ces données doivent être enregistrées soigneusement et leur impact sur l'infiltration sur une base annuelle nécessite une interprétation très complexe et dont la précision peut être très aléatoire.

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

Dans le cadre de cette étude, nous avons opté pour la méthode d'évaluation de l'étanchéité qui est décrite dans la norme CAN/CGSB-149.10-M86 "Détermination de l'étanchéité à l'air des enveloppes de bâtiment par la méthode de dépressurisation au moyen d'un ventilateur"⁽¹⁾.

Cette norme a été développée suite au travail d'un groupe de chercheurs du Conseil national de recherches du Canada. Plusieurs travaux avaient été réalisés par ce groupe et les résultats ont été utilisés pour la préparation de cette norme.

Différentes publications (voir références 26 et 27) font état de variantes dans l'application de cette norme. On peut citer à titre d'exemple le protocole NRCC30421 "Balanced Fan Depressurization Method for Measuring Component and Overall Air Leakage in Single and Multifamily Dwellings"⁽²⁾. Toutes ces applications différentes de la norme ont été proposées pour obtenir une évaluation globale de l'étanchéité d'un bâtiment en procédant à une dépressurisation d'une partie de l'enveloppe externe d'un bâtiment. On applique alors les résultats des essais de cet échantillon d'enveloppe à l'ensemble du bâtiment.

Ces différentes techniques ne sont pas faciles à utiliser en raison de la contribution du transfert d'air par les cloisons internes d'un bâtiment. Ce transfert d'air a un impact considérable sur la précision des résultats. Il est préférable de n'utiliser ces méthodes que lorsqu'il est impossible de réaliser une dépressurisation globale du bâtiment.

Pour cette étude, malgré la taille de certains bâtiments, une dépressurisation globale du bâtiment permettait une caractérisation plus précise de l'étanchéité. Des doutes avaient été soulevés quant aux possibilités d'utilisation simultanée de plusieurs ventilateurs. Ceux-ci ont été manufacturés principalement pour les

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

essais individuels d'étanchéité des résidences unifamiliales. Malgré cet objectif de manufacturing, en raison de la facilité de manipulation et d'installation de ces appareils, il était préférable d'avoir recours à une installation multiple plutôt que d'opter pour l'usage d'un ventilateur unique. La corrélation des données recueillies au cours des essais a prouvé que cette méthode est tout à fait acceptable pour des bâtiments de taille moyenne. Pour le plus gros bâtiment (voir photo ci-jointe), quatre ventilateurs de porte ont été installés en parallèle.



4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

Les principales étapes de l'évaluation de l'étanchéité d'un bâtiment sont les suivantes (une description très détaillée de toutes les interventions possibles est présentée dans les références 1 et 3):

- Inspection du bâtiment pour s'assurer que toutes les ouvertures "intentionnelles" (portes, fenêtres, volets, etc...) dans l'enveloppe thermique sont effectivement fermées. Lors de cette inspection on ouvre les portes des cloisons intérieures pour éviter que ces dernières affectent l'équilibre de la dépressurisation sur toute l'enveloppe extérieure. On veut obtenir une dépressurisation uniforme sur toutes les faces de l'enveloppe thermique extérieure du bâtiment.
- Enregistrement des paramètres architecturaux du bâtiment:
 - Volume du bâtiment
 - Superficie de l'enveloppe thermique extérieure
- Mesure des paramètres de départ des essais:
 - Température extérieure
 - Température intérieure
 - Pression atmosphérique
 - Position zéro des manomètres
- Installation du (des) ventilateur(s) de porte
- Calibration des manomètres de lecture des débits et pressions
- Relevés des mesures de débit des ventilateurs pour différents écarts de pression (voir tableau ci-joint).

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

Écart de pression	Débit
extérieur-intérieur Pa	Au travers du vent. l/s
55	à relever
50	"
45	"
40	"
35	"
30	"
25	"
20	"
15	"
10	"
5	"

- Validation des données recueillies en calculant le coefficient de corrélation.
- Enlèvement des ventilateurs de porte et remise du bâtiment dans son état original.

Cette méthode permet d'obtenir un taux d'infiltration au travers de l'enveloppe extérieure. On peut évaluer l'étanchéité d'un bâtiment en comparant le débit d'air qui s'y infiltre pour une pression de référence donnée avec le débit obtenu dans les mêmes conditions pour des bâtiments similaires. Il est intéressant de noter que le niveau d'étanchéité d'un bâtiment est établi à partir du débit d'air qui s'y infiltre.

Les principaux problèmes rencontrés lors des essais ont été les suivants:

4.2.1 Logements inaccessibles

Certains logements n'étaient pas accessibles. Il nous a été impossible d'ouvrir la porte du logement donnant dans le corridor. Cette situation peut entraîner une légère différence dans la dépressurisation du logement affecté par rapport à l'ensemble du bâtiment. Dans certains bâtiments (tel le bâtiment #1), un coupe-bise avait été installé sur le seuil de porte. Les essais ont été effectués en annulant l'effet du

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

coupe-bise à l'aide d'un tournevis. Il est peu probable que l'inaccessibilité de certains logements ait entraîné une erreur de plus de 2%.

4.2.2 Vitesse des vents

Compte tenu de l'échéancier serré et du nombre de personnes impliquées, les essais d'étanchéité ont été effectués à la date prévue même s'il s'agissait d'une journée venteuse. La force des vents lorsqu'elle affecte la pression de référence externe et la pression sur l'enveloppe du bâtiment peut causer une erreur de 10 à 15% si le vent excède 20 km/h (voir chapitre 5 sur le mouvement de l'air pour connaître la théorie sur la pression exercée par le vent).

Il est recommandé (référence 1) que les essais ne soient pas effectués lorsque la vitesse du vent est supérieure à 20 km/h. Le manuel de l'utilisateur fourni avec les ventilateurs de porte de "Minneapolis Blower Door" ⁽³⁾ mentionne que des vents de l'ordre de 8 km/h à 16 km/h (5 à 10 mph) peuvent affecter considérablement la précision des données.

Dans les deux cas, on ne mentionne pas s'il s'agit de vent moyen ou s'il s'agit de la vitesse maximum atteinte. Le vent est fluctuant et même si le vent moyen se situe à 10 km/h, il est possible que des rafales de plus de 20 km/h soient observées.

Le phénomène de pression exercée par le vent a été clairement observé lors des essais dans le bâtiment #1. On pouvait noter des pressions différentielles de l'ordre de 10 Pa alors que les ventilateurs étaient à l'arrêt. Il est recommandé dans ce cas de limiter les lectures dans une gamme de pressions plus élevées que pour les essais courants. On évite ainsi les fluctuations causées par le vent à basse échelle.

Pour limiter davantage les problèmes causés par le vent, nous avons utilisé une chambre d'égalisation des pressions (voir photo ci-jointe) pour les bâtiments #2 à #10 inclusivement. Il s'agit d'un collecteur (voir référence 1) qui reçoit l'information de

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

quatre sondes de pression qui sont déployées sur chaque face du bâtiment. On obtient donc une pression extérieure moyenne et comme le collecteur est équipé d'un système amortissant, les fluctuations de pressions sont beaucoup moins grandes. Ce système a été très utile pour les essais d'étanchéité lors des journées venteuses.



4.2.3 Taille des bâtiments

La méthode de dépressurisation à l'aide d'un ventilateur a été développée principalement pour évaluer le degré d'étanchéité des habitations unifamiliales. Aux États-Unis, elle a été utilisée massivement comme outil de diagnostic et moyen de contrôle pour des programmes d'intervention sur l'enveloppe de petits bâtiments dont principalement des maisons unifamiliales.

Toutefois, cette méthode peut être utilisée pour les bâtiments de grande taille. L'Institut de Recherche en Construction (IRC), un organisme au sein du Conseil national de recherches du Canada (CNRC), a joué un rôle primordial dans le développement de la méthodologie pour la dépressurisation des bâtiments. Les chercheurs de l'institut ont utilisé cette technique pour des bâtiments de grande taille.

C'est ainsi que l'institut est le seul organisme au Canada qui possède un ventilateur d'une puissance suffisante pour réaliser une dépressurisation d'un bâtiment de grande taille à l'aide d'un seul ventilateur. Il s'agit d'un ventilateur de type axial, avec pales à pas variable, capable de propulser un débit d'air variant de 0 à 19 500 l/s (0 à 42 500 pcm). Ce ventilateur nécessite une alimentation à 600 V d'au moins 60A. On doit utiliser une génératrice si les caractéristiques de l'alimentation électrique ne sont pas disponibles dans le bâtiment.

A défaut de pouvoir utiliser ce ventilateur, on doit procéder par dépressurisation partielle (références 2, 26 et 27), ce qui diminue la précision des résultats, ou utiliser plusieurs ventilateurs. Pour la présente étude, l'usage de plusieurs ventilateurs s'est avéré comme étant une méthode très appropriée. Dans les plus gros bâtiments cinq ventilateurs ont été utilisés.

Avec l'usage de plusieurs ventilateurs, le principal problème consiste à équilibrer chaque ventilateur simultanément pour que les débits soient enregistrés à la même pression différentielle. Initialement, il a été proposé d'utiliser les manomètres de

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

chaque ventilateur pour repérer la pression différentielle propice pour la lecture des débits. Malgré l'usage de radio-téléphones portatifs, pour donner un signal de lecture simultané, les fluctuations de pression et de débit étaient très importantes et il était très difficile d'obtenir la même pression différentielle (dépressurisation) sur chaque ventilateur.

En utilisant une chambre d'égalisation des pressions, il a été possible d'obtenir une pression de référence extérieure moyenne pour l'ensemble du bâtiment. Pour ce qui est de la pression intérieure, comme elle était la même dans tout le volume du bâtiment, il a été décidé d'utiliser un seul manomètre pour le contrôle de la dépressurisation. On fait alors abstraction de l'effet cheminée qui affecte légèrement la pression intérieure dans les habitations de taille moyenne (4 étages).

Selon cette méthode, la sortie de la chambre d'égalisation (pression extérieure) et la canalisation de la prise de pression intérieure ont été reliées à un seul manomètre et ce dernier a été utilisé pour étaler les lectures de débit selon toute la gamme de dépressurisation requise. A l'aide des radio-téléphones, il a été possible de communiquer l'information sur le niveau de dépressurisation à chacun des opérateurs des ventilateurs pour ainsi réaliser un relevé simultané du débit de chaque ventilateur fonctionnant en parallèle.

Ainsi, pour toute la gamme des niveaux de dépressurisation, un débit total d'infiltration a été obtenu en additionnant les débits évacués et mesurés par chaque ventilateur.

Un phénomène particulier à l'usage de plusieurs ventilateurs en parallèle a été observé. Il s'agit d'une fluctuation du débit d'air total de dépressurisation d'un ventilateur à un autre.

Nous croyons que le phénomène était causé par le variateur de vitesse de rotation des ventilateurs et la pression exercée par le vent. Ce problème a été observé lorsque les

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

ventilateurs ont été installés sur des façades différentes lors des essais en périodes venteuses. Les pressions exercées par le vent sur les façades étaient différentes et très fluctuantes. Ces dernières exerçaient une poussée différente à la sortie d'un ventilateur par rapport à la sortie d'un autre ventilateur. Ce phénomène a entraîné une fluctuation importante dans la lecture des débits de chaque ventilateur. Il a été nécessaire d'évaluer la valeur moyenne des débits pendant que le bâtiment était dépressurisé à un niveau donné. La recherche d'une valeur moyenne a considérablement augmenté la période de temps nécessaire pour les essais d'étanchéité.

Pour augmenter le degré de précision des essais, les ventilateurs ont été regroupés le plus possible sur la même façade. Toutefois, la configuration architecturale de certains bâtiments favorisait l'installation d'un ventilateur au bas des puits d'escalier à chaque extrémité du bâtiment.

Il est probable que l'usage de plusieurs ventilateurs ait causé une imprécision des résultats de l'ordre de 5%. Toutefois, l'erreur hypothétique n'est pas cumulative avec celle causée par le vent. Elle ne doit donc pas s'ajouter à l'erreur considérée lors des essais par journées venteuses.

4.2.4 Infiltration par les ouvertures

En plus des fenêtres et des portes, des ouvertures "intentionnelles" sont pratiquées dans l'enveloppe d'un bâtiment pour permettre le fonctionnement de certains appareillages de ventilation nécessitant une sortie ou entrée d'air en contact avec l'extérieur. Dans un bâtiment résidentiel, il s'agit principalement des sorties d'évacuation des hottes des cuisinières et des ventilateurs des salles de bains, des prises d'air des systèmes de ventilation généraux, des sorties des systèmes de ventilation particuliers (buanderie, salle de mécanique, chambre à ordures, salle de mécanique ascenseur), etc...

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

Dans le but d'évaluer l'étanchéité d'un bâtiment dans ses conditions normales d'utilisation, il a été décidé de ne pas obturer les sorties des ventilateurs des salles de bain et les sorties des hottes de cuisinières. Dans le cas des systèmes de ventilation, les volets d'air étaient fermés sauf si la présence d'un volet anti-retour avait été observée.

Cette procédure peut causer une certaine augmentation du débit d'infiltration si certains clapets anti-retour ne sont pas présents ou ne fonctionnent pas. Il en est de même pour les volets sur les systèmes de ventilation qui peuvent laisser écouler un débit d'air important.

Dans le cas d'une évaluation de l'étanchéité qui se limite strictement à l'enveloppe du bâtiment, les ouvertures intentionnelles doivent être obturées. On doit tenir compte de cette différence dans la méthodologie des essais si on compare les résultats de la présente étude avec ceux obtenus avec d'autres études dont la méthodologie pouvait être différente.

Compte tenu que certains appareils n'étaient pas munis de volet et que les volets de certains systèmes de ventilation n'étaient pas étanches, il est probable que le débit d'infiltration mesuré soit augmenté de 8 à 10% par rapport au débit qui aurait été mesuré en se limitant strictement à l'infiltration de l'enveloppe extérieure.

Malgré l'incidence sur l'infiltration causée par un volet maintenu ouvert, puisqu'il s'agissait de bâtiments chauffés exclusivement par l'électricité, la précision des relevés doit certainement être tout aussi élevée que pour un bâtiment chauffé par un appareil à combustion. Dans ce dernier cas, l'infiltration naturelle est affectée par l'entrée d'air de combustion et l'effet de tirage causé par l'évacuation des gaz de combustion dans la cheminée. On bouche ces ouvertures lors des essais mais le calcul de l'infiltration "naturelle" est le même.

4.2.5 Hauteur des bâtiments

Les bâtiments multi-résidentiels de taille moyenne sont habituellement construits pour se limiter à quatre niveaux de plancher ou moins. Le code du bâtiment impose des exigences de sécurité supplémentaires pour des bâtiments comportant plus de trois étages au-dessus d'un sous-sol. On constate que les habitations de taille moyenne sont généralement plus hautes que les maisons unifamiliales.

Lors de l'évaluation de l'étanchéité par dépressurisation, si les essais sont effectués en présence de conditions de température froide (-18°C), l'effet de tirage (effet cheminée) causé par une différence de densité de l'air peut faire varier la pression différentielle exercée sur l'enveloppe du bâtiment. Cette variation est proportionnelle à la hauteur du bâtiment.

Dans le cas d'un bâtiment de quatre étages d'une hauteur de 3 m chacun, lorsque la température intérieure est maintenue à 28°C et que la température extérieure se situe à -18°C , on peut noter une variation de l'ordre de 15 Pa entre le niveau moyen de l'étage le plus bas et celui de l'étage le plus haut.

Dans le cadre de cette étude, lors des essais de dépressurisation, la pression de référence extérieure était à 1 m au-dessus du niveau du sol et la pression de référence intérieure était habituellement située au rez-de-chaussée. Lorsque les essais ont été effectués par température extérieure froide, l'enveloppe extérieure des logements des étages supérieurs était maintenue à une pression différentielle moindre que celle maintenue à l'étage de référence.

Il est probable que l'effet de tirage présent lors des essais d'étanchéité ait causé une erreur de l'ordre de 2 à 4% dans la mesure des débits d'infiltration.

4.3 Valeurs de références

Le diagnostic de l'étanchéité des bâtiments est une science relativement jeune et la normalisation de la présentation des résultats semble être en plein développement. On doit donc tenir compte de ce facteur lors de la comparaison des résultats avec différentes études semblables.

4.3.1 Débit d'air d'infiltration à 50 Pa

Aux États-Unis on utilise l'expression CFM50 pour caractériser un bâtiment. Il s'agit du débit d'infiltration mesuré au ventilateur lorsqu'un bâtiment est soumis à une dépressurisation de 50 Pa. Il est intéressant de noter qu'on utilise ici des données dans deux systèmes d'unités (SI et Impérial).

Cette expression offre un certain intérêt parce que lors d'essais de dépressurisation, elle représente la première donnée qui est habituellement relevée pour permettre de qualifier un bâtiment. C'est une donnée brute qui peut être facilement véhiculée entre les employés d'une entreprise de calfeutrage. Elle ne nécessite pas de calculs complexes.

Toutefois, cette donnée ne tient pas compte de la superficie de l'enveloppe ou du volume du bâtiment. Elle aura une valeur de référence que lorsqu'on compare des bâtiments de même taille. C'est une expression qui est plus appropriée pour les habitations unifamiliales. Pour la présente étude, l'expression CFM50 ne peut être utilisée étant donné la diversité dans la taille des bâtiments étudiés.

4.3.2 Débit d'air d'infiltration normalisé

Pour tenir compte de la superficie de l'enveloppe on peut présenter les résultats en définissant un taux d'infiltration par unité de surface de l'enveloppe (l/s - m²). Toutefois, on devra préciser qu'il s'agit d'un taux calculé avec un débit d'infiltration

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

mesuré à 50 Pa. On doit ici mentionner qu'une étude de deux bâtiments en Ontario⁽⁵⁾, étude réalisée pour la SCHL, fait référence à un taux d'infiltration par m² de plancher. La méthode de présentation des résultats de cette étude ne semble pas appropriée et peut porter à confusion. On doit utiliser la superficie de l'enveloppe au lieu de celle du plancher.

Des études qui ont été réalisées dans le cadre de la préparation du futur code de l'énergie font état d'un taux de fuite dans l'assemblage de certains matériaux. On parle d'un taux de fuite exprimé en l/s m² à 75 Pa. Les données présentées peuvent porter à confusion parce que la pression de référence est plus élevée que la pression différentielle normalement utilisée pour les essais de dépressurisation.

Suite à la revue des résultats de plusieurs études, où les résultats sont présentés en utilisant le débit d'air d'infiltration normalisé, il a été possible de constater que les auteurs ont utilisé des méthodes très différentes pour établir la superficie de l'enveloppe (voir référence 6).

Généralement, la superficie brute des murs (incluant les fenêtres, portes et autres ouvertures) est incluse dans la superficie considérée pour l'enveloppe. Toutefois, pour certaines études ou description de la méthodologie, seule la superficie des murs extérieurs (sans le toit) est considérée (références 4, 6, 7 et 8).

Dans le manuel de l'utilisateur de "Minneapolis Blower Door" on indique qu'on peut utiliser un taux d'infiltration identifié comme étant le "Minneapolis Leakage Ratio" (MLR). Il s'agit du rapport du débit mesuré à 50 Pa par la surface de l'enveloppe au-dessus du sol. On ne considère pas les murs en bas du niveau du sol et le plancher du sous-sol. Toutefois, le toit peut faire partie de l'enveloppe externe.

La norme CAN/CGSB-149.10-M86⁽¹⁾ mentionne qu'on doit utiliser toutes les surfaces délimitant le volume interne du bâtiment. Selon cette méthode, même le plancher d'une dalle sur sol doit être utilisée.

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

Dans le cadre de la présente étude, le plancher du sous-sol n'a pas été inclus dans la superficie de l'enveloppe. Toutes les autres surfaces (murs et toit) ont été incluses.

Le débit d'air d'infiltration normalisé peut amener une erreur importante dans la comparaison des bâtiments parce qu'il s'agit d'un débit mesuré à 50 Pa. L'enveloppe d'un bâtiment est généralement soumise à des forces naturelles qui exercent des pressions qui sont inférieures à 10 Pa, sauf lorsqu'on est en présence de vent de plus de 20 km/h. Pour un même débit d'air normalisé à 50 Pa, le type d'ouverture (linéaire ou carré) fera varier considérablement le débit résultant lorsque la pression exercée se situe à 5 Pa.

Ainsi, en utilisant le débit normalisée à 50 Pa, on peut penser que deux bâtiments sont semblables alors que l'infiltration sous des forces naturelles à 5 Pa pourrait être trois fois plus grande pour l'un des édifices par rapport à l'autre.

4.3.3 Aire de fuite équivalente normalisée

La norme CAN/CGSB149.10-M86⁽¹⁾ propose une valeur de référence qui est intéressante, il s'agit de l'aire de fuite équivalente normalisée. Toutefois, pour obtenir cette valeur, il est nécessaire d'effectuer des calculs assez élaborés. La complexité des calculs qui permettent d'obtenir cette valeur font perdre une partie de la perception du phénomène physique qu'elle représente. D'ailleurs, la norme ⁽¹⁾ elle-même est très peu explicite sur la signification de cette valeur. On se contente de nous fournir une formule complexe pour l'établir.

L'aire de fuite équivalente normalisée est le rapport de l'aire de fuite équivalente par la superficie de l'enveloppe d'un bâtiment. Elle s'exprime normalement en cm^2/m^2 . Le document de consultation pour la préparation d'un futur code de l'énergie pour les habitations fait référence à l'aire de fuite équivalente normalisée dans ses exigences concernant l'étanchéité.

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

Il est évident que pour utiliser l'aire de fuite équivalente normalisée, il faut connaître la signification de l'aire de fuite équivalente. L'aire de fuite équivalente représente la superficie d'une ouverture (orifice à contour net) qui permettra le passage d'un débit d'air équivalent à celui du bâtiment lorsque la différence de pression de part et d'autre de l'ouverture est maintenue à 10 Pa.

Lorsqu'on parle d'ouverture normalisée, il s'agit d'une représentation de la taille d'une ouverture qui pourrait être présente pour chaque unité de surface (m²) de l'enveloppe des bâtiments.

Pour calculer l'aire de fuite équivalente, on doit utiliser les résultats de la mesure du débit d'infiltration pour toute la gamme des pressions différentielles au travers l'enveloppe du bâtiment. Après avoir obtenu la courbe caractéristique de l'infiltration du bâtiment, on utilise le coefficient de débit obtenu ainsi que la valeur de l'exposant caractérisant le type d'ouverture.

L'équation est la suivante:

$$A = 0.001277 \times C \times (10)^{(n-.5)}$$

Voir section 4.3.5 pour obtenir plus d'information sur la définition des paramètres de cette équation.

4.3.4 Aire de fuite effective normalisée

Aux États-Unis, principalement au Lawrence Berkeley Laboratory (L.B.L.), les chercheurs utilisent une valeur de référence semblable à l'aire de fuite équivalente normalisée. Il s'agit de l'aire de fuite effective normalisée. Les travaux de certains chercheurs des États-Unis sont présentés en système impérial (po²/pi²) ou en système SI (cm²/m²).

La principale différence entre l'aire de fuite équivalente normalisée et l'aire de fuite

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

effective normalisée se situe au niveau de la pression différentielle qui est utilisée comme référence pour calculer chacune de ces surfaces. Dans le premier cas, on utilise une pression différentielle de 10 Pa et dans l'autre, on utilise 4 Pa.

Le type d'ouverture est aussi différent. L'aire de fuite équivalente fait référence à l'aire d'une ouverture à contour net alors que l'aire de fuite effective fait référence à une ouverture au contour profilé aérodynamique.

L'aire de fuite effective normalisée est le rapport de l'aire de fuite effective par la superficie de l'enveloppe d'un bâtiment.

L'aire de fuite effective représente la superficie d'une ouverture (orifice à contour profilé) qui permettra le passage d'un débit d'air équivalent à celui du bâtiment lorsque la différence de pression de part et d'autre de l'ouverture est maintenue à 4 Pa. L'aire normalisée représente la surface d'une ouverture qui pourrait être présente pour chaque unité de surface (m²) de l'enveloppe du bâtiment.

La procédure de calcul de l'aire de fuite effective est identique à celle de l'article 4.3.3 (aire de fuite équivalente).

L'équation est la suivante:

$$A = 0.000775 \times C \times (4)^{(n-.5)}$$

Voir la section 4.3.5 pour obtenir plus d'information sur la définition des paramètres de cette équation.

4.3.5 Courbe d'infiltration

La présentation des résultats d'infiltration peut aussi faire appel à la courbe d'infiltration caractérisée pour chaque bâtiment. Plusieurs références utilisent la courbe d'infiltrométrie. On y présente le taux de fuite (l/s) en fonction de la

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

dépressurisation des bâtiments (Pa) (voir les références 5, 6, 7, 8 et 9). La représentation simple de cette courbe suit la relation suivante:

$$Q = A \times c \times (\Delta P)^n$$

Où les symboles signifient:

$$Q = \text{Débit d'infiltration (l/s)}$$

$$A = \text{Surface de l'enveloppe (m}^2\text{)}$$

$$c = \text{Coefficient de fuite (l/s.Pa}^n\text{.m}^2\text{)}$$

$$\Delta P = \text{Différentiel de pression (dépressurisation) (Pa)}$$

$$n = \text{Exposant caractérisant le type de fuite (aucune unité)}$$

Les deux expressions A et c sont souvent regroupées en une seule valeur C (l/s.Paⁿ) qui devient alors le coefficient global d'infiltration pour un bâtiment donné.

Pour un bâtiment donné, une valeur "C" élevée caractérise un bâtiment qui laissera s'infiltrer un débit plus grand et donc qui sera moins étanche. Le coefficient "C" est donc proportionnel au débit à 50 Pa.

La valeur "n" est très importante car elle représente le type d'ouvertures par lesquelles l'air s'infiltrera ou s'échappera d'un bâtiment.

L'exposant "n" varie normalement entre 0.5 et 1. Si sa valeur s'approche de 1, cela indique qu'on est en présence d'un écoulement laminaire. Il s'agit principalement d'ouvertures longues et minces. Un exposant "n" qui s'approche de 0.5 indique qu'on est en présence d'un écoulement de type turbulent. Il s'agira alors d'ouvertures plus larges qui offrent moins de résistance à l'écoulement.

Les caractéristiques associées à la valeur de l'exposant "n" sont illustrées dans la courbe à la page suivante (figure 4.3.5.1).

Courbe du débit d'infiltration en fct de "n"

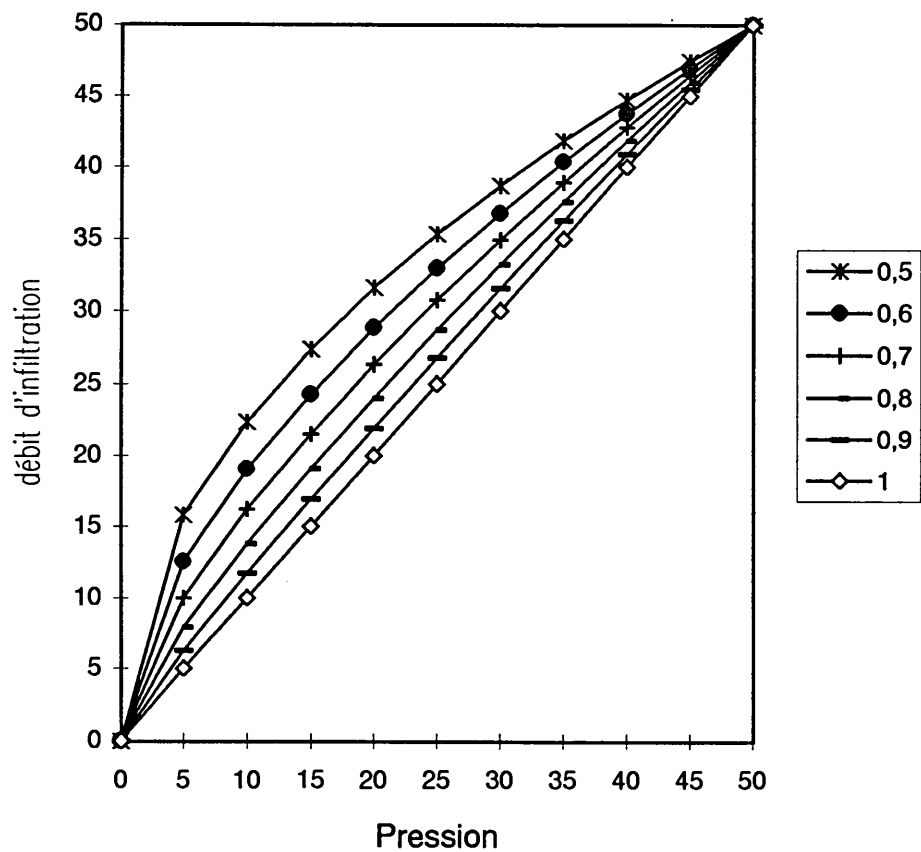


Figure 4.3.5.1

Courbes d'infiltration des bâtiments

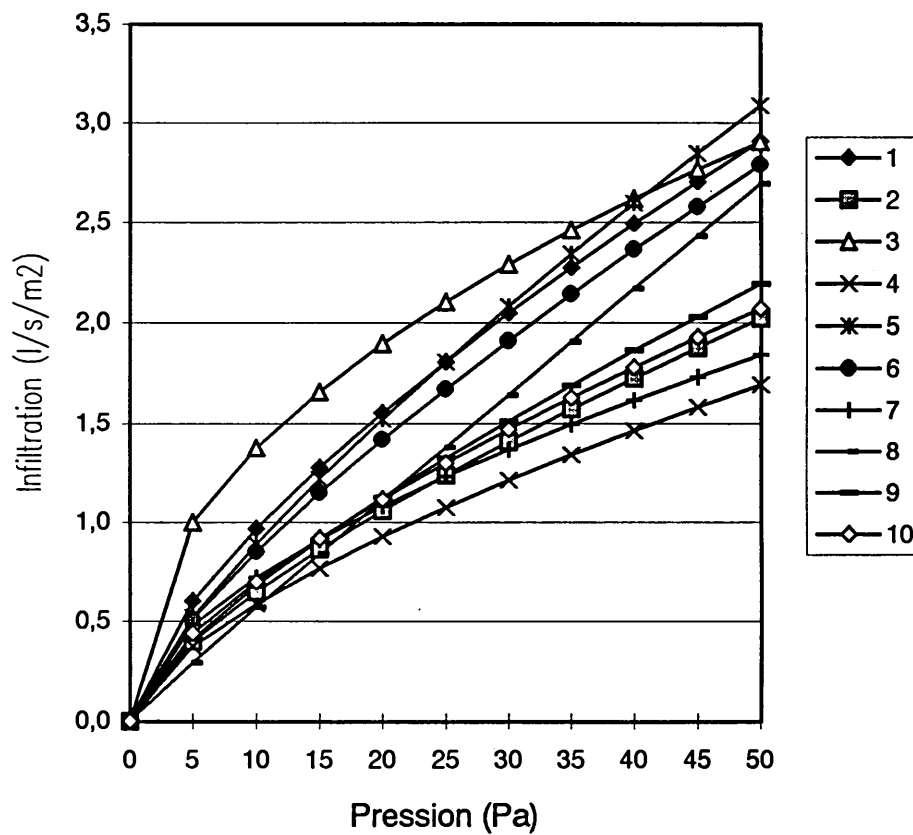


Figure 4.3.5.2

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

On remarque la différence de débit importante qu'on retrouve lorsque la pression différentielles est faible (entre 1 et 10 Pa) même si deux bâtiments ont un même taux d'infiltration à 50 Pa. L'enveloppe d'un bâtiment est normalement soumise à de faibles pressions, l'exposant "n" devient donc très important pour caractériser un bâtiment. L'exposant "n" est essentiel pour caractériser l'aire de fuite équivalente ou l'aire de fuite effective.

Le tableau 4.2 (à la fin de ce chapitre) présente les valeurs "C" et "n" des dix bâtiments de la présente étude. Les courbes résultantes sont illustrées à la figure 4.3.5.2.

Après avoir déterminé les paramètres de l'équation de la courbe d'exfiltration, il est possible d'obtenir le débit d'air qui s'infiltré dans un bâtiment pour toute la gamme des niveaux de dépressurisation voulue.

Pour obtenir l'aire de fuite équivalente (4.3.3), il est nécessaire de procéder à l'inverse. Toutefois, les paramètres de l'équation sont légèrement différents.

Pour une orifice à contour net, l'équation de débit est la suivante:

$$Q = A \times 782.3 (\Delta P)^{0.5}$$

L'aire de fuite équivalente devient donc (pour des conditions normales de température et pression):

$$A = \frac{Q}{782.3 \times (\Delta P)^{0.5}}$$

Où les symboles signifient:

A = Aire de fuite équivalente (m²)
(on multiplie cette valeur par 10,000 pour l'obtenir en cm²)

Q = Débit d'infiltration (l/s)

ΔP = Pression différentielle (10 Pa)

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

On peut intégrer cette formule à l'équation qui caractérise l'infiltration d'un bâtiment pour obtenir directement l'aire de fuite équivalente:

$$A = 0.001277 \times C \times (10)^{(n-5)}$$

(on multiplie par 10,000 pour obtenir en cm²)

Voir tableau 4.2 pour le calcul de l'aire de fuite équivalente normalisée pour chaque bâtiment.

Pour obtenir l'aire de fuite effective (4.3.4), on procède selon la même méthodologie que précédemment.

Pour un orifice à contour profilé, l'équation de débit est la suivante:

$$Q = A \times 1290 \times (\Delta P)^{0.5}$$

L'aire de fuite effective devient donc (pour des conditions normales de température et de pression):

$$A = \frac{Q}{1290 \times (\Delta P)^{0.5}}$$

Où les symboles signifient:

A = Aire de fuite effective

Q = Débit d'infiltration (l/s)

ΔP = Pression différentielle (4 Pa)

On peut intégrer cette formule à l'équation qui caractérise l'infiltration d'un bâtiment pour obtenir directement l'aire de fuite effective.

$$A = 0.000775 \times C \times (\Delta P)^{(n-0.5)}$$

(on multiplie par 10,000 pour obtenir en cm²)

Voir tableau 4.2 pour le résultat des calculs de l'aire de fuite effective normalisée.

4.3.6 Méthode du taux de changement d'air

Les méthodes de calcul simple de l'évaluation du débit d'air d'infiltration telles que proposées par l'ASHRAE, font référence à un taux de changement d'air par heure (C.A.H.). Ainsi, on assumera qu'un local est ventilé de façon satisfaisante si on ajoute un apport d'air neuf représentant 0.35 changement d'air par heure (C.A.H.). On fait ici référence aux exigences de la norme ASHRAE 62-1989.

La dépressurisation d'un bâtiment par un ventilateur permet d'obtenir un débit d'infiltration qu'il est possible de représenter sous forme de changement d'air par heure (C.A.H.). Toutefois, ce taux de C.A.H. est obtenu pour un niveau de dépressurisation donné. On devra donc accompagner cette valeur par la référence à un niveau de dépressurisation.

Le manufacturier des ventilateurs de porte "Minneapolis Blower Door" propose l'expression changement d'air à 50 Pa (CAH-50). Il s'agit d'une unité qui peut permettre la comparaison de plusieurs bâtiments qui ont tous été soumis aux mêmes essais de dépressurisation. Cette expression du taux d'infiltration est beaucoup plus explicite que la simple référence au débit d'infiltration à 50Pa (PCM-50). Cette dernière valeur ne tient pas compte de la taille du bâtiment. Certaines études utilisent l'expression CAH-50 pour comparer les bâtiments.

A partir du taux de changement d'air par heure à 50 Pa (CAH-50), il est possible d'évaluer approximativement le taux de changement d'air naturel (CAH-n) d'un bâtiment. Toutefois, cette méthode est très approximative et elle a été développée principalement pour évaluer le taux de changement d'air (CAH) pour des résidences unifamiliales. Le Dr. Max Sherman du Lawrence Berkeley Laboratory (LBL) est le principal artisan du développement de cette méthode. Elle est présentée plus en détail dans le chapitre sur le mouvement de l'air.

La méthode permet d'obtenir un facteur de correction qui sera utilisé pour obtenir, à partir du taux de changement d'air par heure à 50 Pa (CAH-50), un taux de

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

changement d'air dit "naturel".

Le taux de changement d'air par heure naturel (CAH-nat) est très intéressant puisqu'il permet de comparer les résultats des études effectuées par gaz traceur avec les études réalisées avec un ventilateur de porte.

Pour obtenir le CAH-50, la relation est la suivante:

$$\text{CAH-50} = \frac{\text{Q-50} \times 3,6}{\text{Vol.}}$$

Où les symboles signifient:

CAH-50 = Changement d'air par heure à 50 Pa

Q-50 = Débit d'air neuf à 50 Pa (l/s) (CFM-50, si unité impériale)

Vol. = Volume du bâtiment (m³)

Pour obtenir le changement d'air naturel, la relation est la suivante:

$$\text{CAH-nat} = \frac{\text{CAH} - 50}{\text{F(LBL)}}$$

Où les symboles signifient:

CAH-nat = Changement d'air par heure naturel

CAH-50 = Changement d'air par heure à 50 Pa

F(LBL) = Facteur de correction selon les caractéristiques du bâtiment déterminé par la méthode LBL

L'étude "Measurement of Pollutant Source Strengths and Determination of Indoor Air Quality in Quebec Housing Stock"⁽¹⁰⁾ permet d'évaluer la variation du CAH-n pour tout un groupe de résidences au Québec. Une étude semblable a été réalisée aux États-Unis il y a quelques années.

Les taux de changement d'air naturel (CAH-nat) ont été utilisés dans les références suivantes: 6, 9, 10, 11, 12 et 16.

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

Les taux de changement d'air à 50 Pa (CAH-50) ont été utilisés dans les références suivantes: 10, 13 et 15.

4.3.7 Résultats d'autres études

Pour permettre une évaluation de l'étanchéité des bâtiments qui ont fait l'objet de cette étude on doit comparer les données recueillies lors des essais d'étanchéité avec les résultats d'autres études similaires. Le tableau 4.1 qui suit présente les résultats de quelques études semblables.

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

Évaluation de l'étanchéité des bâtiments Résultats de diverses études						
Études	Année	Nombre de bâtiment	Débit d'infiltration normalisé 50Pa l/s.m ²	CAH 50 Pa	CAH Naturel	Aire de fuite normalisée cm ² /m ²
Smoke Control ⁽⁹⁾ (Tamura)	1978	4		6		
Infiltration in Houses ⁽¹¹⁾ (Paterson)	1979	13			.37 à 86	
Supermarkets & Malls ⁽⁸⁾ (Shaw)	1981	10	3.4 à 20.9*			17.25
Energy losses ⁽⁶⁾ (Harrje)	1979	15	5.75 à 13.4*	13.3		10.84
Schools ⁽⁷⁾ (Shaw)	1979	11	4 à 9.5*			9.57
Ontario ⁽⁵⁾⁽¹⁴⁾ (Scanada)	1993	2	0.89 à 2.69			2.53
Atlantic ⁽¹⁴⁾ (BFL Consultant)	1991	2	1.9 à 10.9	3.9 à 9.8		7.5 à 12.5
British Columbia ⁽¹⁴⁾ (Avalon)	1991	3	0.68 à 1.90			1.2 à 3.2
Québec ⁽¹⁴⁾ CMA	1991	2	2.2 à 4.58			4.81
Prairies ⁽¹⁴⁾	1991	2	2.1 à 3.15			
Étude Ltée-HQ ⁽¹⁰⁾ (Kovacevic)	1995	30		4.77 moyenne	.23 moyenne	
Evaliso ⁽¹⁸⁾ Dusseault	1993	591		1.5 à 16 moyenne 5.17		
Étanchéité 92 ⁽¹⁷⁾ (Dallaire)	1993	74 (normal) 20 (R-2000)		3.14 à 15.7 0.44 à 3.38		
Rencontre d'expert ⁽¹⁶⁾ (Auger)	1993	Expérience des experts		3 à 8	.13 à .35	
Résultats des paramètres ⁽¹⁵⁾ (Auger)	1993	30			0.15 à 0.90	
() Auteur de l'étude. * Superficie des murs seulement.						

TABLEAU 4.1

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

Évaluation de l'étanchéité des bâtiments Résultats de diverses études						
Études	Année	Nombre de bâtiment	Débit d'infiltration normalisé 50Pa l/s.m ²	CAH 50 Pa	CAH Naturel	Aire de fuite normalisée cm ² /m ²
ASHRAE ⁽²⁰⁾ Fundamentals Handbook Page 23-10	1993				0.50	
Qualité de l'air à l'intérieur des habitations ⁽¹⁹⁾ (SCHL p.11)	1988					1 à 5
Multi-suite Residential Yukon ⁽²¹⁾ (CANMET)	1993	1			.1 à .35	
NORIS ⁽²³⁾ (Palmater)	1988	140		9.28	0.408LBL 0.368PFT	
High-Rise Residential ⁽²⁴⁾ (Parekh)	1992	1 à 21 étages	2.32	1.43		2.85
Offices and Schools Pressurization ⁽²⁵⁾ (Brennan)	1992	7 13	4.77 1.81			
EXIGENCES DES CODES						
Design C-2000 ⁽²²⁾ (CANMET)	1993		1.52	1.50		
Code de l'énergie pour les maisons 1995 ⁽²⁸⁾ (CNRC)	1995					2 page 73 Article 3.2.4.1 3)
Code national du bâtiment 1995			0.02 l/s m ² * à 75 Pa			
ASHRAE Norme 90.1		Très peu explicite 1990				

() Auteur de l'étude.

* Pour les matériaux composant le système d'étanchéité à l'air d'un bâtiment

TABLEAU 4.1 (suite)

4.4 Analyse des résultats

Pour évaluer adéquatement l'étanchéité des bâtiments étudiés, un nombre important de rapports de recherches, d'études et d'ouvrages spécialisés ont été consultés.

Tel que mentionné au chapitre 23 du Guide de l'ASHRAE, on dénote de très grands écarts dans l'étanchéité des bâtiments. De plus, pour créer un élément de difficulté additionnel, les résultats des recherches dans le domaine sont présentés sous différentes formes qu'il faut interpréter avec beaucoup de précaution si on ne veut pas biaiser les comparaisons.

L'analyse des résultats des différentes études montrent que la tendance actuelle est de rendre l'enveloppe des habitations de plus en plus étanche.

Les études réalisées à la fin des années 1970 et durant les années 1980 présentent des débits d'infiltration normalisés qui varient de 3.4 l/s.m² à 20.9 l/s.m².

Des études plus récentes (EVALISO, Étude LTEE, Étude SCHL Région Québec, Prairies ou Colombie-Britannique, etc...) indiquent que ce même facteur (débit de fuite normalisé) se limite maintenant entre 0.68 et 4.58.

Les exigences de la norme R-2000 sont exprimées en terme de changement d'air à l'heure à 50 Pa et en terme d'aire de fuite équivalente normalisée (à 10 Pa) (AFN). Ces exigences sont de 1.5 CAH-50 Pa ou 0.7 cm²/m².

Les codes et modèles de construction qui seront en vigueur très prochainement exigent un débit de fuite normalisé de 1.5 l/s.m². Le code du bâtiment 1995 exige même un débit maximum de 0.02 l/s.m² à 75 Pa pour les matériaux d'étanchéisation à l'air. On exige un taux de 0.15 l/s.m² à 75 Pa pour l'ensemble du système d'étanchéité.

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

On utilise maintenant une valeur de référence qui caractérise plus exactement l'enveloppe d'un bâtiment lorsque soumise aux forces "naturelles" qui la solliciteront. Il s'agit de l'aire de fuite équivalente normalisée (AFN). Le nouveau code de l'énergie 1995 identifié dans les tableaux suivants comme "prochain code" exige un indice AFN de $2\text{cm}^2/\text{m}^2$ alors qu'il y a plus de 10 ans on rencontrait des indices AFN de plus de $15\text{cm}^2/\text{m}^2$.

On doit donc prendre en considération l'évolution du taux d'étanchéité pour faire l'analyse des bâtiments de la présente étude.

Le tableau 4.2 à la fin de ce chapitre résume les résultats des essais d'étanchéité pour l'ensemble des bâtiments. Ce tableau est essentiel pour mieux comprendre l'analyse de l'étanchéité de chaque bâtiment.

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

4.4.1 Bâtiment #1

Conditions météorologiques lors des essais	Vents forts 22 - 26 km/hr
Changement d'air par heure à 50 Pa CAH-50	Taux: 3.28 ca/hr
	Rang: 7
Débit d'infiltration normalisé à 50 Pa	Débit: 2.91 l/s.m ²
	Rang: 9
Exigence du CNB 1995 (75 Pa)	Débit: 0.02 l/s m ²
Aire de fuite équivalente normalisée (10 Pa)	Aire: 3.902 cm ² /m ²
	Rang: 9
Exigence du prochain code	Aire: 2 cm ² /m ²
REMARQUES: Les pressions exercées par le vent étaient élevées et pouvaient atteindre 10 à 15 Pa. Les observations des analystes lors des essais d'étanchéité font état de possibilité d'infiltration à différents endroits: <ul style="list-style-type: none">- Pourtour des portes d'entrée. L'espace d'air à l'arrière de la brique se prolonge jusque dans les vestibules des portes d'entrée.- Pourtour des sorties mécaniques. L'infiltration a été observée près des grilles des évacuateurs de salle de bain et des évacuateurs de buanderie.- Clapet de non-retour pas étanches. Dans un appartement, une des hottes de cuisinière n'était pas munie d'un volet. Il semble qu'un locataire avait fait le remplacement de la hotte.	

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

4.4.2 Bâtiment #2

Conditions météorologiques lors des essais	Vents forts 30 - 33 km/hr
Changement d'air par heure à 50 Pa CAH-50	Taux: 3.28 ca/hr
	Rang: 4
Débit d'infiltration normalisé à 50 Pa	Débit: 2.03 l/s.m ²
	Rang: 3
Exigence du CNB 1995 (75 Pa)	Débit: 0.02 l/s m ²
Aire de fuite équivalente normalisée (10 Pa)	Aire: 2.612 cm ² /m ²
	Rang: 3
Exigence du prochain code	Aire: 2 cm ² /m ²
<p>REMARQUES:</p> <p>Un système d'équilibrage a été utilisé pour limiter l'influence du vent sur la pression de référence à l'extérieur du bâtiment.</p> <p>Les observations sur le site ont permis d'identifier des possibilités d'infiltration aux endroits suivants:</p> <ul style="list-style-type: none">- Pourtour des entrées - espace à l'arrière de la brique.- Siphon du puisard des drains français au sous-sol.- Les hottes de cuisinières montraient des fuites importantes.- Les volets du système d'évacuation de la buanderie au sous-sol.- Les fenêtres et autres ouvertures au sous-sol étaient très étanches.	

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

4.4.3 Bâtiment #3

Conditions météorologiques lors des essais	Vents forts 20 à 26 km/hr
Changement d'air par heure à 50 Pa CAH-50	Taux: 3.99 ca/hr
	Rang: 10
Débit d'infiltration normalisé à 50 Pa	Débit: 2.90 l/s.m ²
	Rang: 8
Exigence du CNB 1995 (75 Pa)	Débit: 0.02 l/s m ²
Aire de fuite équivalente normalisée (10 Pa)	Aire: 5.56 cm ² /m ²
	Rang: 10
Exigence du prochain code	Aire: 2 cm ² /m ²
<p>REMARQUES:</p> <p>Les essais ont été effectués avec des conditions de vents forts.</p> <p>La courbe d'infiltration donne un coefficient de 0.464 ce qui est anormalement bas. Généralement on doit se situer à un minimum de 0.5.</p> <p>L'infiltration demeure plus élevée à faible pression différentielle. Le bâtiment présenterait donc le taux d'infiltration "naturelle" le plus élevé.</p> <p>Il s'agit d'une construction récente avec toit ventilé. Il semble que ce type de construction soit moins étanche.</p>	

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

4.4.4 Bâtiment #4

Conditions météorologiques lors des essais	Vents calmes 0 à 2 km/hr
Changement d'air par heure à 50 Pa CAH-50	Taux: 2.37 ca/hr
	Rang: 3
Débit d'infiltration normalisé à 50 Pa	Débit: 1.70 l/s.m ²
	Rang: 1
Exigence du CNB 1995 (75 Pa)	Débit: 0.02 l/s m ²
Aire de fuite équivalente normalisée (10 Pa)	Aire: 2.370 cm ² /m ²
	Rang: 2
Exigence du prochain code	Aire: 2 cm ² /m ²
<p>REMARQUES:</p> <p>Les conditions climatiques étaient propices pour les essais d'étanchéité.</p> <p>Un système de ventilation de l'entrecit a été installé et il apparaît que ce système n'atteint pas les objectifs visés en raison d'une installation mal étudiée.</p> <p>Un regard d'égout avec couvercle non étanche constituait une source importante d'infiltration.</p>	

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

4.4.5 Bâtiment #5

Conditions météorologiques lors des essais	Vents moyens 15 à 20 km/hr
Changement d'air par heure à 50 Pa CAH-50	Taux: 3.83 ca/hr
	Rang: 9
Débit d'infiltration normalisé à 50 Pa	Débit: 3.09 l/s.m ²
	Rang: 10
Exigence du CNB 1995 (75 Pa)	Débit: 0.02 l/s m ²
Aire de fuite équivalente normalisée (10 Pa)	Aire: 3.6 cm ² /m ²
	Rang: 8
Exigence du prochain code	Aire: 2 cm ² /m ²
<p>REMARQUES:</p> <p>La chute à déchets n'est plus utilisée. Toutefois, elle n'est pas fermée et elle n'est pas isolée.</p> <p>Des fissures ont été notées sur les murs de fondation.</p> <p>Les volets du système de ventilation ne sont pas étanches.</p>	

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

4.4.6 Bâtiment #6

Conditions météorologiques lors des essais	Vents calmes 0 à 2 km/hr
Changement d'air par heure à 50 Pa CAH-50	Taux: 2.6 ca/hr
	Rang: 5
Débit d'infiltration normalisé à 50 Pa	Débit: 2.79 l/s.m ²
	Rang: 7
Exigence du CNB 1995 (75 Pa)	Débit: 0.02 l/s m ²
Aire de fuite équivalente normalisée (10 Pa)	Aire: 3.4 cm ² /m ²
	Rang: 7
Exigence du prochain code	Aire: 2 cm ² /m ²
REMARQUES: La chute à déchets n'est plus utilisée. Il a été noté que cette chute n'est pas scellée et elle n'est pas isolée. L'évent de la chute qui se prolonge au-dessus du toit n'est pas scellé.	

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

4.4.7 Bâtiment #7

Conditions météorologiques lors des essais	Vents forts 22 - 28 km/hr
Changement d'air par heure à 50 Pa CAH-50	Taux: 2.25 ca/hr
	Rang: 1
Débit d'infiltration normalisé à 50 Pa	Débit: 1.84 l/s.m ²
	Rang: 2
Exigence du CNB 1995 (75 Pa)	Débit: 0.02 l/s m ²
Aire de fuite équivalente normalisée (10 Pa)	Aire: 2.911 cm ² /m ²
	Rang: 6
Exigence du prochain code	Aire: 2 cm ² /m ²
REMARQUES: Le bâtiment semble le plus étanche, par contre le taux d'humidité dans l'un des logements du sous-sol apparaissait comme anormalement élevé. Des traces de moisissures ont été observées. Des fissures ont été observées dans les murs de fondation.	

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

4.4.8 Bâtiment #8

Conditions météorologiques lors des essais	Vents moyens 17 - 20 km/hr
Changement d'air par heure à 50 Pa CAH-50	Taux: 3.43 ca/hr
	Rang: 8
Débit d'infiltration normalisé à 50 Pa	Débit: 2.69 l/s.m ²
	Rang: 6
Exigence du CNB 1995 (75 Pa)	Débit: 0.02 l/s m ²
Aire de fuite équivalente normalisée (10 Pa)	Aire: 2.297 cm ² /m ²
	Rang: 1
Exigence du prochain code	Aire: 2 cm ² /m ²
<p>REMARQUES:</p> <p>Les étages de ce bâtiment sont construits au-dessus d'un vide sanitaire.</p> <p>Les essais d'étanchéité ont été effectués en bouchant les ouvertures de ventilation du vide sanitaire. Les essais effectués avant de fermer ces ouvertures donnaient un débit d'infiltration plus élevé avec un exposant d'une valeur de 0.7 caractérisant les fuites.</p> <p>La valeur de l'exposant calculée lors des essais semble anormalement élevée (0.96). Il est pourtant calculé à partir des résultats des essais. La vitesse des vents peut avoir affecté la précision des essais.</p>	

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

4.4.9 Bâtiment #9

Conditions météorologiques lors des essais	Vents faibles 6 à 7 km/hr
Changement d'air par heure à 50 Pa CAH-50	Taux: 2.78 ca/hr
	Rang: 6
Débit d'infiltration normalisé à 50 Pa	Débit: 2.19 l/s.m ²
	Rang: 5
Exigence du CNB 1995 (75 Pa)	Débit: 0.02 l/s m ²
Aire de fuite équivalente normalisée (10 Pa)	Aire: 2.745 cm ² /m ²
	Rang: 4
Exigence du prochain code	Aire: 2 cm ² /m ²
REMARQUES: Ce bâtiment est principalement composé de logements de dimensions importantes. On y loge principalement des familles. L'un des logements a été construit sur deux étages. Il est donc plus fortement influencé par l'effet tirage. Il s'agit d'un logement de cinq chambres à coucher. Le bâtiment est de construction récente et fait partie d'un groupe de bâtiments construits à la même époque.	

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

4.4.10 Bâtiment #10

Conditions météorologiques lors des essais	Vents faibles 6 à 9 km/hr
Changement d'air par heure à 50 Pa CAH-50	Taux: 2.25 ca/hr
	Rang: 1
Débit d'infiltration normalisé à 50 Pa	Débit: 2.07 l/s.m ²
	Rang: 4
Exigence du CNB 1995 (75 Pa)	Débit: 0.02 l/s m ²
Aire de fuite équivalente normalisée (10 Pa)	Aire: 2.824 cm ² /m ²
	Rang: 5
Exigence du prochain code	Aire: 2 cm ² /m ²
REMARQUES: Il s'agit du plus gros bâtiment ayant fait partie de cette étude. Le bâtiment a été construit en deux phases. La dernière phase consiste en un ajout de 13 logements. Le bâtiment est muni de deux systèmes d'alimentation d'air neuf qui sont utilisés sur une base horaire (utilisation restreinte en hiver). Des fuites importantes ont été observées par la chute à déchets. Les volets des systèmes de ventilation n'étaient pas parfaitement étanches.	

4.5 Conclusion et recommandations

La comparaison des résultats des essais d'étanchéité pour les bâtiments de la présente étude aux résultats d'autres études nous permet de dégager certains faits (conclusions) qui servent de base à des recommandations qui devront être prises en considération pour l'orientation de la construction des nouveaux bâtiments d'habitation de moyenne taille.

Conclusions pour les bâtiments

- Généralités

En comparant les différents résultats des essais d'étanchéité avec ceux des études antérieures à 1990, on pourrait croire que l'étanchéité des dix bâtiments étudiés est très bonne. Par contre, lorsque comparés avec les résultats d'étude comme EVALISO ou encore d'essais dans les résidence R-2000, on se rend compte qu'il serait possible de rendre les bâtiments plus étanches. Compte tenu de l'orientation actuelle dans ce domaine, les résultats prouvent que des améliorations des méthodes d'assemblage des matériaux sont nécessaires pour rendre les nouvelles constructions plus étanches et même améliorer les constructions existantes.

A cet effet, le Code National du Bâtiment CNB-95 donne des indications précises sur les propriétés des matériaux qui composent le système d'étanchéité à l'air. On parle d'un taux de 0.02 l/s.m² à 75 Pa.

Il y a donc un écart énorme à combler entre le comportement de l'ensemble des éléments de l'enveloppe thermique et les exigences pour un matériau particulier. À l'avenir, l'étanchéité des bâtiments devra être la plus parfaite possible en prenant en considération que l'enveloppe d'un bâtiment contribuera de façon marginale à la ventilation du bâtiment.

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

Dans cette optique, l'étanchéité des bâtiments étudiés est déficiente et devrait faire l'objet d'améliorations. En période de vents forts, le taux d'infiltration des bâtiments peut accroître considérablement les besoins de chauffage.

- Taux de changement d'air à 50 Pa (CAH-50)

Le taux de changement d'air par heure à 50 Pa (CAH-50) se situe pour la plupart des bâtiments dans le bas de la plage des taux de changement d'air par heure des différentes études citées en référence. On obtient un taux moyen de changement d'air par heure à 50 Pa (CAH-50) d'environ 3 ch/hr. Ce taux est raisonnable si on le compare aux études entre 1975 et 1985 alors qu'on rencontre des taux variant entre 6 et 13.

Toutefois, le taux de changement d'air est trop élevé si on le compare à celui qu'on rencontre dans les bâtiments conçus selon des critères avant-gardistes tels que les maisons R-2000.

- Débit d'infiltration normalisé

Tel que mentionné précédemment, la comparaison des données présentées sous forme de débit ou taux d'infiltration normalisé à 50 Pa (l/s.m²) peut entraîner une erreur d'interprétation puisque le mode de calcul de la superficie de l'enveloppe peut varier d'une étude à une autre.

Toutefois, en considérant ce critère d'évaluation, seule l'étude des bâtiments dans la région de la Colombie-Britannique (référence 14) semble présenter généralement une meilleure étanchéité. Dans cette étude on fait état de relevés de débit normalisé très bas qui s'approchent et dépassent même les recommandations pour les bâtiments C-2000 ou celles du code de l'énergie 95.

Il semble que les données de l'étude de la région de la Colombie Britannique

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

soient très différentes des résultats des analyses mentionnées dans le rapport préliminaire d'Evaliso ⁽¹⁸⁾ où on indique pour les bâtiments de Colombie-Britannique que le taux de changement d'air par heure à 50 Pa se situe autour de 9.0 ch/hr.

Pour l'évaluation de l'étanchéité des bâtiments on devra tenir compte que le débit normalisé est mesuré à 50 Pa. Selon la caractéristique des ouvertures il est possible que certains bâtiments soient beaucoup moins étanches que d'autres dans des conditions naturelles d'utilisation.

- Aire de fuite normalisée (équivalente ou effective)

La discussion des sections 4.3.3 et 4.3.4 permet de comprendre pourquoi l'aire de fuite (équivalente ou effective) normalisée (AFN ou AFE) doit être considérée comme un critère d'évaluation plus précis pour la comparaison des bâtiments. L'AFN représente une valeur mesurée à un différentiel de pression qui s'approche des conditions normales d'utilisation d'un bâtiment. L'AFE considère un différentiel de pression à 4 Pa. On est alors encore plus près des conditions normales d'utilisation d'un bâtiment.

Selon ce critère, seul le bâtiment #8 offrirait une qualité d'enveloppe qui respecterait les exigences du Code de l'énergie pour les maisons 1995. Toutefois, les éléments de calcul de l'exposant "n" pour ce bâtiment peuvent avoir été influencés par les conditions climatiques lors des essais. L'exposant "n" est un facteur déterminant pour calculer l'AFN ou l'AFE.

Conclusions pour la méthodologie (mesure de l'étanchéité)

- Utilisation de plusieurs ventilateurs

L'utilisation de plusieurs ventilateurs de porte installés en parallèle permet

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

d'évaluer l'étanchéité globale des bâtiments de taille moyenne. C'est une méthode plus simple que l'installation d'un seul gros ventilateur. Les résultats respectent le degré de précision requis par la norme CAN-CGSB-149.10-M86.

- Influence du vent lors des relevés

Le vent a une influence considérable sur la précision des données. Les essais par conditions venteuses peuvent être affectés d'une imprécision de l'ordre de 10 à 15% (pour les lectures 50 Pa). Avec un différentiel de pression plus faible l'erreur est plus grande.

- Présentation des résultats

Les résultats d'essai d'étanchéité de plusieurs projets de recherche dans le domaine sont présentés sous différentes formes; ce qui rend la comparaison très difficile.

La méthode de calcul de la surface de l'enveloppe thermique d'un bâtiment varie d'une étude à une autre.

Recommandations pour les bâtiments

Les méthodes de construction des nouveaux bâtiments de même type devront être améliorées pour les rendre plus étanches. Un système de ventilation mécanique devra être prévu pour assurer la ventilation de ces bâtiments. On évitera ainsi les pertes thermiques non contrôlées qui résultent d'une infiltration trop grande dès qu'on est en présence de vents.

L'étanchéité des dix bâtiments devrait être améliorée pour qu'ils rencontrent les exigences du Code du bâtiment 1995. Dans les bâtiments sans systèmes de ventilation, l'ajout d'un tel système est alors nécessaire.

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

Les principaux facteurs de fuite (chute à déchet, évacuateur sans volet, espace d'air à l'intérieur des murs des entrées, siphon d'égout non étanche, regard d'égout non étanche, fissures dans les fondations, fissures dans les murs, etc...) doivent être corrigés pour rendre les bâtiments plus étanches.

S'il y a un système de ventilation adéquat, les portes et fenêtres devraient être le plus étanche possible pour limiter la surventilation et l'accroissement de la dépense énergétique en hiver.

Recommandations pour la méthodologie (contrôle de l'étanchéité)

Faire la promotion du diagnostic de l'étanchéité effectué par un ou plusieurs ventilateurs de porte installés en parallèle. Contrôler la qualité de l'enveloppe pendant la construction.

Ne pas effectuer d'essais d'infiltrométrie si le vent excède une moyenne de 10 km/hr (sauf pour les lectures de débit à forte dépressurisation).

Uniformiser les éléments de présentation des résultats, ainsi que les méthodes de calcul des surfaces de l'enveloppe thermique.

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

1. Office des normes générales du Canada (CGSB) "Détermination de l'étanchéité à l'air des enveloppes de bâtiment par la méthode de dépressurisation au moyen d'un ventilateur", approuvé par le Conseil canadien des normes, CAN/CGSB-149.10 M86, Ottawa, décembre 1986.
2. J.T. Reardon, A.K. Kim et C.Y. Shaw, "Balanced Fan Depressurization Method for Measuring Component and Overall Air Leakage in Single and Multifamily Dwellings", préparé pour l'Institut de recherche en construction du Conseil national de recherches Canada, NRCC 30421, IRC No. 1596, Ottawa, juin 1987.
3. Minneapolis Blower Door, "Operation Manual, Model 3", The Energy Conservatory, (For Model 3 Minneapolis Blower Door Fan #'s 3000 and greater), Minneapolis, octobre 1992.
4. Travaux Publics Canada, "Contrôle de la pression et de l'étanchéité à l'air", service d'architecture et de génie, Document D36, Ottawa, mars 1988.
5. Parekh, Platts, Bonnyman, Ruest, Seifried et Kayll, "Development of Design Procedures and Guidelines for Reducing Electric Demand by Air Leakage Control in High-rise Residential Buildings", préparé par Scanada Consultants Limited, pour la Société centrale d'hypothèques et de logement (SCHL) et Ontario Hydro, Ottawa, 1991.
6. Blomsterberg et Harrje, "Evaluating Air Infiltration Energy Losses", ASHRAE Journal, p. 25, ASHRAE, New York, mai 1979.
7. Shaw et Jones, "Schools: Air Tightness and Infiltration", ASHRAE Journal, p. 40, ASHRAE, New York, avril 1979.
8. Shaw, "Air Tightness: Supermarkets and Shopping Malls", ASHRAE Journal p. 44, ASHRAE, New York, mars 1981.
9. Tamura et Shaw, "Experimental Studies on Mechanical Venting for Smoke Control in Tall Buildings", ASHRAE Journal p. 36, ASHRAE, New York, février 1978.
10. Parent, Kovacevic et Stricker, "Measurement of Pollutant Source Strengths and Determination of Indoor Air Quality in Quebec Housing Stock", Acte de la deuxième conférence internationale, Qualité de l'air intérieur, ventilation et économie d'énergie dans les bâtiments, Montréal, mai 1995.
11. Peterson, "Estimating Air Infiltration Into Houses: An Analytical Method", ASHRAE Journal, p. 60, ASHRAE, New York, janvier 1979.

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

12. Hollowell, Berk et Traymor, "Impact of Reduced Infiltration and Ventilation on Indoor Air Quality, ASHRAE Journal, p. 49, ASHRAE, New York, juillet 1979.
13. Scott et Bennett, "Field Investigation Survey of Air Tightness, Air Movement and Indoor Air Quality in High-rise Apartment Buildings: Atlantic Region", préparé par BFL Consultants Limited pour la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL), no. 600-01, Ottawa, 30 avril 1991.
14. Gulay, Stewart et Foley, "Field Investigation Survey Summary Report of Air Tightness, Air Movement, and Indoor Air Quality in High-rise Apartment Buildings in Five Canadian Regions", préparé par Wardrop Engineering Inc., pour la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL).
15. Auger et Nguyen, "Résultats des mesures des paramètres de la qualité de l'air dans 30 résidences au Québec", préparé par Auger, Donnini et Nguyen Inc. pour Hydro-Québec, projet 92-1-014, Montréal, février 1993.
16. Auger, "Rencontre d'experts sur l'étanchéité des maisons" préparé par Auger, Donnini et Nguyen préparé pour Hydro-Québec, le 14 mai 1995.
17. Dallaire, "Étanchéité 92", préparé pour Hydro-Québec, Montréal, février 1992.
18. Hydro-Québec "Taux d'infiltration dans les maisons unifamiliales détachées du Québec chauffées à l'électricité" résultats préliminaires pour un échantillon de 591 maisons, projet Evaliso, Montréal, février 1993.
19. Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL), "Qualité de l'air à l'intérieur des habitations", NHA 6069, Ottawa, 1988.
20. ASHRAE, "Fundamentals Handbook", chapitre 14 et chapitre 23, ASHRAE, Atlanta, 1993.
21. Howell, Mayhew Engineering "Monitoring and Investigation of a Multi-Suite Residential Complex in Whitehorse", Yukon, from 1988 to 1992, préparé pour CANMET, Ottawa, 1993.
22. Buchan, Lawton, Parent, "Design and Analysis of Preliminary C-2000 Multi-Residential Building", préparé pour CANMET, Ottawa, 1993.
23. Palmater et Brown, "The Northwest Residential Infiltration Survey (NORIS): Description and Summary of Results", actes du colloque "Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Building IV, ASHRAE/DOE/BTECC/CIBSE, p. 445, Atlanta, 1989.

4.0 ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

24. Parekh, "Power Demand and Energy Savings Through Air Leakage Control in High-Rise Residential Buildings in Cold Climates", Actes du colloque "Thermal Performance of Exterior Envelopes of Buildings V", ASHRAE/DOE/BTECC, page 632 ASHRAE, Atlanta 1992.
25. Brennan, Turner, Fisher, Thompson et Ligman, "Fan Pressurization of School Buildings", Actes du colloque "Thermal Performance of Exterior Envelopes of Building V", ASHRAE/DOE/BTECC, page 643 ASHRAE, Atlanta, 1992.
26. Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL), "Établissement des méthodes de mesure de l'étanchéité à l'air et des mouvements de l'air dans les tours d'habitation", Ottawa, 1992.
27. Love, J.A., "Air Tightness Testing Methods for Multi-Unit Housing" Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL), Ottawa, décembre 1986.
28. Conseil national de recherches du Canada, "Code national de l'énergie pour les habitations 1995", CCCBPI, Ottawa, avril 1995.

CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉTANCHÉITÉ DE L'ENVELOPPE
(essai de dépressurisation)

Bâtiments	Nombre de logement	Volume d'air m3	Surface d'enveloppe m ²	Débit d'infiltr. (l/s)	CAH @ 50 Pa	Coeff. d'infiltr. global "C" (l/s)	Courbe d'infiltr. exposant "n"	Taux d'infiltr. en l/s / m ² @ 50Pa	Taux d'infiltr. en l/s / m ² @ 75Pa	AFN @ 10Pa cm ² /m ²	AFE @ 4Pa cm ² /m ²
Bâtiment #1	24	4 932,0	1 544,7	4 489	3,28	309,02	0,684	2,91	3,83	3,902	2,001
Bâtiment #2	12	3 800,9	1 342,6	2 717	2,58	169,75	0,709	2,03	2,70	2,612	1,309
Bâtiment #3	12	2 473,5	945,0	2 741	3,99	446,83	0,464	2,90	3,51	5,558	3,486
Bâtiment #4	20	3 832,5	1 487,0	2 519	2,37	191,38	0,659	1,70	2,21	2,370	1,243
Bâtiment #5	16	3 952,6	1 363,2	4 201	3,83	205,31	0,772	3,09	4,22	3,598	1,702
Bâtiment #6	43	10 906,6	2 838,8	7 906	2,60	441,17	0,738	2,79	3,76	3,433	1,675
Bâtiment #7	27	4 642,1	1 571,0	2 898	2,25	295,8	0,583	1,84	2,33	2,911	1,637
Bâtiment #8	9	2 354,4	830,0	2 239	3,43	51,06	0,966	2,69	3,98	2,297	0,910
Bâtiment #9	10	3 041,9	1 071,0	2 347	2,78	136,17	0,728	2,19	2,95	2,745	1,352
Bâtiment #10	57	11 173,0	3 368,0	6 991	2,25	497,86	0,675	2,07	2,73	2,824	1,460

Valeurs de référence

1,5
(norme C-2000)

1,52
(norme C-2000)

2,00
(code de l'énergie)

5.1 Objectif

Dans le domaine de la construction des bâtiments, au cours des années qui ont suivi la crise énergétique des années 70, des améliorations importantes ont été apportées à la conception des fenêtres, des portes et aux principes d'assemblage des murs et toitures. Les principaux facteurs motivant cette démarche ont été cités en introduction.

Il est reconnu que l'amélioration de l'étanchéité permet une amélioration sensible du confort et de la performance énergétique. Toutefois, une plus grande étanchéité a certainement une incidence directe sur le renouvellement d'air dit "naturel" d'un bâtiment. Il s'agit en fait de l'évacuation de l'air intérieur par exfiltration au travers d'un grand nombre de petites ouvertures non planifiées dans l'enveloppe extérieure d'un bâtiment et de son remplacement par de l'air extérieur aspiré par le phénomène inverse qu'est l'infiltration. Les ouvertures non planifiées font suite aux difficultés d'obtenir un assemblage parfait des différents matériaux composant les murs, le toit, les planchers et toutes les cloisons intérieures d'un bâtiment.

Si on diminue la ventilation "naturelle", on diminuera l'évacuation des différents polluants potentiels qui se maintiendront alors à un niveau de concentration beaucoup plus élevé. Par conséquent, une plus grande étanchéité peut causer des désordres dans le comportement des matériaux et dans la qualité d'air intérieur.

L'étude des mouvements d'air à l'intérieur d'un bâtiment prend toute son importance dans le fait qu'en se déplaçant, l'air transporte la vapeur d'eau et les divers polluants qu'il contient. Les pressions différentielles à l'origine de

l'exfiltration sont responsables de la migration de la vapeur, de l'intérieur du bâtiment vers les régions froides des murs, des châssis de fenêtres et des toits.

La diffusion de l'humidité par des ouvertures dans les matériaux peut entraîner une rapide accumulation d'eau par condensation qui risque de détériorer l'enveloppe du bâtiment. Ce phénomène est plus accentué en hiver, dans les zones où se produisent les plus fortes exfiltrations.

Dans un bâtiment résidentiel, une diminution de la ventilation "naturelle" ou mécanique aura pour conséquence potentielle, une augmentation du taux d'humidité et une détérioration de la qualité d'air intérieur en raison d'une augmentation de la concentration des polluants. On insiste sur l'expression "conséquence potentielle" parce que les bâtiments de type résidentiel sont généralement dotés de systèmes d'évacuation mécanique pour les hottes de cuisine et les salles de toilette. L'occupant peut aussi dans la majorité des cas ouvrir les fenêtres. Il existe donc des solutions pour pallier à un manque de ventilation "naturelle".

Dans le parc des bâtiments résidentiels de moyenne taille, il existe une très grande diversité dans l'approche suivie pour assurer la ventilation des logements. Ainsi, dans des bâtiments de même taille, un système d'apport d'air neuf peut être prévu tout comme il peut être inexistant. Lorsqu'il est présent, son mode d'opération peut varier considérablement d'un bâtiment à un autre.

Les systèmes d'évacuation peuvent aussi être très diversifiés. L'évacuation des hottes de cuisine et des salles de toilette peut être individuelle, centralisée, à gravité ou simplement inexistante. Différentes combinaisons de systèmes sont aussi possibles. Ainsi, un évacuateur central peut aspirer l'air d'un réseau de petits évacuateurs individuels. L'horaire de fonctionnement des différents types

d'évacuateurs peut aussi être très variable.

Devant un tel étalage de possibilités, on réalise la complexité de l'évaluation de l'incidence que peut avoir une plus grande étanchéité de l'enveloppe sur la qualité d'air intérieur d'un bâtiment résidentiel de taille moyenne.

Une étude détaillée des différents paramètres régissant les déplacements d'air dans les habitations multi-résidentielles offre certainement la possibilité de mieux comprendre les phénomènes en présence et de cibler les orientations qui devront être prises pour améliorer l'étanchéité des bâtiments sans en détériorer la qualité d'air ou encore, provoquer un déséquilibre dans le comportement des matériaux.

Ce chapitre donne d'abord une description des différents phénomènes qui régissent les déplacements d'air à l'intérieur d'un bâtiment. Dans une seconde étape, les principaux éléments de la méthodologie d'analyse et principalement des données nécessaires pour la conduite de cette analyse sont présentées et discutées.

Ensuite, on aborde l'étude proprement dite de chacun des bâtiments soumis à l'analyse pour finalement en dégager les principales conclusions et recommandations.

L'étude des mouvements d'air est non seulement justifiée en raison de son incidence sur la qualité d'air intérieur mais aussi en raison de sa contribution possible à la détérioration des matériaux de l'enveloppe d'un bâtiment.

5.2 Les phénomènes régissant les mouvements d'air

La ventilation "naturelle" d'une maison unifamiliale dépend de la différence de

pression entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment et de l'étanchéité à l'air de son enveloppe. Par ailleurs, le mouvement d'air à l'intérieur d'un bâtiment multi-résidentiel est soumis à l'incidence de ces deux paramètres mais aussi aux pressions différentielles qui existent entre chacun des locaux (ou zones) et principalement des caractéristiques d'étanchéité des différentes cloisons de ces mêmes locaux.

Les caractéristiques de l'étanchéité de l'enveloppe extérieure ou des cloisons internes sont généralement fixes. Par contre, la pression différentielle exercée sur ces mêmes éléments dépend de trois paramètres bien distincts.

- L'effet de tirage (cheminée);
- Le vent;
- La ventilation mécanique.

La première loi du mouvement s'applique à l'air comme à tout autre corps. Pour que l'air se déplace, il doit y avoir une force qui s'exerce sur lui. Si l'on veut contrôler les mouvements de l'air et comprendre les phénomènes qui se produisent dans les bâtiments, il faut comprendre les forces qui mettent l'air en mouvement⁽¹⁾.

5.2.1 Effet de tirage

L'effet de tirage (effet cheminée ou appel de cheminée) provient des différences de température entre l'air ambiant intérieur et l'air extérieur. Il n'y aura pas d'infiltration ni d'exfiltration tant qu'une différence de pression n'est pas créée par un écart "naturel" entre les températures intérieure et extérieure.

L'air chaud ayant une masse volumique moins élevée que l'air froid, il aura

tendance à déplacer l'air froid pour occuper la partie haute du volume intérieur d'un bâtiment. Étant donné que l'air intérieur d'un bâtiment est maintenu à une température relativement uniforme, les différences de pression internes auront une influence relativement faible sur les déplacements d'air interne.

Par contre, les écarts de pression sur l'enveloppe du bâtiment causés par la différence de masse volumique de l'air chaud intérieur par rapport à la masse volumique de l'air froid extérieur auront une contribution directe sur les déplacements d'air au travers de l'enveloppe de l'édifice. L'infiltration et l'exfiltration par l'enveloppe créeront un déplacement d'air à l'intérieur du bâtiment et le degré d'incidence de ce phénomène est directement lié aux caractéristiques de l'étanchéité des cloisons internes.

Dans un édifice de construction homogène sans cloisons interne, la masse volumique de l'air froid exercera une poussée sur le volume inférieur de tout le bâtiment. Cette poussée aura pour effet de forcer l'air froid vers l'intérieur du bâtiment dans tout le volume du bâtiment localisé en deçà du plan d'équilibre des pressions. Pour une construction homogène sans cloison interne, le plan d'équilibre des pressions (plan neutre) se situera à la mi-hauteur du bâtiment.

Dans le cas du volume supérieur du bâtiment, on assistera à un phénomène inverse. L'air intérieur du bâtiment étant plus chaud, sa masse volumique est moindre. Il exercera donc une poussée qui aura pour effet de forcer l'air chaud vers l'extérieur du bâtiment.

La position relative du plan d'équilibre des pressions (plan neutre) est caractérisée par la position des ouvertures dans l'enveloppe du bâtiment. Par exemple, si on pratiquait une ouverture béante dans le bas d'un édifice complètement étanche sans cloison intérieure, le plan neutre se situerait au

centre de l'ouverture au bas du bâtiment.

Inversement, si on pratiquait une ouverture béante dans le haut d'un bâtiment complètement étanche sans cloison intérieure, le plan neutre serait situé au centre de l'ouverture.

Tel que mentionné plus tôt, dans une construction normale, le plan neutre se situe généralement à la demi-hauteur de l'édifice.

L'équation qui permet le calcul de la pression différentielle exercée sur l'enveloppe du bâtiment est la suivante:

$$P_t = D \times g \times (h_1 - h_2) \times \frac{(T_i - T_e)}{T_e}$$

Où les différents symboles signifient:

P_t = Pression de l'effet de tirage (Pa)
(entre h_1 et h_2)

D = Densité de l'air (kg/m^3)
(valeur de $1.2041 \text{ kg}/\text{m}^3$ à 20°C)
(valeur de $1.3945 \text{ kg}/\text{m}^3$ à -20°C)

g = Accélération de la gravité ($9.82 \text{ m}/\text{sec.}^2$)

h_1 = Hauteur de référence #1 (haut) (m)

h_2 = Hauteur de référence #2 (bas) (m)

T_i = Température intérieure du bâtiment ($^\circ\text{K}$)

T_e = Température extérieure ($^\circ\text{K}$)

On utilise souvent une forme abrégée de cette équation:

$$P_t = 0.04 \times \Delta h \times \Delta^\circ C$$

Où les différents symboles signifient:

$$P_t = \text{Pression de l'effet de tirage (Pa)}$$

$$0.04 = \text{Facteur de conversion (Pa/m.}^\circ\text{K)}$$

$$\Delta h = \text{Différence de hauteur entre deux points (m)}$$

$$\Delta^\circ C = \text{Différence de température entre l'intérieur et l'extérieur (}^\circ\text{C)}$$

A titre de référence, pour un bâtiment de 8 m de hauteur (taille moyenne), avec une température extérieure de -20°C et une température intérieure de 25°C , l'effet de tirage serait le suivant:

$$P_t = 0.04 \times \Delta h \times \Delta^\circ C$$

$$P_t = 0.04 \times 4 \times 45 \text{ (on utilise la mi-hauteur)}$$

$$P_t = 7.2$$

(L'équation complète donne 7.3 Pa)

On obtient un différentiel de pression de 7.3 Pa au bas de l'édifice pour forcer l'air extérieur à entrer dans le bâtiment et un différentiel de pression de 7.3 Pa dans le haut du bâtiment pour laisser échapper l'air intérieur vers l'extérieur.

On remarque donc que lorsque les conditions de température extérieure sont très froides, l'effet de tirage peut être relativement important.

La pression différentielle ainsi calculée représente la poussée maximale créée par l'effet de tirage sans tenir compte de la résistance à l'écoulement des cloisons internes d'un bâtiment multi-résidentiel. Un bâtiment comportant plusieurs

étages ne permet généralement pas un passage tout à fait libre entre les étages. Le plancher entre chaque étage peut régir les déplacements internes.

Toutefois, en raison du nombre de puits verticaux (escalier, ascenseur, mécanique) les déplacements verticaux sont habituellement importants. Ce phénomène peut causer de sérieux problèmes lors d'un incendie. Il y aura déplacement de la fumée vers les étages supérieurs.

C'est lors de situations semblables qu'on se rend compte que toutes les gaines de services verticales, les puits d'escalier, les puits d'ascenseurs et autres accès verticaux seront des sources de déplacement d'air dans le bâtiment.

Le différentiel de pression réel de l'effet de tirage sera généralement plus faible que la valeur théorique de calcul. Cet écart sera d'autant plus grand qu'il existe une plus grande résistance à l'écoulement d'air entre les planchers.

On aura donc intérêt à avoir une bonne étanchéité de chaque plancher d'étage pour contrôler l'effet de tirage et ainsi limiter l'infiltration.

5.2.2 Pression exercée par le vent

On connaît les dommages considérables qui peuvent être causés par le vent. Les ouragans tropicaux en sont un exemple spectaculaire. Bien que la force maximale du vent ait une grande importance dans le calcul structural d'un bâtiment, les pressions dont on traitera dans cette discussion sont maintes fois inférieures. Une rafale de 180 km/hr peut exercer une pression de 1500 Pa alors qu'un vent de 18 km/hr peut exercer une pression de 15 Pa.

Les pressions exercées sur un bâtiment par le vent dépendent de la vitesse du vent ainsi que de l'interaction entre l'écoulement de l'air et le bâtiment. Quand on parle de vitesse du vent, il s'agit en fait d'une masse d'air qui se déplace. Dès qu'on s'oppose au déplacement d'une masse en mouvement, il faut y opposer une force. C'est l'interaction de la force de la masse d'air en mouvement et de l'obstruction au déplacement que crée un bâtiment qui résultera en pression sur ses parois.

La relation permettant d'évaluer la pression exercée par le vent est la suivante:

$$P_v = \frac{D \times V_b^2 \times C_b}{2}$$

Où les différentes variables signifient:

P_v = Pression exercée par le vent (Pa)

D = Densité de l'air en mouvement (kg/m^3)
(valeur de 1.204 kg/m^3 à 20°C)
(valeur de 1.3945 kg/m^3 à -20°C)

V_b = Vitesse du vent à une hauteur précise sur le bâtiment (m/s)

C_b = Coefficient (selon la forme du bâtiment et l'angle d'approche du vent)

La répartition des pressions qui s'exercent sur un bâtiment dépend de la façon dont ce bâtiment intercepte l'écoulement de l'air. A cet égard, il est possible de représenter l'écoulement du vent à l'approche d'un bâtiment au moyen d'une série de lignes horizontales parallèles. Pour passer au-dessus et pour contourner un bâtiment, ces lignes se courberont et se rapprocheront ou se disperseront à différents endroits selon le cas.

On doit noter que les effets de turbulence près des bâtiments amènent des phénomènes très particuliers. Ainsi, la valeur absolue de la pression positive sur un mur face au vent peut être trois fois inférieure à la valeur absolue de la dépression (pression négative) qui s'exerce sur un mur dont l'angle par rapport à la direction du vent est très faible et se situe à la limite de l'écoulement laminaire.

Le chapitre 14 du Guide ASHRAE, 1993 Fundamentals Handbook⁽³⁾, présente des croquis très explicites sur le déplacement d'air et les phénomènes de turbulence près des bâtiments.

Des essais en soufflerie⁽¹⁾ ont permis de déterminer les différentes valeurs du coefficient "Cb". Ces valeurs tiennent compte de la forme du bâtiment et de l'angle d'approche de la vitesse du vent par rapport aux différents murs.

Le guide "Fundamentals Handbook"⁽³⁾ donne des indications sur les valeurs du coefficient "Cb". Le tableau 5.1 résume ces valeurs pour différents angles d'approche du vent par rapport à la surface d'un mur. Pour un angle de 180°, le mur est en quelque sorte dans le sens opposé à la direction d'approche du vent (voir croquis 5.1 pour la détermination de l'angle d'approche).

L = Largeur du bâtiment
(mesurée dans le sens de la ligne de référence de l'angle d'incidence)

P = Projection du bâtiment
(largeur mesurée dans le sens perpendiculaire à la ligne de référence de l'angle d'incidence)

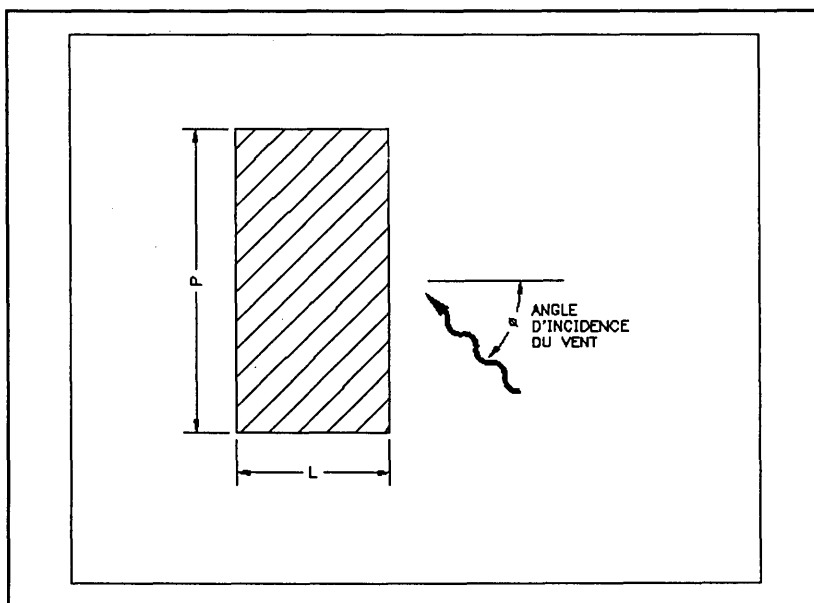
TABLEAU 5.1

**VALEUR DU COEFFICIENT C_b POUR
DIFFÉRENTS ANGLES D'APPROCHE DU VENT**

Angle d'approche	Coefficient C_b			Angle d'approche	Coefficient C_b		
	L/P=1	L/P=0.25	L/P=4		L/P=1	L/P=0.25	L/P=4
0°	0.62	0.62	0.62	190°	-0.36	-0.25	-0.51
20°	0.56	0.54	0.58	215°	-0.45	-0.35	-0.56
45°	0.32	0.12	0.50	240°	-0.55	-0.52	-0.60
70°	-0.20	-0.54	0.14	265°	-0.60	-0.70	-0.35
95°	-0.60	-0.70	-0.35	290°	-0.20	0.54	0.14
120°	-0.55	-0.52	-0.60	315°	0.32	0.12	0.50
145°	-0.45	-0.35	-0.56	340°	0.56	0.54	0.58
170°	-0.36	-0.25	-0.51	360°	0.62	0.62	0.62

DÉTERMINATION DE L'ANGLE D'APPROCHE

CROQUIS 5.1



5.0 MOUVEMENT DE L'AIR

La vitesse du vent (V_b) si elle n'est pas mesurée à la hauteur de référence sur le mur, doit être calculée à partir des données d'une station météorologique dans la région où est situé le bâtiment à l'étude. On ne peut pas utiliser directement la vitesse du vent disponible de la station météo.

Différents paramètres ont été établis pour permettre d'évaluer la vitesse du vent en fonction de la hauteur du bâtiment et du site sur lequel il a été construit.

L'ASHRAE⁽³⁾ est encore une fois une précieuse source de renseignements pour l'évaluation de la vitesse probable du vent sur le site.

La mesure de la vitesse du vent à la station météorologique s'effectue normalement à une hauteur de 10 m à partir du sol. Normalement, la station météo est située près d'un aéroport, alors que tous les espaces environnant le détecteur de vitesse sont totalement dégagés. Divers coefficients ont été établis pour corriger la vitesse mesurée dans un espace dégagé et ainsi tenir compte des obstructions des différentes constructions dans les zones urbaines et en banlieue.

Pour établir la vitesse du vent sur le bâtiment on doit utiliser les coefficients suivants (tableau 5.2):

TABLEAU 5.2
CHOIX DES COEFFICIENTS A_o et a

TYPE DE SITE	A_o	a
Terrain dégagé (aéroport)	1.0	0.15
Banlieue: regroupement de plusieurs bâtiments à faible hauteur	0.60	0.28
Site urbain: regroupement de grands édifices dans un quartier densément peuplé	0.35	0.40

Les principales équations permettant d'utiliser ces coefficients sont les suivantes:

- Vitesse de référence selon le site

$$V_s = A_o V_{met}$$

Où les différentes variables signifient:

V_s = Vitesse du vent en fonction du site du bâtiment (m/s)
(à la hauteur de référence de 10 m)

V_{met} = Vitesse du vent à la station météorologique (m/s)
(mesurée normalement à 10 m)

A_o = Coefficient déterminé par essai

Le coefficient A_o sert à évaluer l'incidence des obstructions sur le site où le calcul des pressions est effectué.

La vitesse du vent sur le site du bâtiment à une hauteur H doit être établie selon la relation suivante:

$$V_b = V_s \left(\frac{H_b}{H_{ref}} \right)^a$$

Où les différentes variables signifient:

V_b = Vitesse d'approche du vent au bâtiment (m/s)

V_s = Vitesse en fonction du site du bâtiment à une hauteur de 10 m

H_b = Hauteur où l'incidence du vent doit être calculée

H_{ref} = Hauteur de référence pour mesure de la vitesse du vent à la station météorologique

a = Coefficient déterminé par essai

Tous les coefficients utilisés pour le calcul de la vitesse du vent ont été établis à partir d'essai réalisés dans des conditions spécifiques. La

5.0 MOUVEMENT DE L'AIR

pression exercée par le vent peut changer considérablement si un bâtiment est en aval d'autres constructions plus imposantes.

A titre d'exemple, on évalue la pression du vent dans les conditions suivantes:

Vitesse moyenne du vent: 5 m/s (18 km/hr)
(à la station météo)

Hauteur du bâtiment: 15 m
(on évaluera la vitesse à la mi-hauteur)

Site de construction: Banlieue

Angle d'approche au bâtiment: 95°

Dimension du bâtiment: L = 30 m
P = 30 m

- Calcul de la vitesse de référence sur le site:

$$V_s = A_o V_{met}$$

$$V_s = 0.60 \times 5 \text{ m/s}$$

$$V_s = 3 \text{ m/s}$$

- Calcul de la vitesse au bâtiment:

$$V_b = V_s \left(\frac{H}{H_{met}} \right)^a$$

$$V_b = 3 \times \left(\frac{7.5}{10} \right)^{.28}$$

$$V_b = 2.77 \text{ m/s}$$

- Calcul de la pression sur la surface:

$$P_v = \frac{D \times V_b^2 \times C_b}{2}$$

$$P_v = \frac{1.2041 \times (2.7)^2 \times -0.60}{2}$$

$$P_v = -2.63 \text{ Pa}$$

On remarque l'importance des facteurs A_o et a_o (surtout A_o) dans le calcul de la vitesse du vent au bâtiment. La vitesse du vent sera diminuée de 45% par rapport à la vitesse enregistrée à la station météo. Cette diminution de la vitesse amène une diminution de 65% de la pression résultante.

Lors des essais d'étanchéité du bâtiment #1, pour des conditions semblables de vent (18 à 25 km/hre), une pression de vent de l'ordre de 10 Pa a été observée. La méthode ASHRAE considère certainement la vitesse moyenne des vents et même en utilisant cette moyenne on s'écarte de façon importante des valeurs observées sur le site. Une différence de pression de 10 Pa peut facilement être obtenue en raison du vent. Un différentiel semblable par l'effet tirage ne peut se produire que lorsque la température extérieure est très froide.

5.2.3 Systèmes de ventilation

Les systèmes de ventilation contribuent de façon directe au mouvement d'air à l'intérieur d'un bâtiment. Généralement, les systèmes de ventilation sont chargés d'évacuer l'air vicié et de le remplacer par un apport d'air neuf équivalent. On ne peut agir plus directement sur le volume d'air intérieur d'un bâtiment.

Dans les habitations à logements multiples de grandes tailles, un système central de ventilation sera généralement utilisé pour injecter un apport d'air neuf dans les corridors communs. Ce principe repose sur l'hypothèse que le débit d'air neuf se distribuera uniformément dans chaque logement pour ainsi remplacer l'air évacué ou forcer une exfiltration équivalente au débit ainsi alimenté.

Le système central de ventilation s'il est équilibré, injectera un volume d'air uniforme sur chaque étage. Ce volume d'air aura une incidence sur les pressions "naturelles" maintenues dans le bâtiment. Ainsi, si on injecte 50 l/s dans un espace, celui-ci sera légèrement pressurisé et un volume d'air équivalent sera

subdivisé et refoulé dans les locaux adjacents et même au travers de l'enveloppe extérieure.

Les pressions potentiellement développées par le système central de ventilation sont généralement beaucoup plus élevées que les pressions créées par les deux autres phénomènes. On parle de 250 Pa à 750 Pa à l'intérieur de la gaine d'alimentation, donc les pressions internes (4 Pa à 10 Pa) du bâtiment n'affecteront que très légèrement le débit.

Dans le cadre de cette étude, il n'y a que trois bâtiments (#5, #6 et #10) qui sont équipés avec un système central de ventilation. Un autre bâtiment est équipé d'un système central d'évacuation. Selon les relevés effectués, ces systèmes fonctionnent d'une façon très aléatoire. Il est donc très difficile d'évaluer par analyse des concentrations des contaminants leur contribution aux déplacements d'air à l'intérieur des bâtiments.

Une modélisation des pressions et des débits a plutôt été effectuée et permet de mieux visualiser l'apport d'un système central de ventilation sur le mouvement d'air et l'équilibre des pressions.

Dans le cadre de l'étude sur le mouvement d'air, les petits systèmes individuels d'évacuation des hottes de cuisinière ou d'évacuation des salles de bain n'ont pas été considérés. Selon les relevés (voir tableau 5.8 à la fin de ce chapitre), ces petits ventilateurs n'évacuent que 30% des débits nominaux recherchés. De plus, on nous a mentionné que leur utilisation est faible et ainsi donc, ils ne contribuent que d'une façon marginale au déplacement d'air à l'intérieur des bâtiments. Toutefois, il est probable que les canalisations verticales de ces évacuateurs puissent jouer un rôle important pour la ventilation naturelle des logements. Même si les évacuateurs sont à l'arrêt, la fuite d'air au travers des ventilateurs et des volets peut contribuer au déplacement d'air vertical des logements vers l'extérieur. Cette hypothèse a été confirmée par les modélisations effectuées sur chaque bâtiment.

5.2.4 Calcul du changement d'air "naturel" (CAH-n)

Les essais d'étanchéité avec un ventilateur de porte ne mesurent pas le taux de ventilation "naturelle" d'un bâtiment. Ils mesurent le débit d'infiltration à une pression généralement supérieure à celles qui sont créées par des phénomènes "naturels". Ces essais sont effectués à des pressions plus élevées en raison des risques moindres qu'ils soient perturbés par d'autres phénomènes. Il sera aussi possible de retrouver plus facilement les mêmes valeurs d'essais dans le cas des suivis de contrôle des travaux d'étanchéité.

Même si les essais d'étanchéité n'ont pas pour objectif une évaluation de la ventilation "naturelle", il est possible de déterminer avec un degré de certitude raisonnable quel sera le taux de changement d'air "naturel" d'une habitation unifamiliale.

Le Dr. Max Sherman du Lawrence Berkeley Laboratory (LBL) a développé une méthode qui permet d'évaluer la ventilation naturelle d'une résidence à partir du débit d'air d'infiltration mesuré avec une dépressurisation de 50 Pa. Cette théorie est basée sur les données acquises sur des modèles d'habitation qui ont été analysés en détail par le LBL.

Selon le Dr. Sherman, il est possible de calculer un facteur de corrélation "N" qui pourra être utilisé pour diviser le débit d'infiltration mesuré à 50Pa (I/s-50) ou encore le taux de changement d'air à 50 Pa (CAH-50) pour obtenir un débit d'infiltration naturel (I/s-nat) ou un taux de changement d'air naturel (CAH-nat).

$$\text{CAH-nat} = \frac{\text{CAH-50}}{N}$$

Le facteur de corrélation "N = 20" a d'abord été proposé par M. Andrew Persily du National Institute of Standards and Technology (N.I.S.T.) qui avait comparé les résultats des essais d'étanchéité réalisés avec un ventilateur de porte, avec les résultats des mesures du changement d'air réalisées à l'aide des gaz traceurs. Ses recherches lui ont permis de proposer l'équation suivante:

$$\text{CAH-nat} = \frac{\text{CAH-50}}{20}$$

Dans le contexte d'une première proposition de méthodologie, il semble que cette équation permettait d'arriver à un degré de précision très acceptable.

Cette méthodologie a été améliorée par le Dr. Sherman. Pour tenir compte des différents éléments qui exercent une pression sur l'enveloppe d'une habitation et augmentent ainsi la ventilation naturelle, il a créé différents tableaux dont les valeurs ont été proposées pour évaluer les paramètres qui ont une influence sur ces éléments.

L'effet de tirage est causé par les écarts de température entre l'intérieur et l'extérieur d'un bâtiment. Les localités ayant un climat plus rigoureux présentent un effet de tirage plus élevé.

Une carte des principaux états américains et des provinces canadiennes a été préparée. On y distingue les villes ayant un climat plus rigoureux. Le facteur "N" est d'autant plus petit que le climat est plus rigoureux. Si le facteur "N" est petit, le CAH-nat sera plus grand.

Les autres tableaux ont été développés pour tenir compte de la hauteur des bâtiments (tableau 5.3), de l'effet écran causé par des constructions environnantes (tableau 5.4) et du type des fuites rencontrées (tableau 5.5).

L'équation finale pour trouver le facteur de corrélation "N" est le suivant:

$$\text{Facteur de corrélation } N = C \times H \times S \times L$$

Où les différentes variables signifient:

- C = Facteur climatique (en fonction des températures froides et du vent)
- H = Facteur de correction pour la hauteur
- S = Facteur de correction pour l'effet écran
- L = Facteur caractérisant le type de fuite

Pour le climat de Montréal, le facteur "C" devrait se situer entre 17 et 20.

Les autres tableaux sont les suivants:

TABLEAU 5.3

FACTEUR DE CORRECTION POUR HAUTEUR

Nombre d'étage	1	1.5	2	3
Facteur "H"	1.0	0.9	0.8	0.7

TABLEAU 5.4

FACTEUR DE CORRECTION POUR ÉCRAN

Descriptif de l'écran	Bon écran	Normal	Pas d'écran
Facteur "S"	1.2	1.0	0.9

TABLEAU 5.5

FACTEUR DE CORRECTION POUR LE TYPE D'OUVERTURE

Type d'ouverture	Petites ouvertures	Normal	Larges ouvertures
Facteur "L"	1.4	1.0	0.7

Ainsi pour un bâtiment à Montréal, ayant une hauteur de 3 étages, situé dans un espace ouvert et dont les caractéristiques de fuite sont normales, on trouve:

$$\begin{aligned} \text{Facteur "N"} &= C \times H \times S \times L \\ \text{Facteur "N"} &= 18 \times .7 \times .9 \times 1.0 \\ \text{Facteur "N"} &= 11.34 \end{aligned}$$

Si le nombre de changement d'air à 50 Pa a été mesuré à 5 changements/heure, le taux de changement d'air naturel sera:

$$\begin{aligned} \text{CAH-nat} &= \frac{\text{CAH-50}}{N} \\ &= \frac{5}{11.34} = 0.44 \end{aligned}$$

Il s'agit d'une méthode approximative et on ne doit pas y accorder une crédibilité absolue. Par contre, certaines études ⁽⁴⁾⁽⁵⁾ réalisées avec des gaz traceurs montrent que la méthode peut donner un CAH-nat qui s'approche sensiblement de celui calculé avec les gaz traceurs.

La référence (4) nous mentionne un CAH-50 de 6.35. Selon cette méthode, le facteur de corrélation "N" serait de:

$$\begin{aligned} N &= 22 \times 0.7 \times 1.2 \times 1.4 \\ N &= 25.87 \end{aligned}$$

Le calcul du CAH-nat donne:

$$\text{CAH-nat} = \frac{\text{CAH-50}}{N}$$

$$\text{CAH-nat} = 6.35/25.87 = 0.24$$

Le CAH-nat déterminé à partir des gaz traceurs était de 0.22.

Cette méthode a été développée principalement pour améliorer le diagnostic des maisons unifamiliales. L'application de cette méthode pour des bâtiments plus grands doit tenir compte des différences qui existent dans la conception et l'usage de ces constructions. On note, par exemple, qu'une résidence unifamiliale peut avoir trois étages qui communiquent entre-eux par des espaces ouverts. Dans un bâtiment à logements multiples, les différents étages peuvent être relativement étanches l'un par rapport à l'autre.

Le comportement de ces bâtiments face à l'effet de tirage sera certainement très différent.

Malgré l'utilisation répétée de cette théorie, il est fort probable que l'application de cette méthode pour des bâtiments à logements multiples ne donne pas des résultats aussi fiables que pour les maisons unifamiliales.

Le tableau 5.6 à la fin de ce chapitre donne une évaluation du taux de changement d'air par heure "naturel" (CAH-nat) selon les particularités de cette méthode.

5.3 Méthodologie

5.3.1 Généralités

Les bâtiments résidentiels de taille moyenne font le lien entre les grandes tours d'habitation et les maisons unifamiliales. Ces bâtiments seront tantôt dotés d'un système de ventilation qui s'apparente à celui des tours d'habitation, tantôt ils seront dotés de systèmes qui ont été développés pour les maisons unifamiliales.

En plus de cette diversité de conception, les modes d'opération peuvent aussi être très différents.

Devant cet état de faits, il apparaît qu'une étude précise des déplacements d'air dans un bâtiment à logements multiples de taille moyenne n'est pas facilement réalisable. On risque de se limiter à faire l'analyse d'un type de bâtiment particulier ou encore de se limiter à l'évaluation ponctuelle du mouvement de l'air lorsque le bâtiment est soumis à des conditions environnementales bien spécifiques.

La méthode la plus précise pour l'évaluation des mouvements d'air consiste à injecter différents gaz facilement identifiables, et de suivre leur déplacement pour une période de temps donnée. Cette technique a été utilisée avec succès pour un projet d'étude⁽⁴⁾ du Lawrence Berkeley Laboratory réalisé par les chercheurs, Larry Palmater, Jonathan Heller et Max Sherman. Il s'agit en fait d'une variante de la méthode du gaz traceur utilisée pour l'évaluation de l'étanchéité d'un bâtiment (voir chapitre 4).

Les différents gaz utilisés sont relâchés en respectant un débit massique fixe et chaque gaz est assigné à une zone spécifique du bâtiment. Par détection des

concentrations des différents gaz dans les autres zones, on peut identifier le mouvement des volumes d'air entre chaque zone.

Cette technique nécessite des appareils de grande précision, des ressources matérielles importantes, l'implication de nombreux intervenants et elle ne peut qu'analyser le bâtiment que pour une période de temps donnée. La technique des gaz traceurs exige du temps et beaucoup de ressources (personnel et matériel)⁽⁶⁾.

Malgré la pertinence des résultats qui ont été obtenus à l'aide de cette méthode, il était impossible d'avoir recours à une technique aussi élaborée pour l'étude des bâtiments de la S.H.Q.

5.3.2 Choix de la méthodologie

Le choix de la méthodologie d'analyse des mouvements d'air s'inspire des observations suivantes:

- Les déplacements d'air à l'intérieur d'un bâtiment à logements multiples peuvent entraîner les contaminants d'un logement à un autre. La concentration de contaminants sera donc plus élevée dans certains logements.
- Lorsque ces déplacements d'air suivent un cheminement spécifique, il est possible que les changements d'air de certains logements soient principalement causés par de l'air provenant des locaux adjacents.
- Les caractéristiques de construction (puits de service) ont une influence importante sur les mouvements d'air verticaux à l'intérieur d'un bâtiment. Il s'agit d'un mouvement d'un logement à un autre et d'un logement vers l'extérieur.
- Certains logements auront un apport d'air neuf beaucoup moins grand que

- d'autres logements qui sont situés à des endroits plus stratégiques.
- Dans le cas d'un bâtiment où l'étanchéité intérieure est faible, l'effet de tirage fera en sorte que les logements des étages supérieurs seront soumis à une pression positive par rapport à l'extérieur. Donc moins d'apport d'air neuf.
 - Les logements des étages supérieurs seront ventilés par l'air provenant des logements aux étages inférieurs. Il est peu probable que la ventilation des logements des étages supérieurs puisse être basée uniquement sur l'infiltration naturelle.
 - Les logements des étages inférieurs seront soumis à un taux d'infiltration beaucoup plus grand. L'apport d'air extérieur sera d'autant plus grand que la pression exercée par l'effet cheminée sera grande.
 - Le vent exerce une influence considérable sur les déplacements d'air.

Compte tenu des nombreux facteurs en présence simultanément pour identifier les déplacements d'air à l'intérieur d'un bâtiment, la méthodologie qui a été choisie consiste à modéliser mathématiquement tous les phénomènes qui régissent le développement des pressions. À partir du calcul des pressions, on peut identifier les déplacements d'air en calculant les débits au travers d'orifices hypothétiques dont les caractéristiques sont basées sur les résultats des essais d'étanchéité. Le mouvement d'air sera régi par les pressions différentielles de part et d'autre des orifices.

5.3.3 Validation du modèle d'analyse

Les résultats de l'analyse par modélisation doivent être validés à partir des différentes sources d'information qui ont été recueillies au cours de l'étude. Le choix des paramètres de validation doit prendre en considération les différentes observations citées à l'article 5.3.2.

Le bioxyde de carbone CO₂

Le bioxyde de carbone CO₂ peut être en quelque sorte utilisé comme gaz traceur. Chaque occupant émet un débit massique fixe de CO₂. En tenant compte du taux d'occupation de chacun des logements, il est possible d'établir si le mouvement d'air peut faire en sorte que la concentration de CO₂ soit plus élevée dans certains logements plutôt que d'autres.

La concentration de CO₂ dans un espace est en relation directe avec l'apport d'air extérieur, la concentration de CO₂ dans l'air extérieur et le taux de production de CO₂ dans l'espace.

$$C_L = C_{ext} + \left(\frac{P_{occ.}}{Vent} \right) \times 10^6$$

C_L = Concentration de CO₂ dans un local (ppm)
(ppm = parties par million)

C_{ext} = Concentration de CO₂ dans l'air extérieur (ppm)

P_{occ} = Débit de production de CO₂ des occupants (l/s)
(normalement 0.005 l/s par occupant)
(activité de bureau)

Vent = Débit de ventilation d'air extérieur dans le local (l/s)

La courbe de la figure 5.1 est une représentation graphique de cette équation.

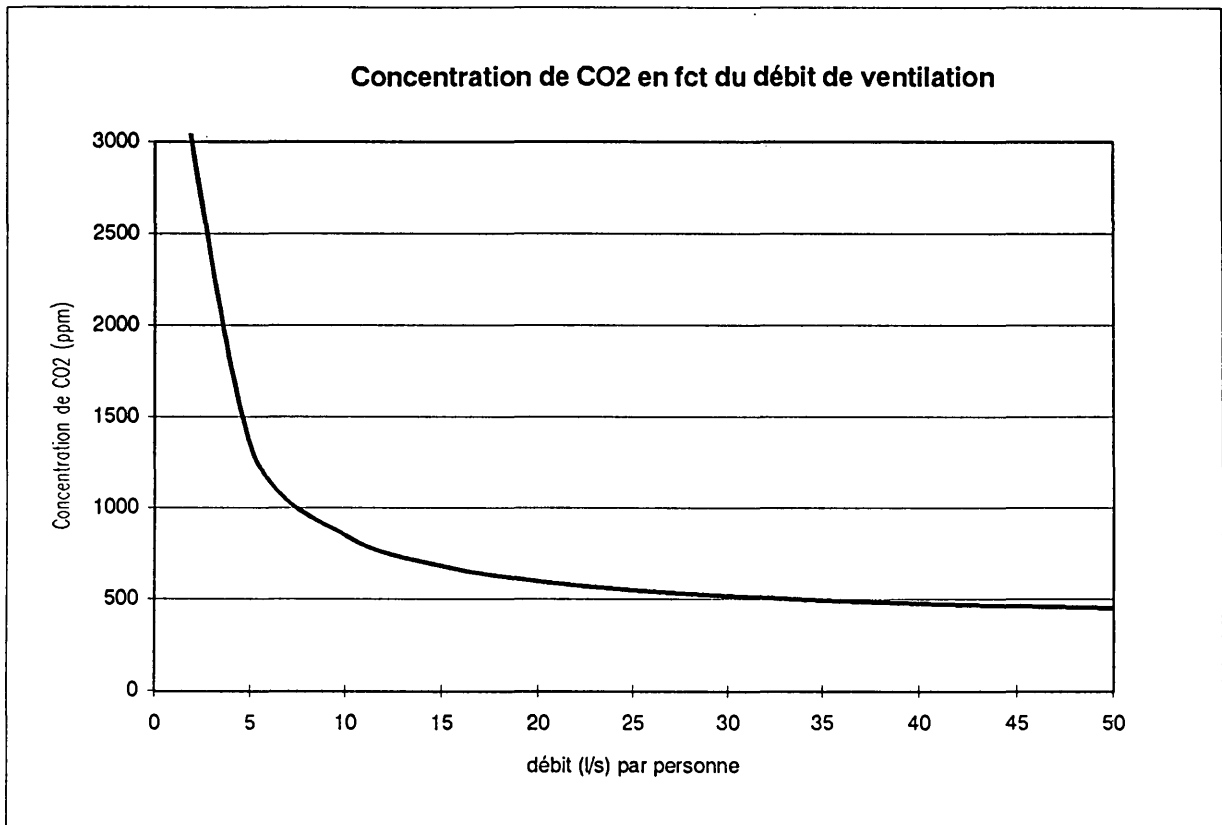


Figure 5.1

A titre d'exemple, pour un local dans les conditions suivantes:

Occupant	:	1 personne (activité de bureau)
Ventilation	:	10 l/s d'air extérieur
Concentration CO ₂	:	350 ppm dans l'air extérieur

La concentration de CO₂ dans le local sera la suivante:

$$C_L = C_{ext} + \left(\frac{P_{occ} \times 10^6}{Vent} \right)$$

$$C_L = 350 + \left(\frac{0.005 \times 10^6}{10} \right)$$

$$C_L = 350 + 500$$

$$C_L = 850 \text{ ppm}$$

Lors de l'élaboration du modèle qui tient compte de tous les facteurs régissant les mouvements d'air (tirage, vent, ventilation, type d'ouverture, etc...), il est possible de générer un taux fixe de production de CO₂ dans chaque local et la concentration maximale de CO₂ qui sera atteinte par modélisation indiquera par relation mathématique le taux de ventilation du local.

Pour valider les hypothèses de la modélisation (localisation des ouvertures, cheminement de l'air, etc...) on compare les résultats du calcul de la concentration de CO₂ avec les enregistrements effectués dans le bâtiment étudié. Il s'agit d'un indicateur de validation qui n'est valable que pour les écarts extrêmes (voir résultats pour le bâtiment #1 où le modèle n'était pas conforme à la réalité).

L'analyse de la variation de la concentration de CO₂ donne donc des indices

d'information très importants pour l'analyse des mouvements d'air à l'intérieur des bâtiments.

Autres concentrations de polluant

Selon une hypothèse que le taux d'émission des autres polluants (formaldéhyde et composés organiques volatils) est semblable dans chaque appartement de chaque bâtiment, les variations de concentration des autres polluants peuvent aussi valider les résultats de modélisation.

Toutefois, leur taux d'émission est très difficile à déterminer. Les concentrations enregistrées sont aussi très faibles ce qui peut avoir une incidence sur la précision des résultats. La concentration des autres polluants n'a pas été utilisée par la validation du modèle.

Mesurage de la consommation électrique

Un mesurage individuel par logement est installé dans quatre des bâtiments qui ont été soumis pour étude. Comme il s'agit de logements très semblables, il est possible de comparer les consommations des logements situés sur des étages différents. On peut y déceler des indices des déplacements d'air causés par l'effet de tirage.

L'hypothèse des déplacements d'air vers la partie haute du bâtiment sera vérifiée si les logements du rez-de-chaussée consomment plus d'énergie pour le chauffage que les logements du deuxième et du troisième plancher. A partir de cette information, on peut ainsi valider les résultats de la modélisation. Le chapitre 7 donne une analyse des mouvements d'air basée sur la consommation individuelle des logements.

5.3.4 Détails de la méthodologie d'analyse

Le mouvement d'air et le transport possible des contaminants à l'intérieur des bâtiments ayant des zones multiples est causé par les pressions différentielles qui sont exercées au travers des différentes ouvertures dans les murs extérieurs et dans les cloisonnements qui séparent les différentes zones.

Au chapitre précédent, les paramètres de calcul des débits de transfert d'air au travers des orifices ont été discutés.

Dans le texte qui précède cette discussion, on a expliqué les mécanismes qui exercent les pressions sur les murs d'un bâtiment.

Pour un édifice donné, si on connaît les caractéristiques des orifices de l'enveloppe et des cloisons internes, si on connaît le débit des systèmes de ventilation, si on connaît les conditions atmosphériques et si on connaît le débit massique des sources de pollution (exemple: CO_2), une modélisation mathématique permet d'obtenir les débits d'air et le volume de transport des contaminants entre chaque zone (incluant l'échange avec l'extérieur) et obtenir le niveau de concentration des contaminants dans chaque zone.

La modélisation s'effectue par calcul itératif jusqu'à ce que les débits d'air qui entrent dans le bâtiment et dans chaque zone équilibrent les débits qui sortent du bâtiment et de chaque zone.

Deux publications ⁽⁷⁾⁽⁸⁾ expliquent en détail tout le développement de cette méthodologie. Les discussions qu'on y présente permettent d'apprécier les qualités et la valeur inestimable de cet outil de travail qu'est la modélisation des bâtiments.

Le logiciel CONTAM-93 a été conçu pour permettre la modélisation des mouvements d'air à l'intérieur des bâtiments. Il permet la solution des différentes équations mathématiques qui régissent les déplacements d'air et le transport des contaminants.

Pour cette analyse des mouvements d'air, nous avons procédé par modélisation (avec CONTAM-93) des bâtiments et simulation du comportement de ces derniers lorsque soumis à des conditions atmosphériques similaires à celles qui prévalaient lors des enregistrements des contaminants.

Pour la modélisation, les données de base suivantes sont nécessaires:

- Données météorologiques;
- Hauteur d'étage;
- Superficie des logements et locaux communs (escaliers, corridors, dépôts, locaux de services, etc...);
- Caractéristiques des infiltrations;
- Nombre d'occupants;
- Taux de production de CO₂ des occupants.

5.3.5 Données utilisées pour la modélisation

Les données météorologiques étaient disponibles à partir des enregistrements d'Environnement Canada pour l'aéroport de Dorval. Toutefois, pour limiter le nombre de variables, toutes les simulations ont été effectuées en considérant les données climatiques suivantes:

Température extérieure:	-10°C
Pression barométrique:	101.325 kPa

Vitesse du vent:	- 0 m/s (sans vent) - 5.6 m/s (20 km/hr)
(Des essais ont aussi été faits à 3.3 m/s et 9.3 m/s pour certains bâtiments)	
Azimut vent:	270° (ouest)
Co ₂ extérieur:	350 ppm

Pour simplifier la modélisation, l'occupation des logements a été limitée à une seule personne. L'occupation réelle des logements était trop variable pour l'intégrer directement dans la modélisation.

Les informations concernant les caractéristiques physiques de chaque bâtiment ont été obtenues à partir des plans d'architecture et de mécanique qui nous ont été fournis. Des relevés sur place ont complété l'information manquante.

Les caractéristiques des orifices de transfert d'air (dans l'enveloppe extérieure et dans les cloisons internes) ont été obtenues à partir des résultats des essais sur l'étanchéité de chaque bâtiment. Un sommaire des résultats de ces essais est disponible à la fin du chapitre 4 (le tableau 4.2) et à la fin de ce chapitre (tableau 5.6 et tableau 5.7).

Le tableau 5.7 donne un résumé des résultats de l'analyse des caractéristiques des orifices dans les cloisons intérieures du bâtiment. Ces valeurs ont été obtenues par dépressurisation d'un logement alors que l'ensemble du bâtiment était en mode dépressurisation (-50 Pa). (On suppose alors qu'il n'y a pas d'échange au travers des cloisons intérieures de ce logement). Ensuite, une dépressurisation du même logement a été effectuée alors que le bâtiment n'était plus en mode dépressurisation. Par différence des deux débits de fuite obtenue pour ces deux essais, on peut calculer le débit d'infiltration et les caractéristiques des orifices des cloisons internes du bâtiment.

Toutefois, il a été nécessaire d'utiliser le débit d'infiltration normalisé (l/s.m²) de l'ensemble de l'enveloppe du bâtiment pour le calcul du débit de transfert interne.

Le débit d'infiltration normalisé de l'enveloppe d'un seul logement s'écartait beaucoup trop du débit normalisé pour l'enveloppe globale du bâtiment. Cette imprécision vient du fait que le débit d'infiltration d'un seul logement est très faible et doit être mesuré par la partie basse de l'échelle inférieure du débitmètre du ventilateur de porte. D'ailleurs, pour deux bâtiments, la mesure du débit d'infiltration de l'enveloppe n'a pu être mesurée. Aucun signal n'était perceptible sur le débitmètre (voir tableau 5.7).

Le débit de transfert des cloisons internes a donc été obtenu par différence entre le débit total retiré d'un logement alors que le reste du bâtiment n'est pas dépressurisé et le débit calculé en multipliant la surface de l'enveloppe du logement par le débit d'infiltration normalisé de l'enveloppe totale du bâtiment.

$$Q_{ci} = Q_{log} - \frac{Q_{bat} \times A_{log}}{A_{bat}}$$

Q_{ci} = Débit des cloisons internes du bâtiment à 50 Pa (l/s)

Q_{log} = Débit mesuré du logement à 50 Pa (l/s)
(le reste du bâtiment n'est pas dépressurisé)

Q_{bat} = Débit total du bâtiment à 50 Pa (l/s)

A_{bat} = Superficie de l'enveloppe externe du bâtiment (m²)

A_{log} = Superficie de l'enveloppe externe du logement (m²)

Les caractéristiques de transfert d'air des orifices sont très utiles pour les besoins de la modélisation. Le logiciel CONTAM 93 accepte l'information obtenue à partir des essais de dépressurisation. On peut lui fournir les éléments

qui caractérisent le type de fuite dans le même format que les variables de l'équation:

$$Q = A \times c \times (\Delta P)^n$$

L'information disponible des essais d'étanchéité donne des résultats globaux pour l'ensemble du bâtiment. Pour les besoins de la modélisation, on devra répartir le débit total d'infiltration dans chaque élément de chaque zone du bâtiment.

En général, une distribution des débits d'infiltration dans l'enveloppe externe a été effectuée entre les trois composantes principales suivantes: le toit, les murs et les portes d'entrée (voir l'annexe 1 de ce chapitre).

Dans le cas des murs intérieurs, le débit total des cloisons internes a été réparti entre les différents éléments suivants:

- Porte et mur du corridor
- Mur mitoyen
- Plancher
- Plafond
- Puits vertical

N.B.: Voir l'annexe 1 de ce chapitre.

La modélisation d'un puits vertical n'a pas été utilisée dans le cas du bâtiment #1. Il s'agit d'un premier essai de modélisation qui permet de saisir l'importance d'une bonne appréciation des hypothèses de mouvement d'air dans les bâtiments. Dans ce cas, les hypothèses étaient fausses et les résultats s'écartaient considérablement des valeurs enregistrées.

Pour la modélisation des systèmes de ventilation, un fonctionnement de 24 hres/24 hres a été considéré. Le débit d'alimentation ou d'évacuation de ces systèmes correspond aux débits relevés lors des visites de chaque bâtiment. Les systèmes de ventilation ont été modélisés pour les bâtiments suivants:

Bâtiment #5:	Alimentation
Bâtiment #6:	Alimentation
Bâtiment #9:	Évacuation
Bâtiment #10:	Alimentation

5.4 Données de base et résultats

Les principales conclusions émises à la suite de l'étude des mouvements d'air sont basées essentiellement sur les résultats de la modélisation de chacun des bâtiments (avec le logiciel CONTAM 93).

La première partie de cette section présente un sommaire des données de base qui ont été utilisées pour les modélisations. Les caractéristiques architecturales proviennent des plans de construction de chaque bâtiment et d'observations recueillies lors des visites. Les paramètres des équations de transfert d'air proviennent du tableau 4.2 "Caractéristiques de l'étanchéité de l'enveloppe" et du tableau 5.7 "Caractéristiques d'étanchéité des murs des logements". Ce dernier tableau est utilisé pour évaluer les échanges d'air internes du bâtiment.

La modélisation évalue les déplacements d'air en calculant les débits d'air qui circulent au travers des ouvertures (flow paths) qui sont distribuées sur toutes les faces de l'enveloppe externe du bâtiment (murs extérieurs, portes d'accès, toit, etc...). Ces mêmes ouvertures (flow paths) sont aussi distribuées sur toutes les cloisons internes du bâtiment.

Étant donné que les résultats de la mesure de l'étanchéité et du transfert d'air intérieur donnent une information globale pour l'ensemble du bâtiment, il est nécessaire de déterminer, par hypothèses, quelles sont les principales ouvertures (flow paths) et quelle est leur importance relative. Les divers essais de modélisation nous indiquent que la disposition et la taille des ouvertures (flow paths) jouent un rôle déterminant dans le profil des mouvements d'air à l'intérieur d'un bâtiment.

La présentation des données de base donnent les hypothèses de répartition des ouvertures (flow paths) de l'enveloppe et des murs extérieurs. Les caractéristiques de ces ouvertures sont basées sur les courbes d'infiltration et de transfert d'air établies pour chaque bâtiment. Ces caractéristiques sont fournies au logiciel de modélisation sous forme d'un exposant "n" (le même pour tout le bâtiment), d'une pression d'essai (50 Pa pour toutes les ouverture) et du débit de chaque ouverture à 50 Pa. Ce débit est plus ou moins grand selon qu'on pose l'hypothèse que l'ouverture est plus ou moins importante (voir l'annexe 1 de ce chapitre).

La seconde partie de cette section est consacrée à l'analyse des informations obtenues à partir de la modélisation théorique des bâtiments. On y donne des commentaires qui permettent de mieux comprendre les différences entre les résultats des modélisations et des enregistrements effectués.

L'objectif de l'analyse consiste principalement à valider le modèle théorique en comparant ses résultats avec les informations disponibles des divers enregistrements d'évaluation de la qualité d'air (surtout le CO₂) et de la consommation électrique ainsi que des caractéristiques architecturales des bâtiments.

5.4.1 Données de base

Un résumé des principales hypothèses utilisées pour la modélisation est disponible à l'annexe 1 de ce chapitre. On retrouve une répartition des ouvertures (flow paths) pour chaque bâtiment. Le débit de transfert de chaque ouverture tout comme le nombre de fois où on retrouve cette ouverture sont donnés. On remarquera que les débits totaux des ouvertures correspondent aux valeurs des tableaux 4.2 et 5.7.

Un croquis de la modélisation de chaque bâtiment donne l'information sur la position de chaque ouverture. La signification des symboles sur ces croquis est la suivante:

- | | |
|--|----------------|
| - Ouvertures (flow paths) | - Losange |
| - Identification de zone (logement) | - Carré avec X |
| - Source de contamination (CO ₂) | - Carré avec c |
| - Alimentation ou évacuation d'air | - Carré avec . |

5.4.1.1 *Bâtiment #1*

Les informations utilisées pour la modélisation de ce bâtiment diffèrent beaucoup de celles qui ont été utilisées pour les autres bâtiments. La principale différence se retrouve dans la méthodologie utilisée pour définir les ouvertures (flow paths) de transfert d'air de l'enveloppe et des cloisons internes du bâtiment.

Le débit total d'infiltration d'air à 50 Pa a été redistribué selon plusieurs éléments (mur, portes, fenêtres). Aucun transfert d'air n'a été alloué pour le toit et la dalle sur sol du rez-de-chaussée.

On assume alors qu'il n'y a pas de transfert d'air par les puits de mécanique et les conduites verticales d'évacuation même si elles se prolongent au travers du toit. L'hypothèse que le toit est parfaitement étanche exige que la ventilation "naturelle" s'effectue par échange d'air au travers des murs extérieurs. Après essais, il semble que cette hypothèse ne représente pas le comportement réel du bâtiment.

L'importance relative des ouvertures des cloisons internes de ce bâtiment a aussi été évaluée d'une façon très différente. Un transfert direct de l'air au travers du plancher ou du plafond a été considéré (70% du débit de transfert). Dans le cas des autres bâtiments, il a été assumé que le transfert d'air entre logements superposés s'effectuait par l'intermédiaire d'un puits vertical de mécanique. Ce bâtiment n'a pas de système d'alimentation central ou de système d'évacuation central.

5.4.1.2 *Bâtiment #2*

Ce bâtiment est équipé de ventilateurs d'évacuation de toilette, de hottes de cuisinière et de sorties de sècheuse dans chaque appartement. L'air évacué par ces appareils est canalisé dans des sorties individuelles au toit. Il a été considéré que les sorties au toit représentait 35% de la surface des ouvertures (flow paths).

En raison de la présence d'un sous-sol, 20% des ouvertures ont été distribuées à la base du bâtiment.

Lors des essais, il a été remarqué que le transfert par les puits de mécanique était très important. Une ouverture importante a été remarquée à l'arrière des lessiveuses et sècheuses. Ces appareils sont présents dans chaque

appartement. Le débit de transfert interne par les puits a donc été évalué à 62% du total. Les essais ont révélé un transfert interne important et la modélisation a été effectuée en tenant compte de ces observations.

5.4.1.3 *Bâtiment #3*

Il s'agit d'un bâtiment de deux étages avec toiture en pente. On note un espace d'entretoit important, conçu pour permettre la ventilation naturelle. C'est un endroit où, généralement, l'air intérieur peut s'exfiltrer facilement en raison du manque d'étanchéité au pourtour des sorties de mécanique (conduits d'évacuation, tuyauterie d'évent, etc...). Il a été assumé que les sorties au toit (évacuateurs individuels) représentaient 35% du débit de fuite du bâtiment. C'est un bâtiment dont la courbe d'infiltrométrie donne un exposant inférieur à 0.5. On peut s'attendre à une incidence importante de la caractéristique de cette courbe.

L'accès aux puits de mécanique dans les logements n'est jamais totalement étanche. On peut donc s'attendre à un transfert d'air interne important. La modélisation a donc été effectuée avec un transfert par les puits de mécanique qui représente 52% du transfert d'air total d'un logement à un autre.

5.4.1.4 *Bâtiment #4*

Le bâtiment #4 serait le bâtiment le plus étanche du groupe. Tout comme pour le bâtiment précédent, il s'agit d'une construction de deux étages avec toiture en pente. Il est donc probable que des fuites d'air se produisent au pourtour des sorties d'évacuation individuelles qui traversent le plafond et l'entretoit. Il a été assumé que les sorties par le toit représentent 35% des ouvertures de l'enveloppe du bâtiment. Les murs extérieurs (incluant les portes de balcon et

fenêtres) représentent 50% des ouvertures.

Il a été assumé que le transfert d'air interne s'effectuait principalement par les puits de ventilation et les portes d'appartement avec respectivement 52% et 26% de la superficie des ouvertures de transfert interne.

5.4.1.5 Bâtiment #5

Il s'agit d'un bâtiment de trois étages incluant le sous-sol. Selon les résultats des essais d'étanchéité, ce bâtiment serait celui qui est le moins étanche.

Compte tenu qu'il s'agit d'un bâtiment muni de hottes de cuisinières avec recirculation, il a été assumé que l'aire des ouvertures au toit était moins grande. Elle représente 30% du total des ouvertures.

La surface des murs des appartements est grande et les fenêtres et portes extérieures des appartements semblaient d'une qualité inférieure. Une aire de fuite de 65% du total a été assignée aux murs extérieurs.

Le bâtiment est équipé d'un système d'alimentation dans les corridors ayant un débit total de 246 l/s. Une vérification de la contribution de ce système à la ventilation des logements a été effectuée. Le transfert interne des logements semblait faible. Il a été partagé principalement entre les puits de mécanique et les portes intérieures des logements avec respectivement 40% et 38% de l'aire totale de fuite.

5.4.1.6 Bâtiment #6

Il s'agit d'un gros bâtiment de quatre étages comptant 43 logements. Il s'agit

d'un toit plat avec sorties pour le passage des conduits des évacuateurs individuels. Il a été assumé que ces sorties représentaient 35% de l'aire totale de fuite du bâtiment. Les murs représentaient pour leur part 60% de l'aire de fuite. Les entrées sont moins importantes en pourcentage parce qu'il n'y en a que deux pour un bâtiment qui comprend un plus grand nombre de logements et qui occupe donc un plus grand volume.

Les transferts internes semblaient importants. L'aire de fuite interne a été distribuée principalement entre les puits mécaniques (45%) et les portes intérieures (23%) (sans coupe-bise).

Un système d'alimentation des corridors entraîne 1 000 l/s d'air extérieur dans le bâtiment. Il s'agit d'un débit important (23 l/s par logement). L'apport d'air contribue à la ventilation des logements du bâtiment.

5.4.1.7 *Bâtiment #7*

Il s'agit d'un bâtiment de trois étages incluant le sous-sol. Trois logements sont situés au sous-sol et l'un d'eux (log. 444) semblait avoir un problème de ventilation et d'humidité. Le contact avec le sol contribue certainement à ce problème. Toutefois, le bâtiment est l'un des plus étanche et les fenêtres du sous-sol semblaient être en bonne condition.

Compte tenu que les logements sont équipés d'évacuateurs de toilette et de hottes de cuisinière avec conduits individuels au toit, il a été assumé que les sorties au toit représentaient 35% de l'aire de fuite totale du bâtiment.

Les murs extérieurs des logements qui étaient tous (sauf au sous-sol) munis d'une porte patio ou de balcon ont été considérés comme contribuant pour 52%

de l'aire totale des ouvertures de l'enveloppe extérieure.

Les déplacements d'air interne étaient relativement faibles. Le transfert d'air dans des puits verticaux a été assumé à 38% du total de transfert d'air d'un logement. La porte donnant dans le corridor représentait pour sa part 31% de l'aire des ouvertures internes.

5.4.1.8 *Bâtiment #8*

Il s'agit d'un bâtiment de deux étages avec toiture en pente. Le bâtiment est muni d'un vide sanitaire avec ventilation. La toiture est de type ventilé avec un volume important d'entretoit en dessous de la toiture en pignon. Le bâtiment ressemble aux bâtiments #3 et #4 et plus particulièrement au bâtiment #3 en ce qui a trait à l'étanchéité à 50 Pa. Toutefois, les essais d'étanchéité indiquent une valeur de l'exposant "n" de 0.966, ce qui semble anormal. Les essais ont été effectués par journée venteuse, ce qui peut causer une imprécision importante. Il est intéressant de constater la grande différence du résultat du calcul de l'aire de fuite équivalente normalisée (AFN) pour ce bâtiment si on le compare à l'AFN du bâtiment #3.

Les résultats présentés ont été obtenus après obturation des ouvertures du vide sanitaire. La répartition des ouvertures de fuite d'air est de 30% par le toit, 50% par les murs, 8% par les entrées et 12% par le vide sanitaire.

Les transferts internes n'étaient pas très importants. L'aire de transfert d'air à l'intérieur du bâtiment a été répartie principalement entre les portes (31%) et les puits de mécanique (38%).

5.4.1.9 Bâtiment #9

Il s'agit d'un bâtiment de trois étages avec toiture en pente. Tout comme les bâtiments #3, #4 et #8, il existe un espace important dans l'entretoit pour assurer la ventilation naturelle de ce dernier. On peut présumer que les sorties de mécanique au plafond du dernier étage peuvent ne pas être étanches.

Le bâtiment est muni d'un évacuateur central pour les salles de toilette. Ce système est en fonctionnement sur une base horaire.

Les ouvertures (flow paths) ont été réparties de la façon suivante: au toit 34%, par les murs extérieurs 54%, par les portes et murs des corridors 12%.

Le transfert d'air interne a été distribué principalement entre le puits de ventilation (59%) et les portes de logements (24%).

On doit noter que l'un des logements occupe des espaces sur deux niveaux. Un escalier ouvert à l'intérieur du logement peut contribuer au déplacement d'air vertical dans ce logement.

5.4.1.10 Bâtiment #10

Le bâtiment #10 est construit sur trois étages et comprend 57 logements. Il s'agit du plus gros bâtiment du groupe. Celui-ci a été construit en deux phases. Une première phase comprenait 44 logements, la deuxième phase, plus récente, a permis l'ajout de 13 logements et d'une salle communautaire au rez-de-chaussée.

Tous les conduits des évacuateurs de toilette et des hottes de cuisinière se

prolongent individuellement jusqu'à leur sortie au travers du toit. On retrouve aussi une chute à déchet avec évent au toit. Tous ces éléments contribuent à augmenter la surface de fuite par la toiture. Cette dernière a été fixée à 38%. Pour leur part, la contribution des murs extérieurs a été évaluée à 55% et il reste 7% pour les entrées et portes de service.

La répartition interne des transferts d'air assigne 50% de l'aire de fuite interne aux puits verticaux, 23% aux portes de corridor, 20% aux murs mitoyens des logements et 7% aux plafonds (transfert direct).

Le bâtiment est équipé d'un système d'alimentation dans le corridor de la nouvelle partie. Il semble que ce système entraîne des coûts d'énergie importants. Le système fonctionne selon un horaire assigné par le gérant du bâtiment. L'horaire d'utilisation du système est très limité

5.4.2 Résultats

Les résultats de la modélisation donnent des informations très pertinentes sur les déplacements d'air dans chaque bâtiment. Toutefois, la vérification du comportement du modèle avec les données recueillies sur le site ne donne pas l'assurance que les hypothèses utilisées pour la modélisation sont les bonnes. Une recherche plus détaillée en ce sens est nécessaire.

Les principaux résultats de chaque bâtiment sont présentés ici et quelques commentaires tentent d'expliquer les principaux écarts. D'autres résultats ont été ajoutés sur les croquis d'étage type de chaque bâtiment (annexe 1 de ce chapitre).

5.4.2.1 Bâtiment #1

Bâtiment #1				
App.	Bioxyde de carbone			
	Moyenne observée	Simulation sans vent	Simulation avec vent de 5,6 m/s	Simulation avec vent de 9,3 m/s
	ppm	ppm	ppm	ppm
104	851	1543	1721	1840
106	792	2346	1597	1073
108	561	1462	617	493
308	690	2669	700	515

Commentaires:

La modélisation de ce bâtiment est intéressante par le fait qu'elle montre un écart considérable entre les niveaux de concentration de CO₂ obtenus par la modélisation (théorie) et les résultats enregistrés dans le bâtiment.

Si on compare ce modèle avec celui des autres bâtiments, on réalise que tous les bâtiments doivent être étudiés en y modélisant un débit de fuite important par des ouvertures au toit. D'autre part, même si on assume une porosité importante entre les logements, les déplacements d'air interne semblent très faibles. Dans les autres bâtiments, des puits de mécanique verticaux ont été ajoutés pour créer une ventilation qui reflète plus la réalité.

La modélisation de ce bâtiment montre que le taux de changement d'air est très faible lorsque le vent n'est pas présent. Toutefois, lorsque les vents sont forts, la ventilation des logements du côté du vent est suffisante et même excessive. Dans l'hypothèse où le bâtiment se comporterait comme le modèle, on pourrait conclure que la ventilation naturelle de ce bâtiment ne serait pas suffisante, sauf

si on est en présence de vents forts.

On doit noter également que les pressions exercées par le vent telles que calculées par le modèle sont plus faibles (4.5 Pa) que celles (10 Pa) observées sur le site. On doit limiter le facteur correspondant au site (facteur A_0) pour obtenir des pressions théoriques qui s'approchent des pressions observées.

5.4.2.2 Bâtiment #2

Bâtiment #2				
App.	Bioxyde de carbone			
	Moyenne observée	Simulation sans vent	Simulation avec vent de 5,6 m/s	Simulation avec vent de 3,3 m/s
	ppm	ppm	ppm	ppm
102	799	491	531	510
103	850	490	488	497
203	-	678	581	680
303	946	895	772	1224

Commentaires:

On se rend compte que le modèle de distribution des ouvertures pour ce bâtiment améliore sensiblement la ventilation "naturelle". Même lors des périodes sans vent, l'effet cheminée créé par une température extérieure de -10°C est suffisant pour abaisser le taux de CO_2 en deçà des enregistrements relevés sur le site. Toutefois, on doit mentionner que l'occupation était variable et qu'il était possible que plus d'une personne ne se trouve dans le logement. La modélisation ne considère qu'une seule personne par logement.

On remarque que le vent provoque une augmentation du taux de CO_2 dans les

logements opposés au vent (102) et une diminution dans les logements au vent (103), surtout ceux situés au bout du bâtiment.

En général, la modélisation pour ce bâtiment semble montrer avec un degré d'exactitude acceptable quels sont les forces et les débits qui régissent les mouvements d'air. A la lumière des résultats, on peut conclure que certains logements sont trop ventilés par effets naturels alors que d'autres souffrent d'une mauvaise ventilation. Le vent peut même diminuer la ventilation de certains logements.

5.4.2.3 Bâtiment #3

Bâtiment #3				
App.	Bioxyde de carbone			
	Moyenne observée	Simulation sans vent	Simulation avec vent de 5,6 m/s	Simulation avec vent de 9,3 m/s
	ppm	ppm	ppm	ppm
3	865	528	474	439
6	1356	497	539	638
9	-	1369	524	456
10	1095	1321	845	723

Commentaires:

Il s'agit ici du bâtiment dont l'aire de fuite normalisée est la plus élevée. L'exposant "n" qui caractérise la courbe d'infiltration a un impact considérable sur le calcul de l'AFN.

Le bâtiment, même si son débit normalisé à 50 Pa est semblable à la moyenne, sera beaucoup plus vulnérable à l'infiltration lorsque soumis aux forces naturelles

5.0 MOUVEMENT DE L'AIR

(entre 0 et 10 Pa) qui provoque l'écoulement d'air.

Les résultats de la modélisation montrent un taux de ventilation "naturelle" élevé, surtout pour les logements de l'étage inférieur. A l'étage supérieur (logements #9 et #10), par période sans vent, le taux de CO₂ est élevé en raison de la faible hauteur du bâtiment. L'effet de tirage est alors plus faible.

On remarque que le vent diminue sensiblement le taux de CO₂ dans les logements de l'étage, même celui qui est opposé au vent (logement #10).

Les forces naturelles qui contrôlent les mouvements d'air de ce bâtiment augmenteront généralement la ventilation, on peut alors croire que par période de grands vents le taux de ventilation sera trop grand. Toutefois, pour certains logements moins bien situés, la ventilation sera moindre. Le modèle semble donner des résultats ayant une précision acceptable.

5.4.2.4 Bâtiment #4

Bâtiment #4				
App.	Bioxyde de carbone			
	Moyenne observée	Simulation sans vent	Simulation avec vent de 5,6 m/s	-
	ppm	ppm	ppm	-
3	-	732	925	-
10	1146	729	675	-
13	977	1754	1455	-
20	1128	1640	921	-

Commentaires:

Même si ce bâtiment ressemble physiquement au bâtiment précédent, il est plus étanche et la ventilation causée par l'effet de tirage semble donc moins bonne. Ceci est aussi causé par les caractéristiques de la courbe d'infiltration (exposant "n" plus élevé).

La faible hauteur du bâtiment (2 étages) diminue les effets de tirage et la ventilation "naturelle" est par le fait même moins bonne.

On remarque une distorsion entre les résultats de la modélisation et les enregistrements de CO₂ sur le site. Il est difficile d'expliquer ces écarts. L'occupation variable, l'orientation du vent, l'ouverture des fenêtres, etc... sont autant de facteurs qui peuvent créer ces écarts.

Le vent agit de façon importante pour les logements de l'étage (logements #13 et #20). On note une ventilation moindre en périodes venteuses dans les logements opposés au vent (logements #3 et #13).

Il semble que le modèle donne une image assez précise des déplacements d'air dans ce bâtiment.

5.4.2.5 *Bâtiment #5*

Bâtiment #5				
App.	Bioxyde de carbone			
	Moyenne observée	Simulation sans vent	Simulation avec vent de 5,6 m/s	Simulation avec système d'alimentation
	ppm	ppm	ppm	ppm
102	1059	555	529	565
202	-	669	581	658
302	955	1065	784	667
303	-	928	882	613

Commentaires:

Le bâtiment #5 est une construction de trois étages. Selon les essais, il serait le moins étanche du groupe. Ce bâtiment comprend des logements de plus grande taille que la plupart des autres bâtiments. Les taux de CO₂ calculé par le modèle peuvent être moins élevés parce que l'occupation a été fixée à une seule personne, alors que les logements sont peut-être occupés par au moins deux personnes. Le logement 102 situé au sous-sol semble montrer un taux enregistré du CO₂ plus élevé. L'aire des ouvertures (flow paths) de ce logement a été calculée comme étant égale à celle des autres logements. Ce logement en demi sous-sol est muni de fenêtres moins grandes, ce qui peut limiter le débit d'infiltration.

Les résultats les plus intéressants ont été obtenus avec la modélisation du système de ventilation. On remarque une amélioration sensible de la ventilation aux étages supérieurs alors qu'aux étages inférieurs la ventilation peut même être diminuée. Ce phénomène s'explique par le fait que l'air neuf du corridor

vient pressuriser le logement pour remplacer ainsi l'air neuf qui s'infiltré par le mur extérieur.

La modélisation permet donc de conclure que l'usage d'un système d'alimentation d'air peut diminuer la ventilation. La distribution des ouvertures à l'intérieur du bâtiment peut affecter considérablement les performances du système d'alimentation d'air.

5.4.2.6 *Bâtiment #6*

Bâtiment #6				
App.	Bioxyde de carbone			
	Moyenne observée	Simulation sans vent	Simulation avec vent de 5,6 m/s	Simulation avec système d'alimentation
	ppm	ppm	ppm	ppm
105	583	545	572	500
106	802	539	548	501
209	677	617	663	558
309	623	889	962	576
406	560	1074	1097	580
409	895	1029	909	576

Commentaires:

Il s'agit d'un bâtiment de quatre étages où l'influence de l'effet de tirage est important. Les résultats de la modélisation reflètent cet caractère du bâtiment. On remarque un taux de ventilation plus important aux étages inférieurs (logements #105 et #106) alors qu'il diminue aux étages supérieurs (logements #406 et #409).

L'effet du vent pour ce bâtiment est moins apparent parce que nous avons

5.0 MOUVEMENT DE L'AIR

considéré un vent venant directement de l'ouest. Comme l'axe principal du bâtiment est orienté d'ouest vers l'est (nord à 60° par rapport à l'axe principal), les pressions exercées par le vent sont beaucoup plus faibles.

Tout comme pour le bâtiment précédent, le système d'alimentation d'air des corridors améliore sensiblement la ventilation. On note une augmentation de l'apport d'air neuf dans la plupart des logements, plus particulièrement dans les logements (#406 et #409) des étages supérieurs. Comme l'apport d'air neuf du système est plus important que pour le bâtiment précédent (23 l/s par logement contre 15 l/s par logement), on remarque une amélioration plus importante de la ventilation.

Tout comme précédemment, l'augmentation de la ventilation est beaucoup plus faible dans les étages inférieurs. La distribution d'air neuf est très dépendante de la distribution des ouvertures (flow paths) à l'intérieur du bâtiment. Elle peut aussi être très fortement influencée par les pressions exercées par le vent.

5.4.2.7 Bâtiment #7

Bâtiment #7				
App.	Bioxyde de carbone			
	Moyenne observée	Simulation sans vent	Simulation avec vent de 5,6 m/s	-
	ppm	ppm	ppm	-
409	697	875	671	-
429	673	1384	832	-
432	579	1305	1049	-
444	1806*	607	600	-

* Analyse sur une courte période

Commentaires:

Il s'agit d'un bâtiment de trois étages dont l'étanchéité est meilleure que la moyenne du groupe.

L'étage inférieur est en majeure partie situé en deça du niveau du sol. L'un des murs sur l'axe principal de cet étage est en dessous du niveau du sol, alors que l'autre mur principal est à demi enfoui.

Le logement #444 est situé au sous-sol et l'enregistrement de CO₂ démontre qu'il est mal ventilé. Toutefois, l'enregistrement n'a pu être récupéré que sur une courte période. Dans ce cas précis, la modélisation a été effectuée avec une ouverture (flow path) plus importante que celle qui est probablement présente pour ce logement.

Le bâtiment n'est pas très haut et l'effet de tirage est faible. Ainsi, avec un bâtiment plus étanche et un effet de tirage faible, la ventilation "naturelle" dans ces conditions est insuffisante, surtout pour les logements de l'étage (#429 et #432). On note toutefois que les enregistrements de CO₂ pour ces logements sont plus faibles que ceux de la modélisation. Ce phénomène peut être causé par une occupation variable ou par l'ouverture des fenêtres.

En général, le taux de ventilation s'améliore lorsqu'on est en présence de vents.

5.4.2.8 Bâtiment #8

Bâtiment #8				
App.	Bioxyde de carbone			
	Moyenne observée	Simulation sans vent	Simulation avec vent de 5,6 m/s	-
	ppm	ppm	ppm	-
1	-	730	624	-
3	482	717	849	-
5	745	2051	872	-
8	750	1834	1420	-

Commentaires:

Il s'agit d'un bâtiment de deux étages construit au-dessus d'un vide sanitaire. Les essais de vérification de l'étanchéité ont été effectués alors que les ouvertures de ventilation du vide sanitaire étaient bouchées. D'autres essais auront été effectués avec les ouvertures du vide sanitaire dans leur état original. Une différence de débit d'infiltration de 332 l/s a été observée entre ces deux conditions.

On doit noter que les essais ont été effectués par conditions venteuses ce qui explique que la valeur de l'exposant "n" a varié énormément entre les deux essais. Les conditions d'essai avec ouvertures de ventilation du vide sanitaire fermée ont été retenues. L'exposant "n" a été alors évalué à 0.966, ce qui semble anormalement élevé. L'exposant "n" est un facteur très important dans le calcul de l'aire de fuite normalisée (AFN). Ainsi pour le bâtiment #8 qui a un débit d'infiltration normalisé de 2.69 l/s.m² très semblable à celui du bâtiment #3 (2.90 l/s.m²), son AFN est de 2.3 cm²/m² alors que pour le bâtiment #3, l'AFN est de 5.6 cm²/m².

5.0 MOUVEMENT DE L'AIR

Le bâtiment #8 sera donc plus étanche lorsque soumis aux forces "naturelles" (vent, effet tirage, etc...).

Les résultats de la modélisation (sans vent) reflètent cette caractéristique importante. On note un taux de 2051 ppm de CO₂ dans le logement #5 à l'étage. Toutefois, les enregistrements étaient beaucoup inférieurs.

Le vent semble affecter considérablement la ventilation du bâtiment. Le taux de CO₂ du logement #5 baisse d'une façon très sensible lorsqu'on est en présence de vent. On note, encore une fois, que les logements face au vent (#1 et #5) sont mieux ventilés que ceux (#3 et #9) qui y sont opposés.

Généralement, nous avons noté des enregistrements de CO₂ plus faibles que les résultats de la modélisation. Des facteurs liés à l'occupation peuvent causer cet écart.

5.4.2.9 Bâtiment #9

Bâtiment #9				
App.	Bioxyde de carbone			
	Moyenne observée	Simulation sans vent	Simulation avec vent de 5,6 m/s	Simulation avec système d'évacuation
	ppm	ppm	ppm	ppm
1	972*	516	536	476
2	1001	542	570	497
4	1020	684	886	555
8	939	970	847	774
9	1503*	855	746	738

* Relevés sur une période de deux jours.

Commentaires:

Il s'agit d'un bâtiment de trois étages, ce qui améliore sensiblement l'effet de tirage. Les taux de CO₂ calculés par modélisation sont plus faibles que les enregistrements: l'occupation programmée était probablement plus faible que la réalité. Les logements de ce bâtiment sont grands et l'occupation est certainement supérieure à un occupant par logement.

On note que le vent détériore la ventilation des logements #1, #2 et #4 et qu'il a peu d'impact sur les logements #8 et #9. Dans le cas de ce bâtiment, l'axe principal des logements est dans le même sens que la direction du vent. Dans ce cas, l'effet du vent est principalement affecté par la disposition des ouvertures sur les murs extérieurs.

Un système central d'évacuation de 24 l/s par logement est utilisé pour ventiler les salles de bain de ce bâtiment. Le système est contrôlé par minuterie. Selon les résultats de la modélisation, le système améliore la ventilation des logements, plus particulièrement ceux des étages inférieurs. On note peu de différence dans les logements des étages supérieurs.

5.4.2.10 Bâtiment #10

Bâtiment #10				
App.	Bioxyde de carbone			
	Moyenne observée	Simulation sans vent	Simulation avec vent de 5,6 m/s	Simulation avec système d'alimentation
	ppm	ppm	ppm	ppm
110	1123	633	578	622
117	605	660	694	628
310	670	1278	1105	1001
311	821	1568	1426	1018
317	1075*	1395	1333	963
318	721	1178	1173	884

Commentaires:

Il s'agit du plus gros bâtiment du groupe. C'est une construction de trois étages comportant 57 logements. Compte tenu que le bâtiment était muni d'une chute à déchet et d'un ascenseur, un puits vertical avec sortie au toit a été créé. Ce puits a été modélisé pour aspirer l'air de corridor par effet de tirage.

Les résultats de la modélisation montrent que les logements du 3e étage (#310, #311, #317 et #318) sont moins bien ventilés que les logements du rez-de-chaussée (#110 et #117) au moment où seul l'effet de tirage est présent.

En période de vent, la ventilation des logements face au vent (#110, #310) semble s'améliorer. La ventilation du logement #318 (face au vent) ne semble pas affectée par le vent. Dans les autres logements #117, #311 et #317 (opposés au vent), la ventilation se détériore ou est légèrement affectée durant les périodes venteuses.

Compte tenu qu'une partie de l'air s'échappe par le puits central (chute à déchets-ascenseur), le système d'alimentation d'air des corridors est beaucoup moins efficace que dans les cas précédents. Généralement avec le système d'alimentation des corridors la ventilation est meilleure dans les logements de l'étage supérieur (#310, #311, #317 et #318). Elle ne s'améliore pas d'une façon sensible dans les logements #110 et #117 au rez-de-chaussée parce qu'elle est déjà suffisante par simple effet de tirage. Les enregistrements de CO₂ dans ce bâtiment sont moindres que ceux de la modélisation en raison d'une ouverture possible des fenêtres. La température extérieure était alors plus clémente.

5.5 Conclusions et recommandations

Les résultats des essais d'étanchéité et les relevés de la concentration de CO₂ dans les logements ont été utilisés pour élaborer un modèle de distribution des ouvertures de transfert de l'air dans les murs et les cloisons internes de chaque bâtiment.

La localisation et les caractéristiques des ouvertures ont une incidence directe sur les mouvements de l'air. La simulation des mouvements d'air lorsque le modèle est soumis à différentes conditions climatiques ou lorsqu'on y ajoute un système de ventilation permet de mieux comprendre les interactions des différents phénomènes.

Dans certains cas, en raison des phénomènes en présence, l'ajout d'un système d'alimentation d'air neuf peut avoir des effets contraires aux résultats anticipés.

5.5.1 Conclusion

Les diverses conclusions qui se dégagent des résultats des modélisations des mouvements d'air des différents bâtiments sont les suivantes:

5.5.1.1 Conclusions (modélisation des bâtiments)

- Les bâtiments de faible hauteur ne sont pas propices au développement d'un effet de tirage qui permettrait une ventilation adéquate des locaux. Généralement, les logements des étages supérieurs sont moins bien ventilés.
- Les bâtiments qui n'ont pas d'ouvertures au toit et qui ne sont pas munis de conduites verticales de ventilation sont moins bien ventilés.
- Les ouvertures internes entre les logements ont une faible incidence sur la ventilation des logements. Par contre, la disposition et le type des ouvertures dans l'enveloppe affecte considérablement la ventilation des logements.
- Le vent peut perturber considérablement les mouvements d'air et la ventilation d'un bâtiment. Dans certains cas, il peut créer une surventilation et dans d'autres, il peut nuire à la ventilation créée par effet de tirage. D'ailleurs les pressions observées sur le site (10 Pa) sont plus élevées que celles du modèle théorique (4.5 Pa) et aussi plus élevées que celles de l'effet de tirage (4.0 Pa).
- Les enregistrements du CO₂ sur le site sont généralement plus bas durant les périodes plus clémentes. Ils sont plus bas que les calculs de

modélisation. L'ouverture des fenêtres peut avoir une incidence sur les résultats.

- Les systèmes individuels d'évacuation des hottes de cuisinière ou d'évacuation des salles de bain sont très peu utilisés et ne contribuent que d'une façon marginale à la ventilation des logements. D'ailleurs, les débits mesurés pour certains bâtiments indiquent qu'on évacue approximativement 30% du débit nominal recherché (voir tableau 5.8).
- Les systèmes d'alimentation d'air dans les corridors améliorent la ventilation des logements des étages supérieurs. On ne note pas de différence aussi importante pour les logements des étages inférieurs. Ces derniers sont généralement bien ventilés par effet tirage et l'alimentation d'air neuf provenant des corridors ne fait que remplacer l'air déjà alimenté directement par les ouvertures sur l'extérieur.
- Lorsque combinée avec les effets du vent, l'alimentation d'air dans les corridors peut diminuer la ventilation de certains logements.
- Les systèmes d'évacuation centralisés ont un effet similaire à ceux des systèmes d'alimentation des corridors. Toutefois, ils amélioreront la ventilation des logements inférieurs qui sont normalement bien ventilés par effet naturel. Ils n'affecteront pas beaucoup la ventilation des logements des étages supérieurs qui eux pourraient bénéficier d'une meilleure ventilation.
- Les logements en sous-sol sont généralement moins bien ventilés si on compte seulement sur l'effet tirage ou sur l'effet du vent. Les ouvertures sont généralement moindres pour ces logements.

- La ventilation "naturelle" des logements est un phénomène très aléatoire.

5.5.1.2 Conclusion (choix de la méthodologie)

- L'usage d'un logiciel comme CONTAM 93 est essentiel pour mieux comprendre les déplacements d'air dans les bâtiments.
- Lorsqu'on utilise les résultats globaux des essais d'étanchéité ou de transfert d'air, les hypothèses de répartitions des ouvertures et les caractéristiques de ces dernières auront une très forte incidence sur les déplacements d'air.
- Les facteurs de corrections utilisés pour le calcul des pressions exercées par le vent ont une importance considérable dans l'évaluation des déplacements d'air dans un bâtiment.
- Étant donné que l'occupation des logements peut être très variable, l'usage du CO₂ pour valider la modélisation des déplacements d'air peut amener des écarts importants.
- La modélisation peut permettre d'évaluer la performance des systèmes d'alimentation d'air neuf dans les corridors.
- La modélisation peut permettre d'évaluer la performance des systèmes d'évacuation centrale.
- L'évaluation globale des changements d'air d'un bâtiment multi-résidentiel (CAH-nat) ne donne pas l'assurance que chaque unité de logement sera ventilée convenablement.

5.5.2 Recommandations

Les diverses recommandations qui se dégagent des résultats des modélisations des mouvements d'air des différents bâtiments sont les suivantes:

5.5.2.1 Recommandations (bâtiments étudiés)

- Pour assurer une ventilation adéquate pour toutes les conditions climatiques, un système d'alimentation des corridors doit être fonctionnel pour tous les bâtiments. Cette recommandation s'applique surtout pour les bâtiments de petite taille (2 étages) où l'effet tirage est moindre.
- Les bâtiments devraient être très étanches de façon à éliminer l'influence des phénomènes naturels comme le vent et l'effet de tirage. Dans certains cas, ces phénomènes annulent les bienfaits d'une ventilation mécanique.
- Le site de construction d'un bâtiment devrait être étudié pour limiter les effets du vent sur la ventilation des logements (si on utilise une ventilation mécanique).
- La ventilation "naturelle" d'un bâtiment ne devrait être utilisée qu'en dernier recours car elle peut être très aléatoire et même être trop grande durant les périodes les plus critiques de l'utilisation d'un bâtiment (en période très froide, en hiver).
- Dans les cas de ventilation naturelle, des ouvertures au toit et des puits de ventilation verticaux sont absolument essentiels. On devrait pouvoir fermer ces ouvertures lors des périodes très froides ou lors des périodes venteuses.

- Si on compte sur une ventilation mécanique, les ouvertures entre les planchers devraient être limitées au minimum. On élimine ainsi les effets pervers de la ventilation "naturelle".
- Dans une perspective où on envisage d'accroître l'efficacité énergétique des bâtiments existants, on doit d'abord rendre l'enveloppe des bâtiments très étanche et installer prioritairement un système d'alimentation d'air. Un système d'alimentation et d'évacuation avec récupération d'énergie est souhaitable, si la rentabilité économique le justifie.
- Un système d'alimentation d'air est souhaitable puisqu'il est démontré que les systèmes d'évacuation peuvent accroître la ventilation des étages inférieurs et n'affecter que superficiellement la ventilation des étages supérieurs qui en ont le plus besoin.
- On doit attacher une importance particulière aux logements en sous-sol. Ils sont généralement moins en contact avec l'extérieur et les ouvertures pour ventilation naturelle sont moins nombreuses.

5.5.2.2 Recommandations (méthodologie)

- Les facteurs utilisés pour le calcul des pressions exercées par le vent devraient faire l'objet d'une recherche plus poussée. Compte tenu de la différence énorme que ceux-ci vont créer, tout dépendant du site qu'on leur assigne, une échelle plus grande de valeurs devrait être disponible.
- La vitesse du vent est très variable, une moyenne pondérée de sa vitesse devrait être utilisée pour le calcul des pressions qu'il exerce sur une surface.

5.0 MOUVEMENT DE L'AIR

- Une recherche plus poussée doit être entreprise pour valider les hypothèses de distribution des ouvertures dans les cloisons internes des bâtiments.
- On devra promouvoir la recherche pour établir les paramètres d'écoulement d'air dans les cloisons des logements.
- Compte tenu que la ventilation "naturelle" se produit à des pressions très faibles, une méthode de validation des caractéristiques des courbes d'infiltration doit être disponible.
- L'usage d'un gaz traçeur qui serait relâché à un taux continu dans les locaux d'un bâtiment devrait permettre de valider les résultats de la modélisation des déplacements d'air.
- Le débit d'air neuf d'un système d'alimentation des corridors devrait être évalué par modélisation des déplacements d'air dans un bâtiment.
- L'usage du taux de changement d'air "naturel" (CAH-nat) calculé à partir du taux de changement d'air à 50 Pa ne devrait pas être encouragé dans le cas des bâtiments à logements multiples. Cette méthode peut amener des erreurs très importantes.
- On doit encourager l'usage de logiciel de modélisation comme CONTAM 93 pour mieux comprendre les phénomènes de mouvement d'air dans les bâtiments.

- (1) Latta, "Murs, fenêtres et toits pour le climat canadien", Conseil national de recherches du Canada.
- (2) Shaw et Tamura, "The Calculation of air Infiltration Rates caused by Wind and Stack Action for Tall Buildings", DBR Paper no. 761, NRCC 16533 Conseil national de recherches du Canada, Division de recherche sur le bâtiment, Ottawa, juin 1977.
- (3) ASHRAE, "Fundamentals Handbook", chapitre 14 et 23, ASHRAE, Atlanta, 1993.
- (4) Palmater, Heller, Sherman, "Measured Air Flows in Multi Family Buildings", ASTM Symposium on Airflow Performance of Building Envelopes, Components and Systems, LBL, Berkeley, 1992.
- (5) Palmater et Brown, "The Northwest Residential Infiltration Survey: Description and Summary of Results", NORIS project, Actes du colloque "Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Building IV", ASHRAE/DOE/BTECC/CIBSE, p. 445, Atlanta, 1989.
- (6) Travaux Publics Canada, "Contrôle de la pression et de l'étanchéité à l'air", série sur l'évaluation des rendements des immeubles, Document D-36, Travaux Publics Canada, Ottawa, mars 1988.
- (7) Sibbitt et Hamlin, "Meeting Canadian Residential Ventilation Requirements with Low Cost System", ASHRAE Transaction 1991, Volume 97, part 2, IN-91-15-2, ASHRAE, Atlanta, juin 1991.
- (8) Persily et Fang, "Airflow and Radon Transport Modeling in Four Large Buildings", ASHRAE, Transactions 1995, volume 101, part 1, CH-95-16-3, ASHRAE, Atlanta, janvier 1995.

VENTILATION NATURELLE DU BÂTIMENT

(Selon le modèle de L.B.L.)

Bâtiment	Volume du bâtiment m3	Nombre étage	Nombre de logement	Débit bâtiment l/s	CAH bâtiment naturel	Nombre d'occupant		Air neuf l/s par occupant	
						déclaré	non déclaré	déclaré	non déclaré
Bâtiment 1	4932,0	3	24	356,6	0,26	30	11,9	54	6,6
Bâtiment 2	3800,9	4	12	236,8	0,22	42	5,6	48	5,0
Bâtiment 3	2473,5	2	12	190,6	0,28	15	12,7	30	6,4
Bâtiment 4	3832,5	2	20	175,5	0,16	21	8,3	40	4,4
Bâtiment 5	3952,6	3	16	333,5	0,30	38	8,8	52	6,4
Bâtiment 6	10906,6	4	43	689,2	0,23	78	8,8	81	8,5
Bâtiment 7	4642,1	3	27	230,2	0,18	28	8,2	54	4,2
Bâtiment 8	2354,4	2	9	155,7	0,24	9	17,3	18	8,6
Bâtiment 9	3041,9	3	10	186,3	0,22	25	7,5	36	5,2
Bâtiment 10	11173,0	3	57	555,2	0,18	61	9,1	114	4,9

CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉTANCHÉITÉ DES MURS DES LOGEMENTS

Bâtiment	Numéro de logement	Volume d'air logement m ³	Surface d'enveloppe logement m ²	Surface des cloisons moyennes du logement m ²	Débit d'infiltration logement (l/s)	Débit d'infiltration du logement avec bâtiment dépressurisé (l/s)	Taux pour l'enveloppe du logement (l/s . m ²)	Taux d'infiltration du bâtiment (l/s . m ²) @ 50Pa	Différence attribuée au mur mitoyen (l/s)	CAH @ 50Pa logement seulement	CAH @ 50Pa du logement avec bâtiment dépressurisé	Taux de transfert (l/s . m ²) @ 50Pa
Bâtiment 1	208	165,8	45,0	157,0	417,5	202,0	4,5	2,91	215,5	9,11	4,42	1,37
Bâtiment 2	103	199,3	53,8	211,5	616,0	294,3	5,5	2,03	321,7	11,14	5,32	1,52
Bâtiment 3	1	135,3	33,4	104,0	346,7	183,0	5,5	2,90	163,7	9,23	4,87	1,10
Bâtiment 4	2	145,0	22,0	178,6	306,6	144,3	6,6	1,70	162,3	7,62	3,58	0,91
Bâtiment 5	201	188,6	51,2	172,7	379,2	152,0	3,0	3,09	227,2	9,42	3,78	1,32
Bâtiment 6	310	260,7	54,2	233,4	454,2	235,0	4,3	2,79	219,20	6,28	3,250	0,94
Bâtiment 7	404	105,5	19,3	116,7	247,2	35,5*	n/a	1,84	211,7	8,44	n/a	1,81
Bâtiment 8	3	210,0	39,0	277,3	327,4	86,1*	n/a	2,69	241	5,62	n/a	0,87
Bâtiment 9	2	224,2	52,0	201,5	405,2	143,0	2,8	2,19	262,2	6,52	2,3	1,30
Bâtiment 10	106	104,9	17,0	143,7	337,3	135,0	7,9	2,07	202,3	8,63	3,45	1,41

* Débit d'infiltration calculé à partir du taux moyen de l'enveloppe.

Relevé des débits de ventilation

		statistique			Débits selon les appartements											
		moyenne	min	max	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Bâtiment #1	hotte de cuisine (L/s)	32	25	41	36	33	25	25	33	25	33	41	33			
	salle de bain (CAH)	3														
	salle de bain (L/s)	12	9	18	10	11	12	18	12	12	12	9	12			
Bâtiment #2	hotte de cuisine (L/s)	33	12	45	33	12	45	41	41	25						
	salle de bain (CAH)	2														
	salle de bain (L/s)	4	3	6	5	5	6	4	3	3						
Bâtiment #3	hotte de cuisine (L/s)	31	26	35	35	29	26	33								
	salle de bain (CAH)	1														
	salle de bain (L/s)	3	3	4	3	3	4	3								
Bâtiment #4	hotte de cuisine (L/s)	52	26	84	40	37	26	66	58	84						
	salle de bain (CAH)	6														
	salle de bain (L/s)	26	6	45	45	33	6	29	37	7						
Bâtiment #5	hotte de cuisine (L/s)	<i>hottes à recirculation</i>														
	salle de bain (CAH)	2														
	salle de bain (L/s)	14	3	25	17	10	11	18	25	3						
Bâtiment #6	hotte de cuisine (L/s)	37	21	62	29	37	35	41	37	37	62	41	21	41	25	37
	salle de bain (CAH)	7														
	salle de bain (L/s)	26	12	41	23	17	28	37	41	17	25	33	25	12	41	17
Bâtiment #7	hotte de cuisine (L/s)	19	10	29	25	17	11	21	13	29	29	10				
	salle de bain (CAH)	2														
	salle de bain (L/s)	6	3	8	6	3	7	7	8	7	7	3				
Bâtiment #8	hotte de cuisine (L/s)	48	37	57	37	18 ¹	57	49								
	salle de bain (CAH)	10														
	salle de bain (L/s)	31	29	37	29	29	37	29								
Bâtiment #9	hotte de cuisine (L/s)	49	25	66	50	45	66	50	58	25						
	salle de bain (CAH)	4														
	salle de bain (L/s) ²	2	1	3	1	1	3	1	2	1						
Bâtiment #10	hotte de cuisine (L/s)	49	8	74	25	58	54	74	8	33	62	54	58	50	66	41
	salle de bain (CAH)	6														
	salle de bain (L/s)	33	23	45	23	25	34	28	29	29	45	41	29	33	37	41

¹ fonctionnait sur une plus petite vitesse lors des relevés

² ventilateur central d'évacuation à l'arrêt lors des lectures

NORMES: hottes de cuisine : 50 L/s (SHQ)
salles de bain : 10 CAH (SHQ)

CHAPITRE 5

ANNEXE 1

- **Distribution des ouvertures**
- **Croquis type de localisation des ouvertures et résultats de modélisation (concentration du CO₂)**

Tous les résultats présentés sur les croquis ont été calculés pour des conditions où la vitesse du vent est nulle.

La flèche indique la direction du vent lorsqu'il est présent (se référer aux tableaux des pages 5.43 à 5.55).

BÂTIMENT #1

OUVERTURES DANS L'ENVELOPPE EXTÉRIEURE

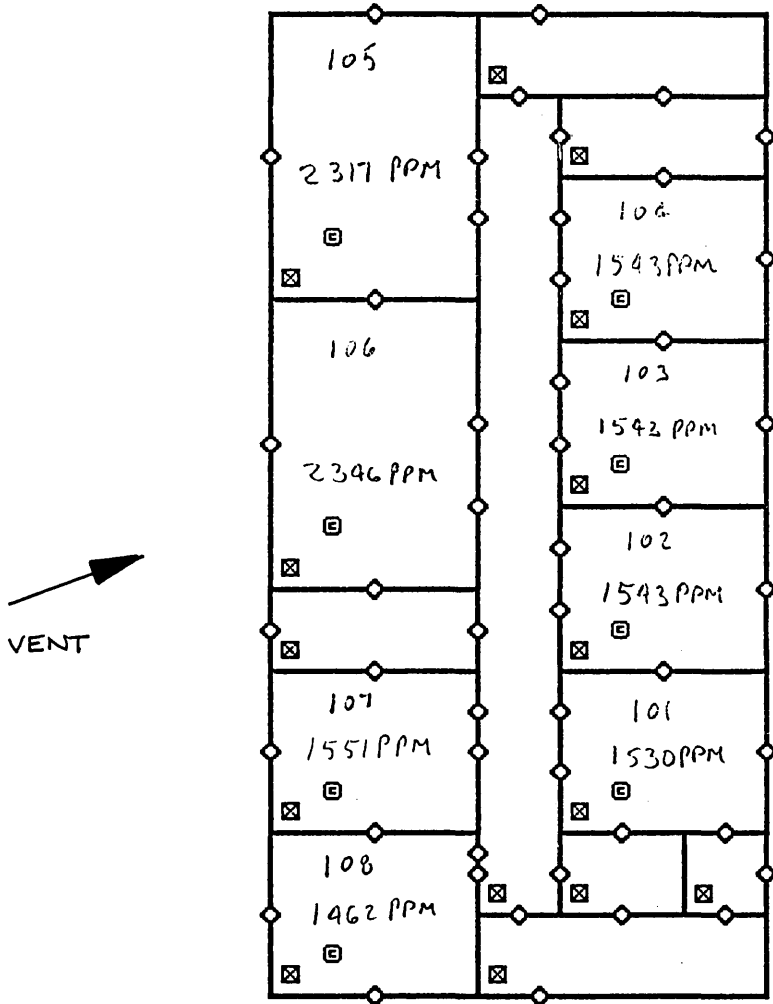
Ouvertures	Hypothèse	Infiltration par ouvertures l/s - 50 Pa	Nombre d'ouvertures	Débit total d'infiltration l/s - 50 Pa
Toit Sortie puits méc.	0%	0 l/s		0 l/s
Murs extérieurs: Mur (log. simple) Mur (log. double) Mur (log.petit mur) Mur opaque bout Mur (dépôt)	89%	102 l/s 168 l/s 170 l/s 90 l/s 20 l/s	12 6 6 10 6	1224 l/s 1008 l/s 840 l/s 900 l/s 120 l/s
Portes et autres: Porte double Porte esc. r. de ch. Murs bout corr.	11%	42 l/s 140 l/s 26 l/s	3 2 4	126 l/s 280 l/s 104 l/s
			TOTAL:	4602 l/s
Essais d'infiltration (tableau 4.2)			TOTAL:	4489 l/s

OUVERTURES DANS LES CLOISONS INTÉRIEURES

Débit total du logement (tableau 5.7):				417 l/s
Débit de l'enveloppe du logement (surf. envel. x taux unitaire):				202 l/s*
Débit au travers des cloisons internes:				215 l/s
Ouvertures	Hypothèse	Infiltration par ouverture l/s - 50 Pa	Nombre d'ouverture (logement témoin)	Débit total d'infiltration l/s - 50 Pa
- Porte sur corridor	7%	16 l/s	1	16 l/s
- Mur sur corridor	10%	22 l/s	1	22 l/s
- Mur mitoyen entre les logements	13%	29 l/s	1	29 l/s
- Plafond	35%	74 l/s	1	74 l/s
- Plancher	35%	74 l/s	1	74 l/s
- Puits mécanique	0%	0	0	0
TOTAL:				215 l/s

* Débit obtenu lors de l'essai d'étanchéité de l'enveloppe du logement.

Project: RATTM 1
Descr:
Level: RDCH
Elev: 0.20 m



BÂTIMENT #2

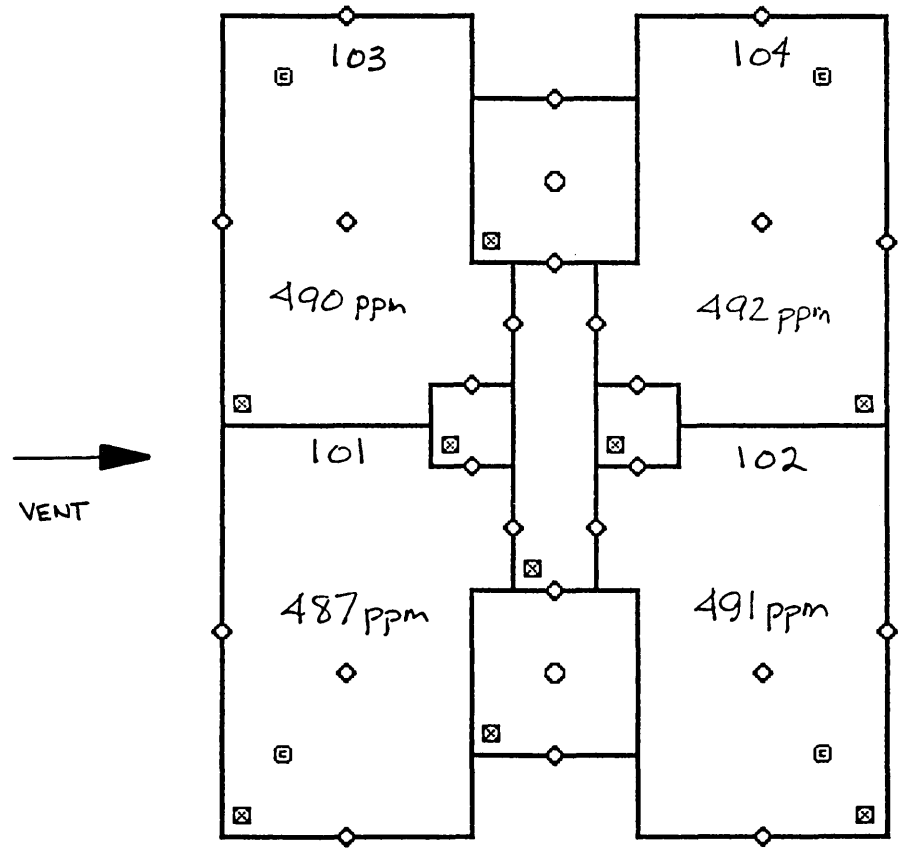
OUVERTURES DANS L'ENVELOPPE EXTÉRIEURE

Ouvertures	Hypothèse	Infiltration par ouvertures l/s - 50 Pa	Nombre d'ouvertures	Débit total d'infiltration l/s - 50 Pa
Toit Sortie puits méc.	35%	480 l/s	2	960 l/s
Murs extérieurs:	45%			
Grand mur		80 l/s	12	960 l/s
Petit mur		20 l/s	12	240 l/s
Portes et autres:	20%			
- Portes r. de ch.		120 l/s	2	240
- Murs sous-sol		25 l/s	8	200
- Murs bout corr.		30 l/s	4	120
			TOTAL:	2720 l/s
Essais d'infiltration (tableau 4.2)			TOTAL:	2717 l/s

OUVERTURES DANS LES CLOISONS INTÉRIEURES

Débit total du logement (tableau 5.7):				616 l/s
Débit de l'enveloppe du logement (surf. envel. x taux unitaire):				110 l/s
Débit au travers des cloisons internes:				506 l/s
Ouvertures	Hypothèse	Infiltration par ouverture l/s - 50 Pa	Nombre d'ouverture (logement témoin)	Débit total d'infiltration l/s - 50 Pa
- Porte et mur sur corridor	20%	100 l/s	1	100 l/s
- Mur mitoyen entre les logements	6%	30 l/s	1	30 l/s
- Plafond	6%	30 l/s	1	30 l/s
- Plancher	6%	30 l/s	1	30 l/s
- Puits mécanique	62%	315 l/s	1	315 l/s
TOTAL:				505 l/s

Project: BATIM_2
Descr: BATIMENT #2
Level: R-CH
Elev: 36.44 m



BÂTIMENT #3

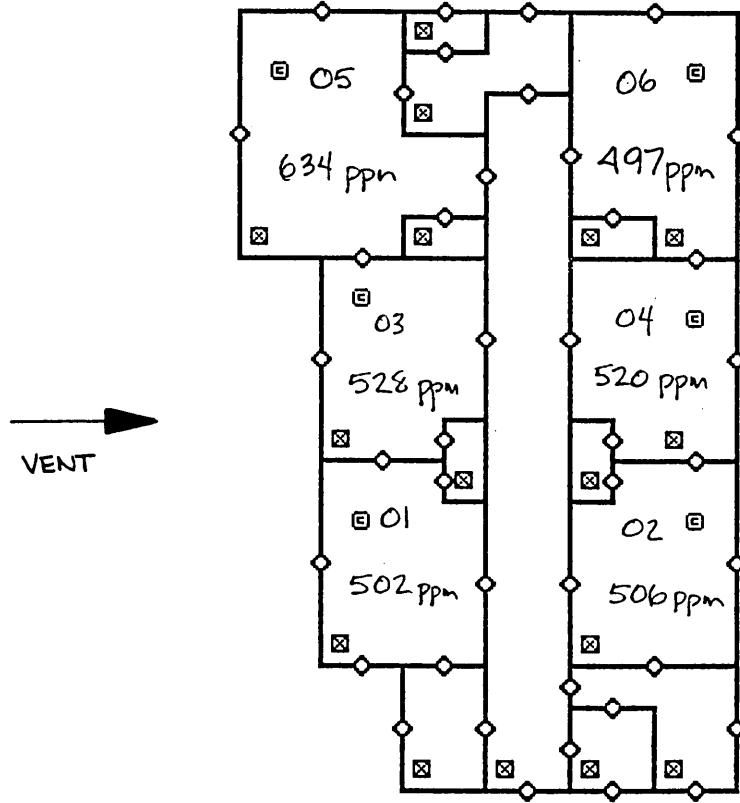
OUVERTURES DANS L'ENVELOPPE EXTÉRIEURE

Ouvertures	Hypothèse	Infiltration par ouvertures l/s - 50 Pa	Nombre d'ouvertures	Débit total d'infiltration l/s - 50 Pa
Toit	35%			
Sortie puits méc.#1		300 l/s	2	600 l/s
Sortie puits méc.#2		190 l/s	2	380 l/s
Murs extérieurs:	50%			
Grand mur		100 l/s	12	1200 l/s
Petit mur		45 l/s	2	90 l/s
Mur plein		12 l/s	6	72 l/s
Portes et autres:	15%			
- Portes		50 l/s	4	200 l/s
- Murs bout		15 l/s	7	105 l/s
- Fenêtres		20 l/s	5	100 l/s
Essais d'infiltration (tableau 4.2)			TOTAL:	2747 l/s
			TOTAL:	2741 l/s

OUVERTURES DANS LES CLOISONS INTÉRIEURES

Débit total du logement (tableau 5.7):				347 l/s
Débit de l'enveloppe du logement (surf. envel. x taux unitaire):				97 l/s
Débit au travers des cloisons internes:				205 l/s
Ouvertures	Hypothèse	Infiltration par ouverture l/s - 50 Pa	Nombre d'ouverture (logement témoin)	Débit total d'infiltration l/s - 50 Pa
- Porte et mur sur corridor	28%	70 l/s	1	70 l/s
- Mur mitoyen entre les logements				
- Plafond	8%	20 l/s	1	20 l/s
- Plancher	12%	30 l/s	1	30 l/s
- Puits mécanique	0%	30 l/s	0	0 l/s
	52%	130 l/s	1	130 l/s
TOTAL:				250 l/s

Project: ·BATIM_3
Descr: Batiment # 3
Level: R-CH
Elev: 0.00 m



BÂTIMENT #4

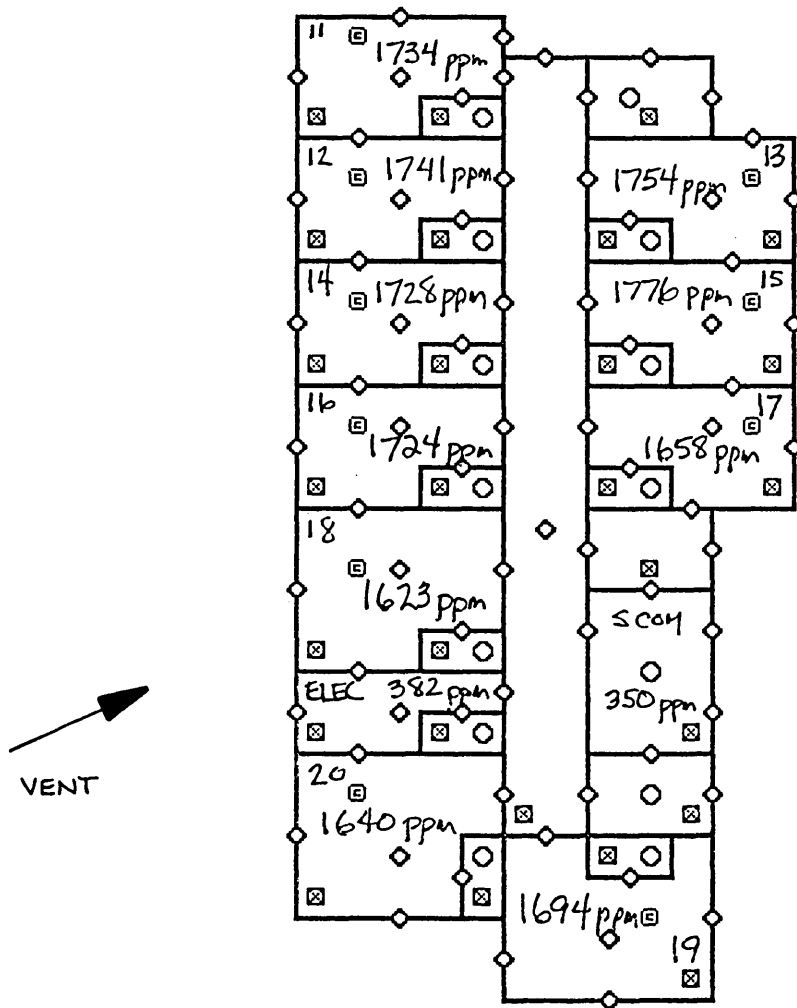
OUVERTURES DANS L'ENVELOPPE EXTÉRIEURE

Ouvertures	Hypothèse	Infiltration par ouvertures l/s - 50 Pa	Nombre d'ouvertures	Débit total d'infiltration l/s - 50 Pa
Toit Sortie puits méc.	35%	90 l/s	10	900 l/s
Murs extérieurs: Mur appart. Mur de bout Salle comm.	50%	50 l/s 10 l/s 110 l/s	20 3 2	1000 l/s 30 l/s 220 l/s
Portes et autres: - Portes entrées - Portes dépôts - Fenêtres	15%	80 l/s 40 l/s 20 l/s	2 2 6	160 l/s 80 l/s 120 l/s
Essais d'infiltration (tableau 4.2)			TOTAL: TOTAL:	2510 l/s 2520 l/s

OUVERTURES DANS LES CLOISONS INTÉRIEURES

Débit total du logement (tableau 5.7):				307 l/s
Débit de l'enveloppe du logement (surf. envel. x taux unitaire):				37 l/s
Débit au travers des cloisons internes:				270 l/s
Ouvertures	Hypothèse	Infiltration par ouverture l/s - 50 Pa	Nombre d'ouverture (logement témoin)	Débit total d'infiltration l/s - 50 Pa
- Porte et mur sur corridor	26%	70 l/s	1	70 l/s
- Mur mitoyen entre les logements	15%	20 l/s	2	40 l/s
- Plafond	7%	20 l/s	1	20 l/s
- Plancher	0%	20 l/s	0	0 l/s
- Puits mécanique	52%	140 l/s	1	140 l/s
TOTAL:				270 l/s

Project: BATIM_4
Descr: Batiment # 4
Level: 1er
Elev: 2.70 m



BÂTIMENT #5

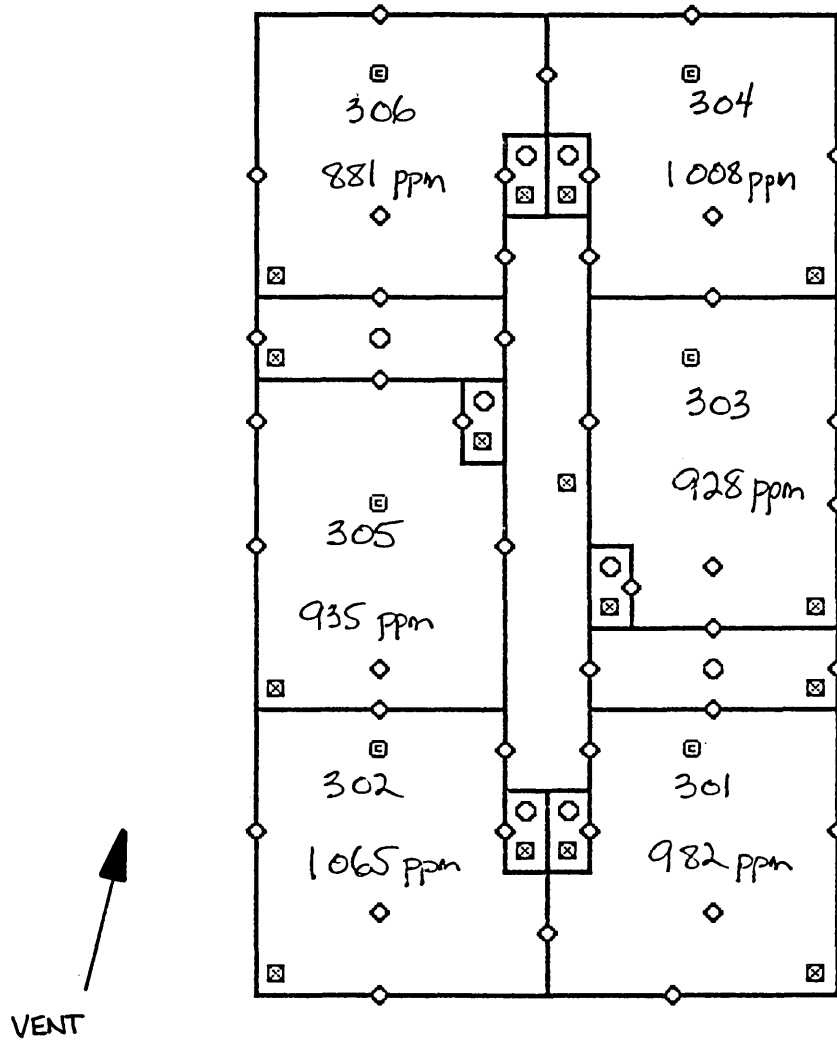
OUVERTURES DANS L'ENVELOPPE EXTÉRIEURE

Ouvertures	Hypothèse	Infiltration par ouvertures l/s - 50 Pa	Nombre d'ouvertures	Débit total d'infiltration l/s - 50 Pa
Toit Sortie puits méc.	30%	80 l/s	16	1280 l/s
Murs extérieurs: Sous sol mur 1	65%	40 l/s	10	400 l/s
mur 2		50 l/s	4	200 l/s
Étage mur 1		60 l/s	12	720 l/s
mur 2		110 l/s	6	660 l/s
mur 3		130 l/s	6	780 l/s
Portes et autres: - Portes entrées	5%	110 l/s	2	220 l/s
			TOTAL:	4260 l/s
Essais d'infiltration (tableau 4.2)			TOTAL:	4201 l/s

OUVERTURES DANS LES CLOISONS INTÉRIEURES

Débit total du logement (tableau 5.7):				379 l/s
Débit de l'enveloppe du logement (surf. envel. x taux unitaire):				159 l/s
Débit au travers des cloisons internes:				220 l/s
Ouvertures	Hypothèse	Infiltration par ouverture l/s - 50 Pa	Nombre d'ouverture (logement témoin)	Débit total d'infiltration l/s - 50 Pa
- Porte et mur sur corridor	33%	70 l/s	1	70 l/s
- Mur mitoyen entre les logements	9%	20 l/s	1	20 l/s
- Plafond	9%	20 l/s	1	20 l/s
- Plancher	9%	20 l/s	1	20 l/s
- Puits mécanique	40%	80 l/s	1	80 l/s
TOTAL:				210 l/s

Project: BATIM-5
Descr: Batiment # 5
Level: 2e
Elev: 6.20 m



BÂTIMENT #6

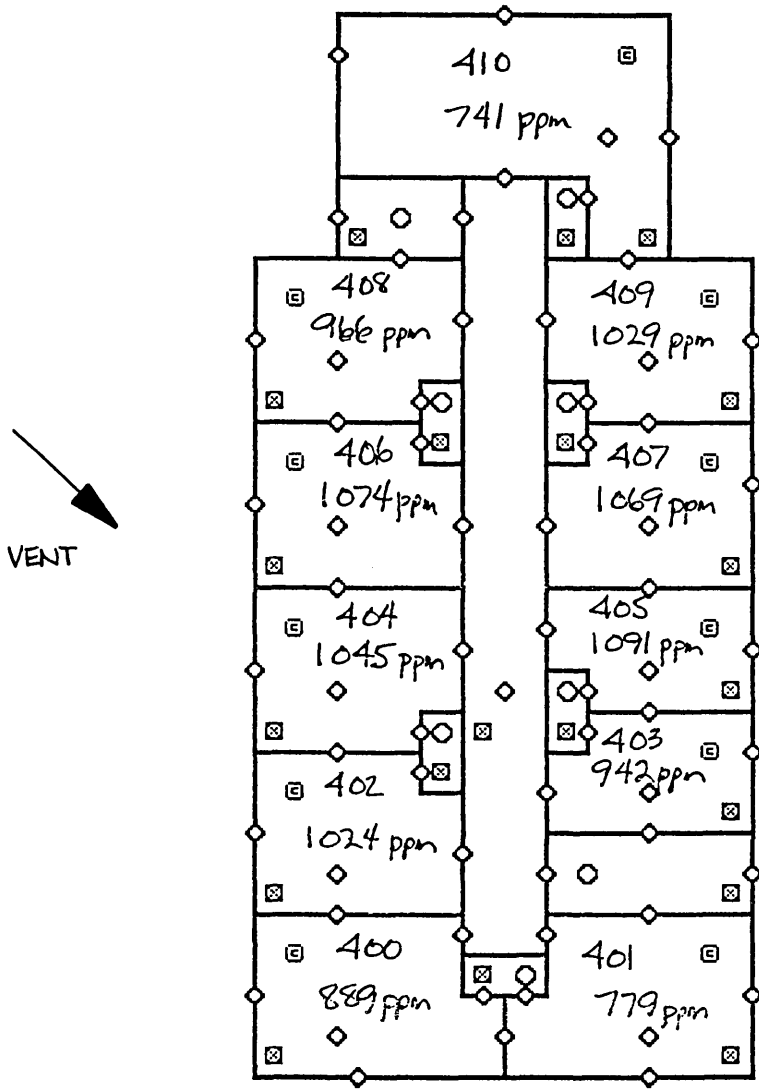
OUVERTURES DANS L'ENVELOPPE EXTÉRIEURE

Ouvertures	Hypothèse	Infiltration par ouvertures l/s - 50 Pa	Nombre d'ouvertures	Débit total d'infiltration l/s - 50 Pa
Toit Sortie puits méc.	35%	65 l/s	44	2860 l/s
Murs extérieurs: mur 1 mur 2 mur 3	60%	90 l/s 50 l/s 110 l/s	40 16 4	3600 l/s 800 l/s 440 l/s
Portes et autres: - Porte 1 - Porte 2	5%	100 l/s 50 l/s	3 2	300 l/s 100 l/s
Essais d'infiltration (tableau 4.2)			TOTAL: TOTAL:	8100 l/s 7910 l/s

OUVERTURES DANS LES CLOISONS INTÉRIEURES

Débit total du logement (tableau 5.7):				454 l/s
Débit de l'enveloppe du logement (surf. envel. x taux unitaire):				151 l/s
Débit au travers des cloisons internes:				303 l/s
Ouvertures	Hypothèse	Infiltration par ouverture l/s - 50 Pa	Nombre d'ouverture (logement témoin)	Débit total d'infiltration l/s - 50 Pa
- Porte et mur sur corridor	23%	70 l/s	1	70 l/s
- Mur mitoyen entre les logements	20%	30 l/s	2	60 l/s
- Plafond	6%	20 l/s	1	20 l/s
- Plancher	6%	20 l/s	1	20 l/s
- Puits mécanique	45%	165 l/s	1	135 l/s
			TOTAL:	305 l/s

Project: BATIM-6
Descr: Batiment # 6
Level: 3e
Elev: 8.40 m



BÂTIMENT #7

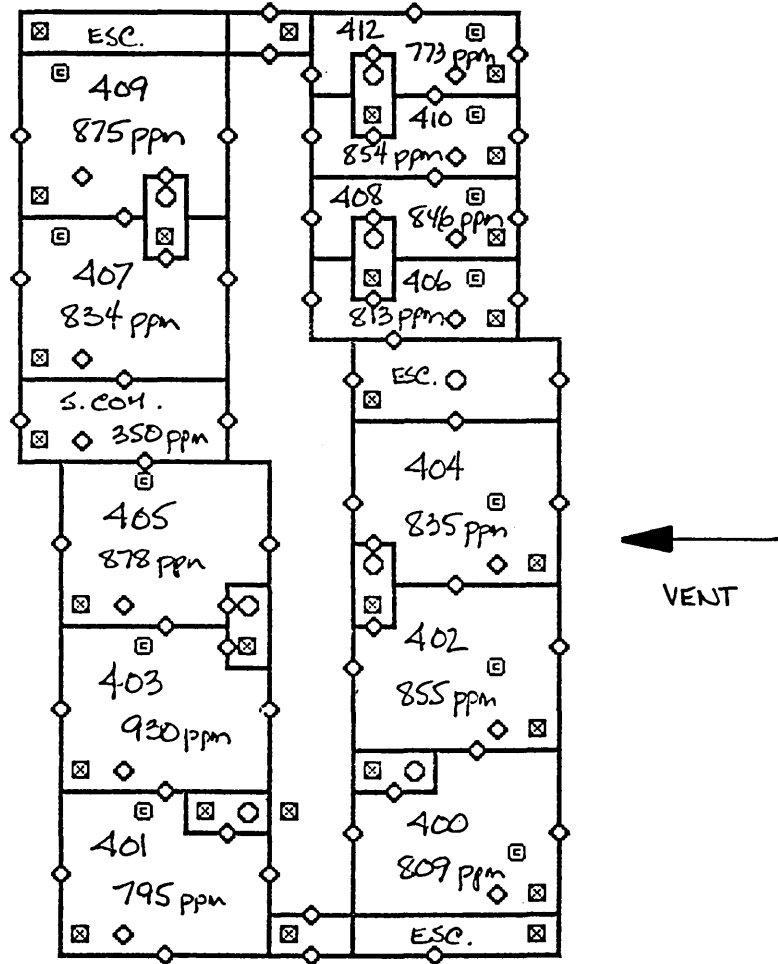
OUVERTURES DANS L'ENVELOPPE EXTÉRIEURE

Ouvertures	Hypothèse	Infiltration par ouvertures l/s - 50 Pa	Nombre d'ouvertures	Débit total d'infiltration l/s - 50 Pa
Toit Sortie puits méc.	35%	85 l/s	12	1020 l/s
Murs extérieurs: Mur log. Mur s.s.	52%	45 l/s 385 l/s	27 1	1215 l/s 385 l/s
Portes et autres: - Porte 1 - Porte 2 - Fenêtres	13%	100 l/s 60 l/s 20 l/s	1 4 2	100 l/s 240 l/s 40 l/s
Essais d'infiltration (tableau 4.2)			TOTAL: TOTAL:	3000 l/s 2900 l/s

OUVERTURES DANS LES CLOISONS INTÉRIEURES

Débit total du logement (tableau 5.7):				247 l/s
Débit de l'enveloppe du logement (surf. envel. x taux unitaire):				21 l/s
Débit au travers des cloisons internes:				226 l/s
Ouvertures	Hypothèse	Infiltration par ouverture l/s - 50 Pa	Nombre d'ouverture (logement témoin)	Débit total d'infiltration l/s - 50 Pa
- Porte et mur sur corridor	31%	70 l/s	1	70 l/s
- Mur mitoyen entre les logements	13%	30 l/s	1	30 l/s
- Plafond	9%	20 l/s	1	20 l/s
- Plancher	9%	20 l/s	1	20 l/s
- Puits mécanique	38%	85 l/s	1	85 l/s
TOTAL:				225 l/s

Project: BATIM-7
Descr: Batiment # 7
Level: 1er
Elev: 2.60 m



BÂTIMENT #8**OUVERTURES DANS L'ENVELOPPE EXTÉRIEURE**

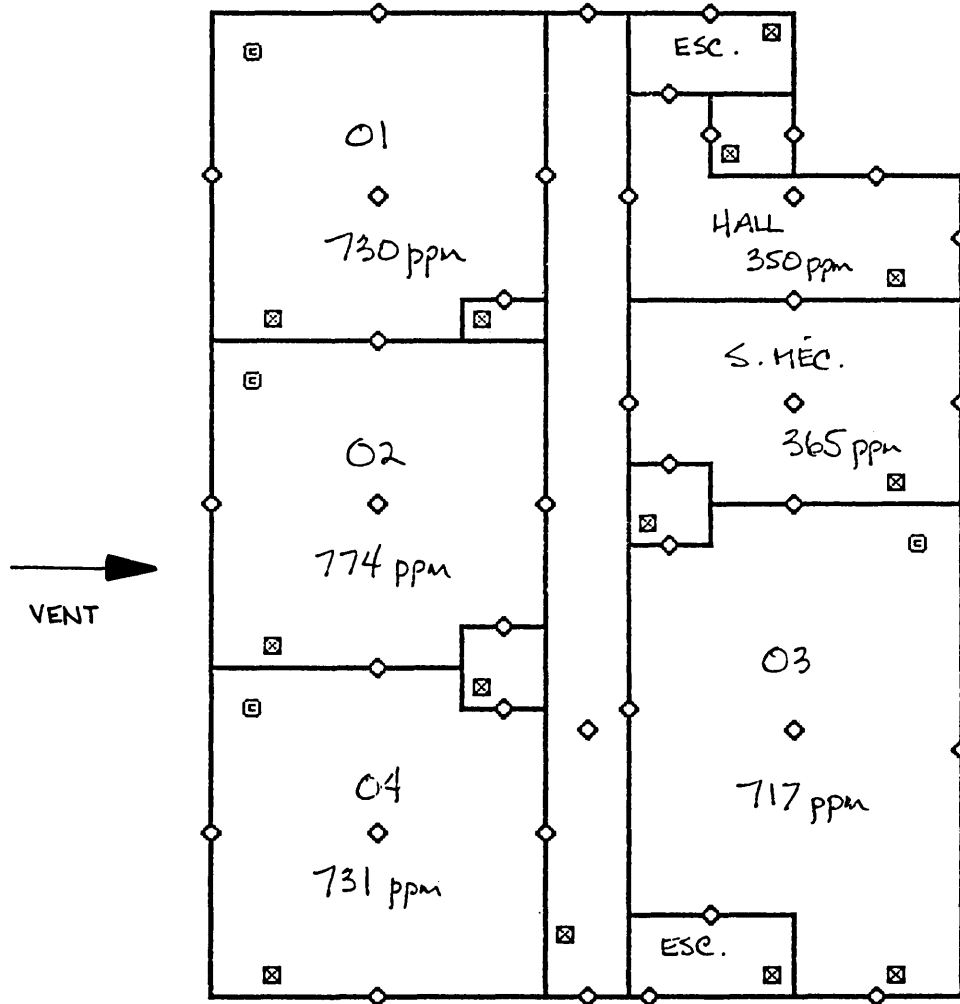
Ouvertures	Hypothèse	Infiltration par ouvertures l/s - 50 Pa	Nombre d'ouvertures	Débit total d'infiltration l/s - 50 Pa
Toit	30%			
Sortie puits méc.#1		312 l/s	2	614 l/s
Sortie puits méc.#2		156 l/s	1	156 l/s
Murs extérieurs:	50%			
Grand mur		100 l/s	9	900 l/s
Petit mur		30 l/s	8	240 l/s
Mur fen.		50 l/s	2	100 l/s
Portes et autres:	8%			
- Porte #1		40 l/s	3	120 l/s
- Porte #2		60 l/s	1	60 l/s
- Fenêtres	12%	20 l/s	2	40 l/s
Murs vide sanitaire		83 l/s	4	332 l/s
			TOTAL:	2562 l/s
Essais d'infiltration (tableau 4.2)			TOTAL:	2240 l/s*

* Sans le vide sanitaire.

OUVERTURES DANS LES CLOISONS INTÉRIEURES

Débit total du logement (tableau 5.7):				327 l/s
Débit de l'enveloppe du logement (surf. envel. x taux unitaire):				102 l/s
Débit au travers des cloisons internes:				225 l/s
Ouvertures	Hypothèse	Infiltration par ouverture l/s - 50 Pa	Nombre d'ouverture (logement témoin)	Débit total d'infiltration l/s - 50 Pa
- Porte et mur sur corridor	31%	70 l/s	1	70 l/s
- Mur mitoyen entre les logements				
- Plafond	9%	20 l/s	1	20 l/s
- Plancher	9%	20 l/s	1	20 l/s
- Puits mécanique	38%	85 l/s	1	85 l/s
TOTAL:				225 l/s

Project: BATIM-8
Descr: Batiment # 8
Level: R-CH
Elev: 1.00 m



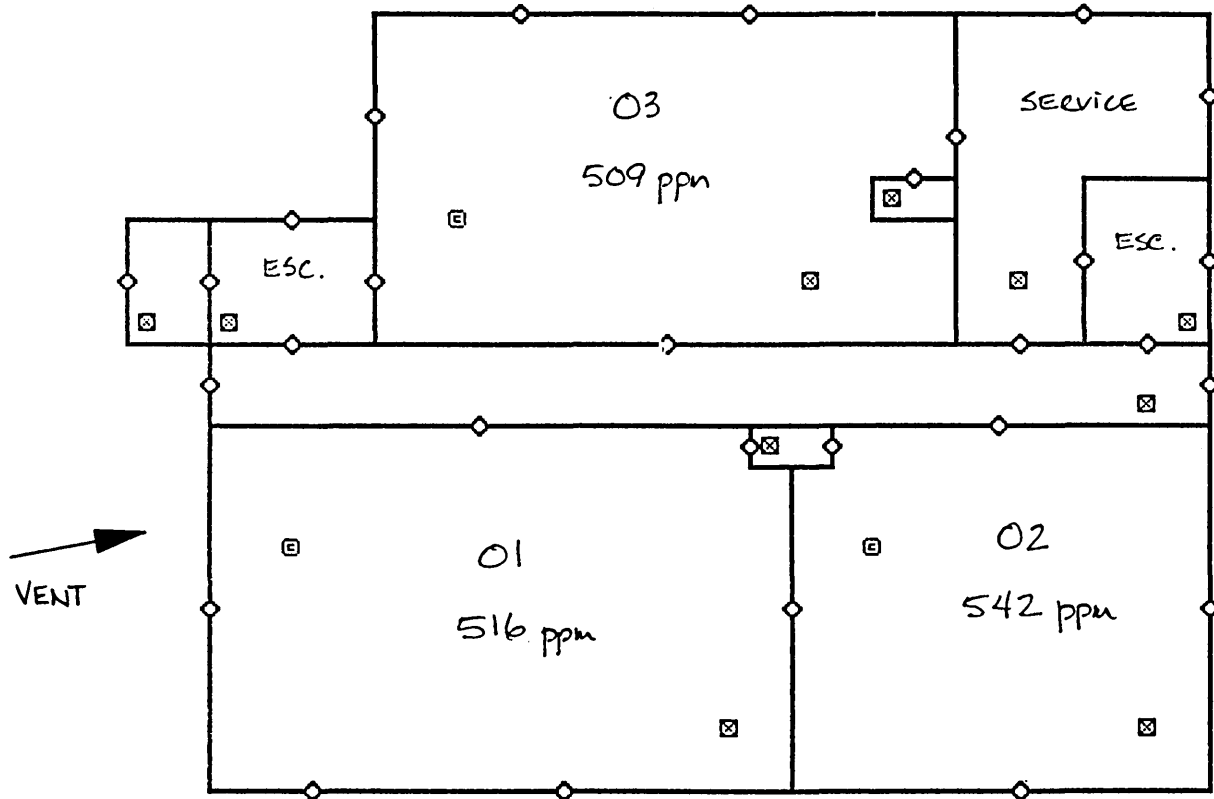
BÂTIMENT #9**OUVERTURES DANS L'ENVELOPPE EXTÉRIEURE**

Ouvertures	Hypothèse	Infiltration par ouvertures l/s - 50 Pa	Nombre d'ouvertures	Débit total d'infiltration l/s - 50 Pa
Toit Sortie puits méc.	34%	410 l/s	2	820 l/s
Murs extérieurs: Mur patio Mur fenêtre Mur service	54%	90 l/s 20 l/s 20 l/s	10 19 2	900 l/s 380 l/s 40 l/s
Portes et autres: - Portes - Mur de bout	12%	50 l/s 15 l/s	2 13	100 l/s 195 l/s
Essais d'infiltration (tableau 4.2)			TOTAL: TOTAL:	2435 l/s 2347 l/s

OUVERTURES DANS LES CLOISONS INTÉRIEURES

Débit total du logement (tableau 5.7):				405 l/s
Débit de l'enveloppe du logement (surf. envel. x taux unitaire):				115 l/s
Débit au travers des cloisons internes:				290 l/s
Ouvertures	Hypothèse	Infiltration par ouverture l/s - 50 Pa	Nombre d'ouverture (logement témoin)	Débit total d'infiltration l/s - 50 Pa
- Porte et mur sur corridor	24%	70 l/s	1	70 l/s
- Mur mitoyen entre les logements	10%	30 l/s	1	30 l/s
- Plafond	7%	20 l/s		20 l/s
- Plancher	0%	20 l/s	0	0 l/s
- Puits mécanique	59%	170 l/s	1	170 l/s
TOTAL:				290 l/s

Project: BATIM-9
Descr: Batiment # 9
Level: R-CH
Elev: 0.00 m



BÂTIMENT #10

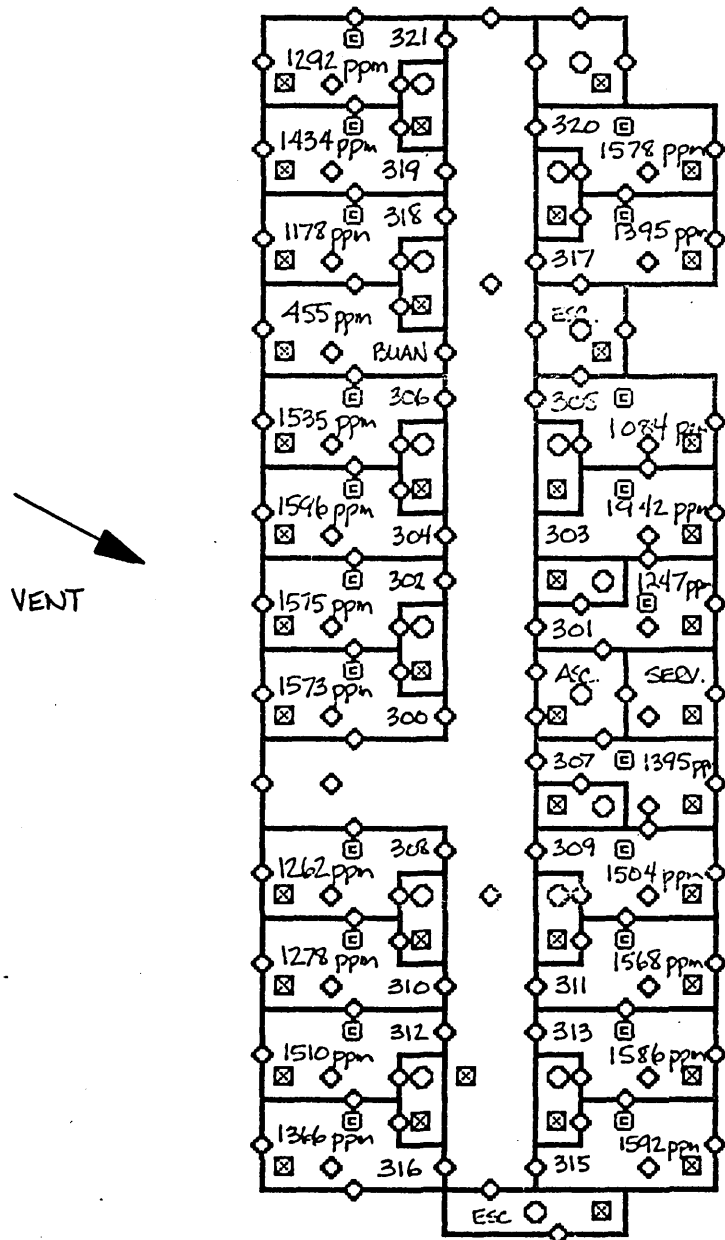
OUVERTURES DANS L'ENVELOPPE EXTÉRIEURE

Ouvertures	Hypothèse	Infiltration par ouvertures l/s - 50 Pa	Nombre d'ouvertures	Débit total d'infiltration l/s - 50 Pa
Toit	38%			
Sortie puits méc.#1		210 l/s	10	2100 l/s
Sortie puits méc.#2		105 l/s	2	210 l/s
Sortie chute		400 l/s	1	400 l/s
Murs extérieurs:	55%			
Mur principal		60 l/s	65	3900 l/s
Petit mur		20 l/s	5	100 l/s
Portes et autres:	7%			
- Porte princ.		100 l/s	2	200 l/s
- Portes sec.		25 l/s	10	250 l/s
- Mur de bout		20 l/s	5	100 l/s
			TOTAL:	7260 l/s
Essais d'infiltration (tableau 4.2)			TOTAL:	6991 l/s

OUVERTURES DANS LES CLOISONS INTÉRIEURES

Débit total du logement (tableau 5.7):				337 l/s
Débit de l'enveloppe du logement (surf. envel. x taux unitaire):				37 l/s
Débit au travers des cloisons internes:				300 l/s
Ouvertures	Hypothèse	Infiltration par ouverture l/s - 50 Pa	Nombre d'ouverture (logement témoin)	Débit total d'infiltration l/s - 50 Pa
- Porte et mur sur corridor	23%	70 l/s		70 l/s
- Mur mitoyen entre les logements	20%	30 l/s	2	60 l/s
- Plafond	7%	20 l/s	1	20 l/s
- Plancher	0%	20 l/s	0	0 l/s
- Puits mécanique	50%	150 l/s	1	150 l/s
TOTAL:				300 l/s

Project: BATIM-10
Descr: Batiment # 10
Level: 2e
Elev: 5.40 m



6.0 QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR

La section de la qualité de l'air intérieur du projet se divisait en deux volets. Le premier volet était l'évaluation préliminaire selon le «*Protocole d'essai de la qualité de l'air intérieur des tours d'habitation*»⁽¹⁾ développé par Buchan, Lawton, Parent Ltd (BLP). Le deuxième volet visait à prendre des mesures de certains polluants à la demande de la Société d'Habitation du Québec. La première partie consistait à compléter trois questionnaires (questionnaire aux occupants, questionnaire d'inspection de l'analyste et questionnaire général de l'immeuble situés à la fin de ce chapitre). Cette première partie visait à évaluer les paramètres pouvant affecter la qualité de l'air.

Par l'entremise des questionnaires aux occupants, des questionnaires d'inspection de l'analyste et des questionnaires généraux des immeubles, il est habituellement possible d'identifier la fréquence et la provenance des polluants et leurs sources potentielles. Les résultats et observations ont été utilisés en partie pour sélectionner les appartements qui ont été analysés plus en détail dans l'étude de qualité de l'air. Comme critère de sélection additionnel, les occupants devaient démontré un intérêt envers l'étude pour que leur logement soit choisi. Le fait d'interviewer l'ensemble des occupants ainsi que le gestionnaire de l'immeuble aide à cerner s'il s'agit de problèmes généralisés dans le bâtiment ou de problèmes spécifiques à chaque appartement.

À la suite des résultats de l'évaluation préliminaire, la deuxième partie avait comme objectif de prélever des concentrations de polluants qui affectent la qualité de l'air des occupants. Avec les résultats obtenus, il nous a été possible de cerner les causes des problèmes révélés par les occupants lors de l'évaluation préliminaire. Dans les situations où il n'a pas été possible de cerner la cause des problèmes, des recommandations ont été suggérées afin de les identifier.

Les paramètres prélevés et analysés dans le présent projet ont été :

- Humidité relative (HR) et température
- Anhydride carbonique (CO₂)
- Formaldéhyde (HCHO)
- Composés organiques volatils totaux (COVT)

Les concentrations obtenues pour chaque contaminant ont été comparées aux valeurs des «*Directives d'exposition concernant la qualité de l'air des résidences*»⁽²⁾ de Santé et Bien-être social Canada. De plus, les résultats sont mis en comparaison avec ceux d'autres études effectuées dans des tours d'habitation et des résidences. Le protocole utilisé pour la prise de mesures s'est inspiré, en partie, du protocole précédemment mentionné et du «*Protocole d'essai de la qualité de l'air intérieur du programme des Maisons Performantes*»⁽³⁾ du Conseil de recherche de la Saskatchewan.

6.1 Méthodologie

Les procédures et méthodes utilisées dans le volet de la qualité de l'air furent appliquées de façon identique dans tous les bâtiments de l'étude.

6.1.1 Questionnaires

Tel que mentionné précédemment, trois questionnaires différents ont été complétés par l'analyste qui interviewait les occupants et les gestionnaires. L'analyste clarifiait les questions qui pouvaient être ambiguës pour ces derniers.

Le premier questionnaire s'adressait aux locataires et ces derniers devaient fournir toutes les informations sur l'usage des électroménagers et leur perception de la qualité de l'air dans le bâtiment. Une fois les questionnaires complétés, nous les avons analysés et les résultats sommaires sont présentés dans le premier volet de la section «Résultats» de ce

chapitre. La participation de tous les occupants était souhaitable pour cette tâche afin de bien établir le profil du bâtiment. Pour chaque bâtiment, nous avons obtenu des tendances représentatives car le taux de participation a toujours été supérieur à 70%.

Le deuxième questionnaire était complété exclusivement par l'analyste. Il s'agissait principalement d'observations de nature à identifier des problèmes potentiels de qualité de l'air intérieur dans chaque logement. Les principales observations seront mentionnées au début de chaque section de résultats des bâtiments.

Le troisième questionnaire, le questionnaire général de l'immeuble, s'adressait au gestionnaire du bâtiment et portait sur l'immeuble en général. Il était composé de questions permettant d'identifier les éléments des services communs des bâtiments. Un tableau sommaire des 10 bâtiments est placé à la fin de ce chapitre.

Dans le questionnaire aux occupants, les occupants devaient répondre à une question qui concernait les symptômes qu'ils associent au bâtiment. Le tableau 6.1 présente les symptômes énumérés dans le questionnaire ainsi que les polluants de l'étude qui peuvent favoriser la perception de ces derniers.

Tableau 6.1 : Polluants pouvant être associés aux symptômes mentionnés

Symptômes	HR	CO ₂	HCHO	COVT
Irritations de la peau	x			x
Problèmes gastriques				x
Démangeaisons oculaires			x	
Étourdissements		x		x
Maux de gorge			x	x
Problèmes respiratoires	x		x	
Maux de tête		x	x	x
Vertiges		x		x
Yeux secs	x		x	
Asthme	x			
Fatigue		x	x	x
Vue brouillée		x		x
Larmoiments				x
Nausées		x	x	x
Toux			x	x

6.1.2 Sélection des logements

Parallèlement à l'analyse des résultats des questionnaires aux occupants, un soin particulier a été porté aux logements choisis. Dans le but d'enrichir la valeur des données, la sélection des logements était principalement basée sur :

- Le nombre d'occupants et leurs habitudes (fumeurs, non-fumeurs, etc.)
- La superficie (plancher et enveloppe)
- Le niveau (effet cheminée) et orientation (vents)
- L'axe des logements à des niveaux différents

Ces paramètres ont pour but d'établir une relation entre les concentrations de polluants et

les mouvements de l'air dans le bâtiment. Donc, la possibilité de mesurer l'influence que peut avoir l'effet de cheminée entre un logement à l'étage inférieur et un logement semblable situé à l'étage supérieur (même axe et même façade). De cette façon, si il y a une source de contaminant au premier étage, les gens risquent de ne pas la percevoir s'il y a beaucoup d'infiltration. Par contre, au troisième étage il arrive qu'il n'y ait que de l'exfiltration (infiltration de l'air contaminé du premier). Donc, le mouvement d'air naturel a pour effet de permettre l'accumulation de polluants dans certaines zones du bâtiment.

Lorsque possible, deux logements similaires, de cotés opposés, sur le même étage ont été choisis afin d'évaluer l'effet du vent. Les sondes de qualité de l'air ont été placées dans le salon, une pièce où les occupants passent une grande partie de leur temps.

Le nombre de logements choisis pour l'échantillonnage variait d'après un barème basé sur le nombre de logements par étage par bâtiment :

Échantillons par étage	Logements par étage
2	3 à 6
3	7 à 10
4	+ 10

Lorsque l'on remplissait le questionnaire aux occupants, nous demandions à ces derniers s'ils étaient intéressés à ce que leur logement soit choisi pour l'échantillonnage des polluants. Dans l'affirmative, la procédure précédemment énoncée s'appliquait à ces derniers. Les paramètres mesurés étaient :

- Humidité relative (HR) et température
- Anhydride carbonique (CO₂)
- Formaldéhyde (HCHO)
- Composés organiques volatils totaux (COVT)

6.1.3 Humidité relative et température

L'humidité relative et la température ont été mesurées par un enregistreur de condition de l'air, soit le modèle SR-002 de la série Smart reader fabriqué par ACR Systems inc. L'enregistreur compact a une sonde de température interne (+/- 0,2°C de 0 à 70°C) et une sonde externe d'humidité relative qui est un mince film de polymère à effet capacitif (+/- 4% de 10 à 90% HR @ 25°C). Des relevés ont été enregistrés en continu aux 2 minutes pendant 7 jours.

6.1.4 Anhydride carbonique

La sonde de CO₂ de la série PL, modèle PL-CO₂ de *Progeco tech* a été utilisée pour mesurer et enregistrer les concentrations de CO₂ dans les logements. La période d'échantillonnage est de 7 jours avec des relevés en continu aux 2 minutes. Le PL-CO₂ utilise une cellule optique de diffusion de gaz par infrarouge. La résolution de l'appareil est de 1 ppm et il est précis à +/- 10% de la lecture.

De plus, lorsqu'une sonde de CO₂ est installée dans un logement, une mesure ponctuelle est prise près de la sonde avec l'analyseur de gaz à infrarouge. L'objectif de cette mesure est de vérifier la calibration de la sonde en continu lors de l'installation. Le modèle PM-2 de la firme ADC a été utilisé pour ces mesures ponctuelles et il a une précision de +/- 2% de la plage de l'échelle de lecture. Les lectures extérieures ont également été prises avec le PM-2.

6.1.5 Formaldéhyde

Des dosimètres passifs (modèle PF-1) furent employés pour évaluer les concentrations de formaldéhyde dans les bâtiments. Par diffusion passive dans la sonde, le formaldéhyde se fixe au filtre imprégné de bisulfure de sodium. Après la période d'échantillonnage qui est de 5 à 7 jours, les échantillons sont analysés par colorimétrie en laboratoire par

ORTECH Corporation de Mississauga.

6.1.6 Composés organiques volatils totaux

Comme pour le formaldéhyde, les concentrations de COVT sont mesurées par des dosimètres passifs (modèle 3 500 fabriqué par 3M) et analysées en laboratoire par ORTECH. Les molécules de COV se fixent sur le film de charbon actif des sondes lorsque les COV entrent dans la sonde par diffusion. Le temps d'échantillonnage pour ces dosimètres est de 7 jours.

6.2 Niveaux acceptables des composantes de la qualité de l'air intérieur

6.2.1 Humidité relative et température

Les valeurs recommandées par les «Directives d'exposition»⁽²⁾ sont de **30% à 80% d'humidité relative en été** et de **30% à 55% en période d'hiver**. Les valeurs en hiver sont applicables dans la mesure où la condensation dans les fenêtres est évitée. Également, il ne faut pas oublier que l'humidité relative est fonction de la température. Ces paramètres affectent le confort des occupants, mais chaque individu les perçoit à des niveaux différents. De plus, le document fédéral mentionne que **des taux entre 20% et 60% HR sont jugés acceptables**⁽²⁾ pour des températures entre 20 et 25°C.

Dans les résidences, la température à maintenir n'est pas sujette à des recommandations comme le sont d'autres paramètres. Par contre, des relevés de températures doivent être faits simultanément aux relevés d'humidité relative pour valider ces derniers selon l'énoncé du paragraphe précédent.

6.2.2 Anhydride carbonique (CO₂)

La concentration acceptable pour une exposition à long terme est de **3 500 ppm⁽²⁾**. Cette valeur s'appuie sur le fait que des concentrations sous les 3 500 ppm n'affectent pas le taux d'acidité dans le sang. Dans les résidences, le CO₂ est produit par la respiration humaine ou par des appareils à combustion. Il engendre des maux de tête, de la fatigue et des étourdissements à des concentrations pouvant être inférieures à la norme canadienne. De son côté, la norme 62-1989 de ASHRAE⁽⁴⁾ recommande une concentration maximale de CO₂ de **1 000 ppm**, taux auquel certaines odeurs commencent à être perceptibles. Sans en faire une recommandation absolue, l'ASHRAE mentionne que le taux de CO₂ peut être utilisé comme un indice d'une bonne ventilation.

6.2.3 Formaldéhyde (HCHO)

Dans les bâtiments, les sources de formaldéhyde sont habituellement les composantes fabriquées avec de la résine à base de formaldéhyde (tapis, contre-plaqués, meubles et autres). La norme d'exposition canadienne prévoit une concentration de **0,10 ppm** diminuant, éventuellement à 0,05 ppm dans un avenir plus ou moins rapproché. Cette diminution du seuil limite de la norme vise à réduire l'effet cancérigène que peut avoir le formaldéhyde.

6.2.4 Composés organiques volatils totaux (COVT)

Actuellement, il n'existe pas de norme canadienne pour ces composés, ce qui occasionne de nombreuses discussions sur la façon dont les concentrations doivent être traitées. Nos recherches nous indiquent que l'on peut privilégier deux approches pour évaluer les COVT. La première évalue chaque composé sur une base individuelle (COV) et la deuxième évalue la concentration limite pour l'ensemble des composés (COVT).

Puisqu'il n'existe pas de norme de référence, nous proposons pour ce projet, que la valeur

de comparaison soit la concentration limite (de COVT) proposée par Molhave⁽⁵⁾. Molhave propose un niveau de confort à **< 0,20 mg/m³ pour les COVT**. Il mentionne également que les concentrations entre 0,20 et 3 mg/m³ peuvent entraîner de l'inconfort et des irritations lorsque d'autres paramètres sont combinés avec les COVT. La zone d'inconfort se situe à des valeurs entre 3 et 25 mg/m³ et au-dessus de 25 mg/m³ il s'agit de la zone toxique.

6.3 Valeurs de référence

Afin de bien situer cette catégorie de bâtiment par rapport aux résidences unifamiliales et aux tours d'habitation, nous vous proposons de mettre en parallèle notre projet avec les résultats des études qui ont été menées dans des résidences et des tours d'habitation de cinq régions canadiennes⁽⁷⁾ et l'étude de qualité d'air dans trente résidences québécoises⁽⁸⁾. Les résultats des études antérieures sont illustrés au tableau 6.2.

Tableau 6.2 : Résultats sommaires d'études antérieures

Études	HR (%)	CO ₂ (ppm)	HCHO (ppm)	COVT (mg/m ³)
Résidences ⁽⁸⁾	---	929*	0,048	0,63
Tours ⁽⁷⁾	29,5	670**	0,03	---

* Dans certaines résidences les valeurs moyennes excédaient 1 300 ppm

** Il s'agit de lectures ponctuelles

Finalement, afin de comparer les bâtiments entre eux, question de savoir dans quel bâtiment trouve-t-on la meilleure qualité de l'air et où est la pire, ces derniers ont été classés d'après une échelle de 1 à 10 (1 étant la meilleure qualité d'air et 10 la pire). Pour arriver à cette fin, le classement global du bâtiment a été calculé en considérant que chaque polluant avait le même impact sur la qualité de l'air. Donc, le bâtiment qui a enregistré le plus de meilleures positions par polluant a obtenu la première place.

6.4 Résultats

Cette section contient les résultats des questionnaires et les résultats de l'étude de qualité de l'air qui s'est déroulé du 13 février au 18 avril 1995 pour l'ensemble des bâtiments. Cette section se divise en deux volets. Le premier présente les résultats sommaires des questionnaires aux occupants de chaque bâtiment.

Par la suite, le deuxième volet traite de la qualité de l'air de chaque bâtiment. À la fin des sections qui traitent des bâtiments, on y trouvera une sous-section présentant les conclusions de chacun. Finalement, une conclusion générale des dix bâtiments viendra conclure ce chapitre en élaborant les principales tendances de l'étude.

Volet 1 : Questionnaires

Le tableau 6.3 résume les profils des occupants des dix bâtiments de l'étude. Les taux élevés de participation permettent de dégager des tendances qui nous amènent à conclure que les résultats de l'enquête sont représentatifs pour l'ensemble des bâtiments.

Tableau 6.3 : Résultats sommaires des questionnaires aux occupants

Questions et profil des occupants	Bâtiments									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Taux de participation (%)	71	92	75	85	88	77	82	78	90	86
Nombre de logements	24	12	12	20	16	43	27	9	10	57
Nombre de personnes										
adultes :	28	19	13	21	21	57	23	9	12	63
enfants :	2	23	2	0	17	21	0	0	13	0
Total :	30	42	15	21	38	78	23	9	25	63
Pourcentage de logements avec fumeurs (%)	75	92	56	47	71	61	27	57	67	12
Taux d'occupation										
Jour (%) :	82	52	82	100	55	65	78	100	40	100
Soir (%) :	100	100	100	100	92	100	100	100	100	98
Pourcentage des occupants qui ouvrent les fenêtres										
Été-jour (%) :	100	100	100	100	100	94	96	71	100	94
Été-soir (%) :	100	82	100	88	100	91	73	71	100	96
Hiver-jour (%) :	59	73	56	77	57	55	68	43	67	96
Hiver-soir (%) :	41	27	22	47	14	9	41	0	0	8
Pourcentage de rénovation (%)	71	73	89	59	57	67	46	29	56	20
Nombre de logements avec :										
Tapis	9	1	4	1	1	2	-	-	-	3
Peinture	7	9	8	10	7	22	10	2	5	8
Autres	1	5	-	-	1	4	-	-	-	1
Pourcentage de logements avec meubles neufs (%) :	29	67	67	41	36	21	32	0	56	33
Pourcentage de logements avec présence d'odeurs constantes (%) :	24	0	0	0	36	12	9	0	0	8
Pourcentage de logements avec présence de moisissure (%) :	12	17	22	0	21	15	5	0	11	0
Pourcentage de logements avec des courants d'air (%) :	35	50	44	12	57	52	18	57	44	12
Utilisation de colles/vernifs/... (%)	76	100	89	82	93	91	73	86	100	60
Appréciation de la température										
Convenable (%) :	76	73	78	71	79	46	86	86	78	92
Trop élevée (%) :	-	-	-	-	7	15	-	-	-	-
Trop basse (%) :	6	-	-	-	7	3	-	-	-	-
Parfois trop chaud (%) :	18	18	22	29	7	33	14	14	11	6
Parfois trop froid (%) :	-	9	-	-	-	3	-	-	-	2
Pas d'opinion (%) :	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-
Appréciation de la qualité de l'air										
Correcte (%) :	53	55	45	71	50	39	50	29	33	67
Courant d'air (%) :	6	-	-	-	-	-	-	-	-	4
Stagnant (%) :	-	-	-	6	14	3	-	-	11	-
Renfermé (%) :	12	-	-	6	-	3	14	-	-	2
Pollué (%) :	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Sec (%) :	29	36	44	17	36	55	27	71	56	23
Humide (%) :	-	9	11	-	-	-	9	-	-	2

6.0 QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR

Questions et profil des occupants	Bâtiments									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pourcentage de logements avec la présence d'odeurs qui dérangent (occasionnelles) (%)	17	18	11	0	29	12	14	29	0	16
Antécédents d'allergies (%)	36	18	33	12	21	52	27	57	33	49
Pourcentage d'occupants qui relie des symptômes au bâtiment (%)	71	91	56	18	21	39	9	29	44	20
De ce pourcentage, nombre de personnes ayant :										
Irritations de la peau	2	2	-	-	-	2	-	-	3	3
Problèmes gastriques	3	1	-	1	-	2	-	-	-	1
Démang. oculaires	3	2	1	1	-	5	-	-	-	1
Prob. thoraciques	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Étourdissements	4	1	-	1	-	3	1	-	2	1
Maux de gorge	3	-	1	-	-	5	1	1	-	2
Prob. Nasal	8	6	5	2	2	10	-	1	2	3
Maux de tête:	4	3	-	1	-	5	1	-	-	1
Vertiges	3	-	-	1	-	1	-	-	-	2
Yeux secs	3	2	1	1	-	5	-	-	-	6
Asthme	-	7	-	-	1	3	-	-	1	2
Fatigue	4	4	1	1	1	5	-	-	1	2
Vue brouillée	5	1	-	-	1	3	-	-	-	3
Larmolements	3	-	-	-	-	2	-	-	-	-
Nausées	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-
Toux	1	-	1	-	-	3	1	-	-	3
Journées des symptômes										
Semaine (%) :	-	-	-	-	-	-	50	-	25	-
Fin de semaine (%) :	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
Tout le temps (%) :	75	90	-	100	100	100	50	50	25	90
Indécis (%) :	25	10	100	-	-	-	-	50	50	-
Moment de la journée										
Matin (%) :	28	40	60	67	67	46	-	-	25	10
Après-midi (%) :	17	-	-	-	-	-	50	50	-	10
Soir (%) :	-	20	-	33	-	39	50	-	25	40
Nuit (%) :	8	10	40	-	-	15	-	-	-	30
Tout le temps (%) :	33	50	20	33	33	31	-	-	-	50
Indécis (%) :	17	10	-	-	-	-	-	50	50	10

Note :

- Les pourcentages sont établis à partir du nombre de répondants et non d'après le nombre de logements par bâtiment.
- Le symbole «-» indique (0), il a été utilisé afin de faciliter la lecture du tableau.

Volet 2 : Relevés des paramètres et analyse

Ce volet présente les résultats des lectures sur le terrain. De plus, les résultats ont été mis en parallèle avec ceux du volet 1 afin de faire la lumière sur les résultats qui ont excédés les balises recommandées par les différents codes et règlements.

6.4.1 Bâtiment No 1

Année de construction :	1984
Nombre d'étages :	3
Nombre d'appartements :	24
Nombre d'occupants déclarés :	30
Nombre d'occupants ASHRAE ⁽⁶⁾ :	54
Période d'échantillonnage :	13 au 20 février 1995

À la suite de l'inspection des appartements du «Bâtiment 1», les résultats du questionnaire d'inspection de l'analyste n'indique pas qu'il pourrait y avoir des problèmes de qualité de l'air dans les logements.

Cependant, suite à l'analyse des réponses obtenues (questionnaires aux occupants), les symptômes identifiés par les gens semblaient être les symptômes que l'on pouvait principalement relier à la présence de COVT et à un faible taux d'humidité. Douze répondants associent des symptômes au bâtiment et neuf d'entre-eux ont installé de nouveaux tapis ou ont peinturé. Les travaux effectués semblent à l'origine de ces symptômes et les résultats de l'échantillonnage devaient nous éclairer davantage à déterminer si les commentaires reliés aux symptômes étaient justifiés. D'après le tableau 6.3, les symptômes diminuent au cours de la journée. L'activité, le mouvement de l'air et l'ouverture des fenêtres ont pour effet de diminuer la perception des symptômes.

Le tableau 6.1.1 présente les résultats des mesures de polluants. Étant donné que les lectures de température, d'humidité et de CO₂ furent prises en continu, nous présentons les statistiques (moyenne, minimum et maximum) des lectures enregistrées durant les 7 jours de l'étude. Les appartements 104, 106, 108, 204, 205, 206, 302, 307 et 308 ont été choisis pour l'étude de qualité de l'air et le tableau 6.1.2 présente les caractéristiques de ces appartements.

Tableau 6.1.1 : Résultats de la qualité de l'air du Bâtiment 1

No Appartement	HR et Temp.			CO ₂ (ppm)	HCHO (ppm)	COVT (mg/m ³)
	(%)		(°C)			
104	10 39 28	Min Max Moy	19,5 24,8 23,2	Min 392 Max 1 469 Moy 851	0,04	0,46
106	12 36 23	Min Max Moy	16,8 24,4 22,2	Min 392 Max 1 351 Moy 792	<0,01	0,24
108	9 30 16	Min Max Moy	18,8 23,4 22,0	Min 352 Max 842 Moy 561	0,01	0,09
204	15 49 26	Min Max Moy	17,3 24,4 21,3	(1)	<0,01	9,60
205	17 47 27	Min Max Moy	19,3 26,3 23,2	(1)	0,02	0,91
206	15 38 24	Min Max Moy	18,4 25,5 23,6	(1)	<0,01	0,16
302	15 37 27	Min Max Moy	20,9 25,5 22,7	(1)	<0,01	0,46
307	16 58 26	Min Max Moy	19,5 24,1 21,7	(1)	0,03	0,42
308	16 31 22	Min Max Moy	20,8 26,2 24,7	Min 411 Max 1 410 Moy 690	0,01	0,09
Extérieur	48 100 68	Min Max Moy	-14 5 -5	(2)	<0,01	0,05
Recommandations	de 30% à 55%			< 1 000	< 0,10	< 0,20

(1) Aucune lecture de CO₂ n'était prévue dans ces appartements

(2) Lecture non disponible

Note : La zone ombragée indique que la valeur obtenue excède la recommandation

6.4.1.1 Humidité relative et température

Le tableau 6.1.1 démontre que l'humidité relative minimum dans les logements sélectionnés varie entre 9% et 17 % et le maximum entre 30% et 58%. Pour ce qui est des valeurs moyennes pour la période d'échantillonnage, elles se situent entre 16% et 28% et la température moyenne des logements était de 23°C.

Parmi les logements sélectionnés, cinq personnes dans le questionnaire ont indiqué que l'air était sec. Donc, si l'on augmente le taux d'humidité dans le bâtiment, les 29% de gens qui perçoivent l'air ambiant comme sec risquent d'être satisfaits. Si c'est le cas, 82% des gens diront que la qualité de l'air est convenable. De plus, 8 personnes ont indiqué avoir des problèmes respiratoires (air sec) lorsque nous leur avons demandé d'associer des symptômes au bâtiment. Ces plaintes sont justifiables, car toutes les moyennes sont sous la recommandation minimale. Par contre, les moyennes se situent à l'intérieur des limites acceptables par Santé et Bien-être social Canada (20 à 60%), à l'exception du logement 108 qui enregistre 16% d'HR. Cette valeur peut être justifiée par une ouverture plus fréquente des fenêtres ou un taux d'infiltration plus élevé, mais la température maintenue dans ce logement (22°C) et les factures d'énergie (factures comparables à la moyenne) ne nous permettent pas de confirmer cette affirmation.

6.4.1.2 Anhydride carbonique

Les concentrations minimum de CO₂ pour les 4 logements choisis varient entre 352 et 411 ppm. Les concentrations maximales fluctuent entre 842 et 1 469 ppm et aucune concentration moyenne n'excède la norme de 1 000 ppm d'ASHRAE. Les valeurs maximales au-dessus de la norme d'ASHRAE n'étaient que de courte durée, donc elles ont été causées par la respiration des gens pouvant se situer près des sondes ou par une augmentation de l'occupation pour une brève période.

Dans 2 logements sur 4 les gens ont ouvert les fenêtres. Les courbes de mesure du CO₂ de ces logements montrent des baisses subites des niveaux de CO₂ simultanément à celles de l'humidité. Cette vérification nous permet d'affirmer avec plus de certitude que

les gens ouvrent les fenêtres.

Lorsque l'on compare les concentrations des logements 108 et 308, situés l'un au dessus de l'autre, le logement 308 enregistre une moyenne de 690 ppm comparativement à 561 ppm pour son homologue du premier étage. Selon les questionnaires, les deux appartements logent chacun 1 personne. Nous avons donc un indice qui nous indique que l'infiltration est prédominante au premier étage (mouvement de l'air vers le haut). Après vérification, nous avons découvert que la dame de l'appartement 308 avait la garde de ses petits enfants lors de la période d'échantillonnage. Donc, l'hypothèse de l'effet de cheminée, entre deux appartements dans un même axe et à des niveaux différents n'a pu être confirmée. Le mouvement d'air que nous avons anticipé n'est donc pas vérifiable dans ce cas ci.

6.4.1.3 Formaldéhyde

La norme fédérale recommande moins de 0,1 ppm et sur les 9 logements étudiés, il n'y en a aucun qui excède cette recommandation. Si l'on se réfère aux questionnaires on peut observer qu'il y a eu des rénovations, achat de meubles ou utilisation de produits pouvant contenir du formaldéhyde dans les appartements où les concentrations sont les plus élevées. Cependant, les rénovations et produits ne semblaient pas être des sources importantes d'émanations risquant de faire passer les taux de formaldéhyde au-dessus de la norme.

6.4.1.4 Composés organiques volatils totaux

Les concentrations fluctuent entre 0,09 et 9,60 mg/m³ (logement 204). En considérant la recommandation de confort de Molhave (0,20 mg/m³), 6 logements ont des concentrations dépassant cette valeur.

La concentration élevée du logement 204 est difficilement explicable, car nous n'avons pas d'indice qui différencie ce logement d'un autre. Le questionnaire aux occupants et celui d'inspection de l'analyste ne peuvent identifier l'origine du problème. Une surexposition

pendant une courte période (ex.: fumée de cigarette dirigée directement dans la sonde) durant la période d'échantillonnage peut en être la cause.

Pour les 5 autres logements, les rénovations, la cigarette, les pesticides et les solvants peuvent avoir contribué à faire augmenter les taux de COVT.

6.4.1.5 Débit d'air neuf par personne

Le standard ASHRAE⁽⁴⁾ recommande un taux d'alimentation d'air neuf de 0,35 CAH qui doit assurer un minimum de 7,5 L/s par personne pour les espaces résidentiels. Selon les résultats du modèle L.B.L., le bâtiment de Longueuil avait un taux de CAH naturel de 0,26, ce qui représente un total de 356,6 L/s pour le bâtiment. L'apport d'air neuf par infiltration correspond à 11,9 L/s par personne déclarée. Par contre, nous obtenons un taux de 6,6 L/s par personne pour le nombre théorique d'occupants selon ASHRAE (2 personnes pour la première chambre et 1 personne par chambre additionnelle).

Si on prend le débit total obtenu par rapport au minimum requis de 7,5 L/s, il y a suffisamment d'air neuf pour 47 personnes. Pour le bâtiment, l'apport d'air neuf par personne calculé à la suite du test d'infiltrométrie jumelé à l'ouverture des fenêtres dans le bâtiment est suffisant pour les profils d'occupations proposés. Par contre, à l'échelle d'un appartement, il faudrait pousser l'étude davantage pour connaître le débit d'air neuf par personne par appartement.

6.4.1.6 Synthèse des résultats

Le tableau 6.1.2 fait un résumé des caractéristiques des logements, des points importants des questionnaires et de l'échantillonnage des polluants. Ce tableau révèle que les symptômes sont principalement causés par les travaux qui ont été faits et par l'utilisation de produits divers. Ces symptômes ne devraient pas être permanents car les émanations des matériaux utilisés diminueront avec le temps.

Tableau 6.1.2 : Sommaire des caractéristiques des logements étudiés

App.	Caractéristiques								
	Étage	Orient.	# pers.	Fumeur	Travail x	Meuble	Produits	Sympt.	Recom.
104	1	SE	1	x		x	x	x	h, c
106	1	NO	2	x	x	x	x	x	h, c
108	1	NO	1				x		h
204	2	SE	1		x		x	x	h, c
205	2	NO	2	x	x	x	x	x	h, c
206	2	NO	2		x		x	x	h
302	3	SE	1		x			x	h, c
307	3	NO	1	x			x	x	h, c
308	3	NO	1		x			x	h

Note : «Recom.» représente quelle lecture enregistrée excède la recommandation
h=humidité, co= CO₂, f=formaldéhyde, c=COVT

Les concentrations moyennes des paramètres pour le «Bâtiment 1» sont inférieures à celles des études dans les tours d'habitation et les résidences précédemment mentionnées. Dans ce cas, il y a seulement l'humidité relative qui peut être problématique (basse).

Le tableau 6.1.3 montre où se situe le bâtiment face à l'ensemble et selon la procédure décrite à la section 6.3. Le «Bâtiment 1» se classe au troisième rang et 71% (3^e taux le plus élevé) des gens ont associé des symptômes au bâtiment. La sensibilité des gens et leur état de santé (difficilement évaluable) peut être à l'origine de cette contradiction.

Tableau 6.1.3 : Qualité de l'air du «Bâtiment 1» et la moyenne des 10 bâtiments

Bâtiment	HR %	CO ₂ ppm	HCHO ppm	COVT mg/m ³	L/s/pers déclarée	Classement global
Moyenne	29	884	0,03	0,55	9,82	3
Bâtiment 1	24	723	0,02	0,35	11,9	
Classement	6	3	1	3	3	

Classement : 1= meilleur cote sur 10, 10= pire cote

Parallèlement aux symptômes, il est intéressant de remarquer que pour ce bâtiment, il y avait 60% des occupants qui ouvraient les fenêtres le jour en hiver. Afin de vérifier si il y a une relation avec l'ouverture des fenêtres et la qualité de l'air, nous observerons ce phénomène pour les bâtiments de première et dixième place.

6.4.1.7 Conclusion et recommandations

À la suite des résultats obtenus lors de l'étude :

- Nous pouvons dire que la qualité de l'air intérieur du «Bâtiment 1» est bonne car les symptômes déclarés sont attribuables aux récents travaux de rénovation et aux divers produits. Nous tirons cette conclusion du fait que les causes des symptômes sont connues et que ces derniers devraient diminuer avec le temps. De plus, les résultats sont comparables à d'autres études du genre.
- Bien que 71% des gens reliaient des symptômes au bâtiment, le bâtiment se classe au troisième rang sur 10 pour la qualité de l'air (selon la comparaison simple des paramètres applicable à cette étude).
- L'humidité relative dans les logements est inférieure aux valeurs recommandées et 8 personnes semblent être incommodées. Étant donné que l'humidité relative ne peut être contrôlée par un système central, un humidificateur portatif devrait régler cette lacune. La réduction des températures et la diminution de l'ouverture des fenêtres des logements devraient contribuer à augmenter légèrement le taux d'humidité relative.
- Les rénovations, les meubles neufs, les pesticides et solvants ont contribué à enregistrer des concentrations de COVT dépassant la valeur recommandée. Le temps aura pour effet de réduire celles-ci. Les concentrations de COVT ne sont pas inquiétantes, mais les valeurs se situent dans la zone pouvant causer de l'inconfort. Donc, les personnes les plus sensibles pourrait en être affectées.

- Afin de s'assurer que la concentration obtenue pour le logement 204 est exacte une autre lecture devrait être effectuée. Si cette seconde lecture est élevée, une étude plus approfondie des composés organiques volatils est souhaitable. Une étude sur une base individuelle permettant d'identifier les concentrations de COV les plus nocives serait appropriée.

- Les résultats contradictoires obtenus en fonction de la direction et du niveau des logements ne permettent pas d'établir une relation évidente entre les concentrations des polluants et le mouvement de l'air à l'intérieur du bâtiment.

- Finalement, lorsque des travaux de rénovation sont envisagés, il serait préférable de les faire au cours d'une période de l'année durant laquelle les gens peuvent ouvrir leurs fenêtres, pour contrer les émanations de gaz des divers matériaux.

6.4.2 Bâtiment No 2

Année de construction :	1974
Nombre d'étages :	3
Nombre d'appartements :	12
Nombre d'occupants déclarés :	42
Nombre d'occupants ASHRAE ⁽⁶⁾ :	48
Période d'échantillonnage :	21 février au 1 mars 1995

Lors de l'inspection des appartements du «Bâtiment 2», la principale observation de l'analyste était la présence de taches d'humidité et de moisissure sur les murs et plafonds dans 64% des logements. Principalement observées dans les salles de bains, ces taches incluaient également des cernes grisâtres indiquant la présence antérieure de moisissures.

L'analyste avait remarqué des taches d'humidité ou de moisissure dans 7 logements. Par contre, les questionnaires indiquaient que seulement 2 occupants ont mentionné la présence de telles taches. Plusieurs explications peuvent justifier ce fait, soit que les gens ne les ont jamais remarquées, qu'ils considèrent que de telles taches sont normales dans les salles de bains ou qu'ils n'associent pas la moisissure avec la qualité de l'air.

Sur les 11 personnes interrogées, une seule n'a pas associée de symptômes au bâtiment. De plus, les gens indiquaient à 50% que les symptômes apparaissaient à tout moment de la journée et 90% mentionnaient que les symptômes reviennent jour après jour. Les symptômes majoritairement identifiés par les occupants sont reliés à des taux de CO₂ ou de COVT élevés et à un faible taux d'humidité, même si des signes indiquant le contraire ont été identifiés (taches d'humidité et moisissure).

Le tableau 6.2.1 présente les résultats des mesures simples. Les appartements 102, 103, 201, 202, 302 et 303 ont été choisis pour l'étude de qualité de l'air.

Tableau 6.2.1 : Résultats de la qualité de l'air du Bâtiment 2

No Appartement	HR et Temp.			CO ₂ (ppm)	HCHO (ppm)	COVT (mg/m ³)
	(%)	(°C)				
102	14 42 23	Min Max Moy	(2)	Min 353 Max 2 154 Moy 799	<0,01	0,39
103	13 40 22	Min Max Moy	(2)	Min 529 Max 1 351 Moy 850	<0,01	0,25
201	18 48 32	Min Max Moy	20,3 24,4 22,3	(1)	0,01	0,63
202	22 44 30	Min Max Moy	21,9 25,6 24	(1)	0,02	1,70
302	22 57 36	Min Max Moy	21,7 27,8 24,6	(1)	0,03	1,40
303	20 56 32	Min Max Moy	19,9 24,8 22,5	Min 353 Max 2 056 Moy 946	0,02	0,74
Extérieur	34 100 71	Min Max Moy	-24 2 -9	(3)	<0,01	0,02
Recommandations	de 30% à 55%			< 1 000	< 0,10	< 0,20

(1) Aucune lecture de CO₂ n'était prévue dans ces appartements

(2) Aucune lecture n'a été enregistrée en raison d'une défectuosité de l'équipement et l'enregistreur n'a pas corrigé les taux d'humidité en fonction de la température

(3) Lecture non disponible

Note : La zone ombragée indique la valeur obtenue excède la recommandation

6.4.2.1 Humidité relative et température

Le tableau 6.2.1 démontre que l'humidité relative minimum dans les logements sélectionnés variaient entre 13% et 22% et le maximum entre 40% et 57%. Pour ce qui est des valeurs moyennes pour la période d'échantillonnage, elles se situaient entre 22% et 36%. La température moyenne dans les logements lors de l'étude était de 23,3°C. L'échantillonnage a été fait durant une période qui ne permet pas d'obtenir des taux d'humidité élevés. Il est donc certains que les traces grisâtres sont relatives à une période

antérieure.

Quatre personnes se sont plaintes que l'air était sec, dont deux au premier étage et une personne a mentionné que l'air de son logement était humide (3^e étage). Les résultats semblent confirmés les plaintes des occupants. Les logements du premier étage avaient des taux d'humidité au-dessous de la recommandation de 30%. De plus, le taux moyen de cette étage est le plus bas des trois étages (22,5%). Le deuxième étage avait un taux moyen de 31% et le troisième enregistrait 34%. Lorsque l'on compare les valeurs obtenues du côté ouest (vents dominants) et celle du côté est, les taux du côté des vents dominants sont plus bas. À la lumière de ces observations, l'effet de tirage et les vents dominants ont un impact sur le déplacement de l'air dans le bâtiment.

6.4.2.2 Anhydride carbonique

Aucune concentration moyenne n'excède la norme de 1 000 ppm, elles variaient entre 799 et 946 ppm (tableau 6.2.1). Les concentrations maximales fluctuaient entre 1 351 et 2 154 ppm. Les limites inférieures oscillaient entre 353 et 529 ppm.

Les courbes de CO₂ démontraient que les maximums ont été obtenus lorsque les gens étaient près des sondes (augmentation très rapide) et en période d'occupation maximale. En période d'occupation maximale il est possible de voir (selon les courbes des enregistreurs) que les gens ouvraient les fenêtres. Les concentrations élevées (occasionnelles) peuvent être à l'origine des symptômes énoncés par les occupants (fatigue, maux de tête). De plus, il ne faut pas oublier qu'il y a beaucoup d'occupants qui fument dans ce bâtiment.

Les logements 103 et 303 avaient les mêmes caractéristiques et ils nous permettaient, en utilisant les résultats d'anhydride carbonique, d'observer le mouvement de l'air entre les étages. La concentration de CO₂ du logement 303 était de 147 ppm plus élevée que celle du 103. Après l'humidité relative, le CO₂ démontrait que l'air se déplaçait vers le haut et

que l'étage supérieur risque d'être pollué par les étages inférieurs. Mais, il aurait été souhaitable d'avoir les niveaux de CO₂ pour tous les logements afin d'éviter les coïncidences. Dans le même ordre d'idée, il n'a pas été possible de mesurer l'impact des vents dominants sur des logements d'un même étage et de côtés opposés.

6.4.2.3 Formaldéhyde

La concentration maximale de formaldéhyde est de 0,03 ppm, ce qui correspond au tiers de la norme fédérale. Donc pour ce bâtiment, le formaldéhyde n'est pas problématique. Comme pour les deux paramètres précédents, les concentrations du troisième étage sont les plus élevées. De plus, les vent dominants semblent avoir des conséquences sur le déplacement de l'air car les logements du côté ouest ont des concentrations inférieures à celles du côté est.

6.4.2.4 Composés organiques volatils totaux

Les concentrations fluctuent entre 0,25 et 1,70 mg/m³. Les valeurs moyennes excédaient la recommandation de confort de Molhave dans tous les cas. Les concentrations obtenues se situaient dans la plage de valeurs à lesquelles les symptômes d'irritation et d'inconfort peuvent survenir.

Les travaux de rénovation et la fumée de cigarette ont sans doute contribué à augmenter les niveaux de COVT. Les rénovations au deuxième et au troisième étages (tuiles, tapis et peinture) étaient de plus grande envergure que celles du premier (peinture seulement), donc il n'a pas été possible d'évaluer le mouvement de l'air entre les étages. Par contre, on remarque que les valeurs les plus élevées ont été obtenues dans les appartements avec les travaux importants.

6.4.2.5 Débit d'air neuf par personne

Les résultats des essais d'infiltrométrie et le modèle L.B.L. révèlent un taux de CAH naturel de 0,22, soit un total de 236,8 L/s pour le «Bâtiment 2». Donc, il y a un débit d'air neuf de 5,6 L/s par personne déclarée et un taux de 5,0 L/s par occupant selon ASHRAE. Avec un minimum de 7,5 L/s, le taux d'occupation maximale devrait être de 32 personnes.

Les débits d'air neuf par personne sont insuffisants pour le taux d'occupation du bâtiment. Les résultats des mesures de CO₂ convergeaient vers cet énoncé car les valeurs moyennes si situaient près de la limite acceptable. Le pourcentage élevé des occupants qui fument affecte également l'efficacité de la ventilation naturelle insuffisante. La conséquence du manque d'air neuf poussent les gens à ouvrir les fenêtres lorsqu'ils en ressentent le besoin (maux de tête, fatigue, etc.).

6.4.2.6 Synthèse des résultats

En guise de récapitulation avant la section «Conclusion et recommandations», le tableau 6.2.2 fait le point sur les logements étudiés ainsi que sur les paramètres qui ont excédé les recommandations. Les lectures indiquaient que les COVT se situaient dans la zone de perception d'inconfort. Molhave mentionne que le risque d'inconfort est perceptible lorsque les COVT sont combinées avec d'autres polluants. Dans le cas présent, le CO₂ qui est relativement élevé pourrait provoquer cet inconfort.

Les valeurs obtenues sont comparables à celles des études mentionnées dans la section 6.3. Il y a seulement la concentration de COVT qui excède la moyenne obtenue dans les résidences⁽⁸⁾. D'après le tableau 6.2.3, ce bâtiment se classe au neuvième rang sur l'échelle de 10. Donc, le nombre de 91% associant des symptômes au bâtiment est justifié. De plus, 73% des occupants ouvrent les fenêtres les jours d'hiver.

Tableau 6.2.2 : Sommaire des caractéristiques des logements étudiés

App.	Caractéristiques								
	Étage	Orient.	# pers.	Fumeur	Travaux	Meuble	Produits	Sympt.	Recom.
102	1	E	3	x	x	x			h, c
103	1	O	4	x	x	x	x	x	h, c
201	2	O	3			x	x	x	c
202	2	E	4	x	x		x	x	c
302	3	E	4	x	x	x	x	x	c
303	3	O	4	x	x	x	x		c

Note : «Recom.» représente quelle lecture enregistrée excède la recommandation
h=humidité, co= CO₂, f=formaldéhyde, c=COVT

Tableau 6.2.3 : Qualité de l'air du Bâtiment 2 et la moyenne des 10 bâtiments

Bâtiment	HR %	CO ₂ ppm	HCHO ppm	COVT mg/m ³	L/s/pers déclarée	Classement global
Moyenne	29	884	0,03	0,55	9,82	9
Bâtiment 2	29	865	0,02	0,85	5,6	
Classement	5	5	1	9	9	

Classement : 1= meilleur cote sur 10, 10= pire cote

6.4.2.7 Conclusion et recommandations

D'après les résultats de la qualité de l'air dans le bâtiment, nous émettons les commentaires suivants :

- Les questionnaires indiquaient que l'humidité relative, le CO₂ et les COVT étaient des paramètres susceptibles de diminuer la qualité de l'air dans ce bâtiment. Après l'échantillonnage nous avons constaté que les taux moyens d'humidité relative étaient acceptables, que les concentrations moyennes de CO₂ étaient près des 1000 ppm et que les niveaux de COVT excédaient la recommandation de confort. Pour ce qui est du formaldéhyde, les concentrations ne dépassaient pas le tiers de

la norme fédérale.

- Si l'on place en parallèle les concentrations obtenues avec les résultats d'infiltrométrie, le faible taux d'air neuf par infiltration est l'une des cause des concentrations de CO₂ près de la norme. Dans le cas présent, il semble que les symptômes de fatigue et les maux de tête sont prédominants chez les occupants. Les symptômes d'asthme et les problèmes respiratoires pourraient être liés aux symptômes déjà mentionnés. Le faible taux d'air neuf combiné à la forte concentration de fumeurs dans ce bâtiment contribuent également à l'apparition des symptômes.
- La qualité de l'air est déficiente (symptômes). Une conscientisation des fumeurs face à cette situation et une augmentation du débit d'air neuf (évacuation constante) est souhaitable et diminuera les polluants.
- Les résultats d'humidité relative se situaient dans la plage des recommandations fédérales. Les valeurs obtenues pour la période d'échantillonnage (février) indiquent que les taches d'humidité et de moisissure ne sont pas récentes.
- Les rénovations et la cigarette ont contribué à enregistrer des concentrations de COVT dépassant la valeur de confort de 0,20 mg/m³. Les concentrations de COVT combinées au CO₂ élevé augmentent les risques d'irritations et d'inconfort pour les occupants. Le temps aura pour effet de réduire ces concentrations de COVT provenant des matériaux.
- Finalement, les résultats obtenus en fonction de la direction et du niveau des logements nous indiquent qu'il y a une relation entre la propagation des polluants, les vents dominants et l'effet de cheminée entre les étages. Les logements du premier étage et ceux situés du côté des vents dominants avaient des concentrations plus basses.

6.4.3 Bâtiment No 3

Année de construction :	1981
Nombre d'étages :	2
Nombre d'appartements :	12
Nombre d'occupants déclarés :	15
Nombre d'occupants ASHRAE ⁽⁶⁾ :	30
Période d'échantillonnage :	21 février au 1 mars 1995

À la suite de l'inspection des appartements du «Bâtiment 3», les résultats du questionnaire de l'analyste n'indiquait pas qu'il pouvait y avoir des problèmes de qualité de l'air dans les appartements. Cependant on pouvait remarqué que dans les espaces communs de l'immeuble les planchers, plafonds et moquettes étaient humides.

Des rénovations ont été faites dans près de 90% des logements et les problèmes respiratoires semblent faire l'unanimité pour les occupants qui associaient des symptômes au bâtiment. Donc, le manque d'humidité (tableau 6.3), le formaldéhyde et les COVT risquent de contribuer à l'apparition de ces problèmes. De plus, ce même tableau montre que les symptômes se manifestent davantage la nuit et le matin. Pendant ces périodes, les polluants s'accumulent dans les logements, tout spécialement en hiver, car les gens ouvrent rarement leurs fenêtres la nuit. Le tableau 6.3.1 révèle les concentrations qui ont été enregistrées entre le 21 février et le 1^{er} mars. Les appartements 3, 6, 9 et 10 ont été choisis pour l'étude de qualité de l'air.

6.4.3.1 Humidité relative et température

Deux des quatre logements respectent la norme de 30%. Le tableau 6.3.1 démontre que l'humidité relative minimum dans les logements sélectionnés varie entre 14% et 27% et le maximum entre 32% et 69%. Pour ce qui est des valeurs moyennes pour la période d'échantillonnage, elles se situent entre 22% et 34%. Les taux d'humidité les plus bas ont tous été obtenus à la fin de l'échantillonnage et à ce moment les températures extérieures

étaient froides. La température intérieure maintenue lors de l'étude était de 23,6°C.

Tableau 6.3.1 : Résultats de la qualité de l'air du «Bâtiment 3»

No Appartement	HR et Temp.			CO ₂ (ppm)	HCHO (ppm)	COVT (mg/m ³)
	(%)		(°C)			
3	15	Min	16,2	Min 509 Max 1 469 Moy 865	0,02	0,26
	32	Max	25,9			
	22	Moy	24,0			
6	17	Min	19,0	(1)	0,03	0,49
	69	Max	26,3			
	29	Moy	23,6			
9	27	Min	18,9	Min 783 Max 1 821 Moy 1 356	0,03	0,56
	50	Max	27,0			
	34	Moy	23,3			
10	14	Min	18,9	Min 724 Max 1 900 Moy 1 094	0,03	1,64
	46	Max	25,6			
	34	Moy	23,6			
Extérieur	34	Min	-23	480	<0,01	0,03
	100	Max	2			
	71	Moy	-9			
Recommandations	de 30% à 55%			< 1 000	< 0,10	0,20

(1) Aucune lecture de CO₂ n'était prévue dans cet appartement

Note : La zone ombragée indique les valeurs qui excèdent les recommandations

Avec le profil d'humidité, on peut voir qu'il y a un effet de tirage dans le bâtiment car les taux d'humidité sont plus bas au rez-de-chaussé qu'à l'étage. Par contre, lorsque l'on compare les taux d'humidité relative des logements à l'ouest avec ceux du côté est, il n'est pas possible d'évaluer si les vents dominants occasionnent un mouvement d'air entre les appartements. Le tableau 6.3.2 indique l'orientation des logements.

6.4.3.2 Anhydride carbonique

Les concentrations minimum de CO₂ pour les 4 logements choisis varient entre 509 et 783 ppm. Les concentrations maximales fluctuent entre 1 469 et 1 900 ppm. Les moyennes

de CO₂ des logements à l'étage sont supérieures à la norme de 1 000 ppm d'ASHRAE (1 094 et 1 356 ppm).

Il s'agit de concentrations élevées pour deux logements à occupation simple (déclaré). Les taux d'air neuf par personne de la section 6.4.3.5 nous permettra d'expliquer ces concentrations élevées.

6.4.3.3 Formaldéhyde

Les concentrations de formaldéhyde sont sous la norme fédérale. Trois des quatre logements ont des concentrations de 0,03 ppm et le quatrième a une concentration de 0,02 ppm. D'après ces mesures, il n'est pas possible d'établir des relations entre le formaldéhyde mesuré et les mouvements de l'air dans le bâtiment. Les valeurs enregistrées sont comparables à celles des études antérieures dans les tours d'habitation et les résidences québécoises⁽⁸⁾.

6.4.3.4 Composés organiques volatils totaux

Les concentrations fluctuent entre 0,26 et 1,64 mg/m³. Les résultats se classent dans la zone à risque⁽⁵⁾. D'après les questionnaires, les travaux de rénovations étaient de plus grande envergure au rez-de-chaussé qu'à l'étage et les concentrations de COVT sont plus importantes à l'étage. De ce fait, nous avons un indice pouvant indiquer un effet de cheminée.

6.4.3.5 Débit d'air neuf par personne

Le modèle L.B.L. permettaient d'évaluer une alimentation d'air neuf de 190,6 L/s. Par personne déclarée, on obtient un débit de 12,7 L/s selon une distribution uniforme de l'air neuf. Si l'on reporte le débit total sur le nombre d'ASHRAE (30 personnes), le débit par personne descent à 6,4 L/s.

Si chaque personne reçoit 12,7 L/s, les concentrations élevées de CO₂ sont difficilement explicables. Les concentrations de CO₂ sont plus élevées que celles du Bâtiment 2 et ce dernier avait une alimentation d'air frais par personne deux fois moindre. Cette remarque apporte deux réflexions. La première est qu'il y ait un orifice important dans l'enveloppe du bâtiment qui n'a pas été remarqué lors des essais d'infiltrométrie. La seconde serait que le nombre de personne déclarée n'est pas exact.

6.4.3.6 Synthèse des résultats

Le sommaire du tableau 6.3.2 indique que les problèmes de COVT sont principalement causés par les travaux et les divers produits. De plus, comme il a déjà été mentionné, les concentrations de CO₂ peuvent s'expliquer par un nombre plus élevé d'occupants et de fumeurs. La concentration moyenne de CO₂ était plus élevée que la moyenne des valeurs de référence^(7,8).

Tableau 6.3.2 : Sommaire des caractéristiques des logements étudiés

App.	Caractéristiques								
	Étage	Orient.	# pers.	Fumeur	Travaux	Meuble	Produits	Sympt.	Recom.
3	1	O	1		x	x	x	x	h, c
6	1	E	2	x	x	x	x		h, c
9	2	O	1		x		x	x	co, c
10	2	E	1	x	x	x	x		co, c

Note : «Recom.» représente quelle lecture enregistrée excède la recommandation
 h=humidité, co= CO₂, f=formaldéhyde, c=COVT

Finalement, le «Bâtiment 3» se classe au 7e rang sur les 10 bâtiments. Le tableau 6.3.3 montre que le niveau de CO₂ est le pire des bâtiments de l'étude. Ce tableau indique également qu'il y a une incohérence entre le CO₂ et l'air frais par personne déclarée. Dans le cas présent, les problèmes respiratoires peuvent être causés par le manque d'humidité relative dans certains logements et par la combinaison des COVT et du CO₂ pour d'autres.

Pour ce qui est du commentaire qui mentionnait que les planchers et moquettes

présentaient des taches d'humidité, les résultats d'humidité relative ne les expliquent pas. Par contre, il serait intéressant de savoir si ces signes sont présents depuis longtemps. Si oui, ils représentent des milieux idéaux pour la proliférations des moisissures et bactéries et cette situation devra être corrigée.

Tableau 6.3.3 : Qualité de l'air du «Bâtiment 3» et la moyenne des 10 bâtiments

Bâtiment	HR %	CO ₂ ppm	HCHO ppm	COVT mg/m ³	L/s/pers déclarée	Classement global
Moyenne	29	884	0,03	0,55	9,82	7
Bâtiment 3	30	1105	0,03	0,74	12,7	
Classement	4	10	2	7	2	

Classement : 1= meilleur cote sur 10, 10= pire cote

6.4.3.7 Conclusion et recommandations

À la suite des résultats de la qualité de l'air dans le bâtiment :

- Malgré un débit d'air frais de 12,7 L/s par personne déclarée (1,7 fois plus grand que recommandé), les niveaux d'anhydride carbonique sont élevés et ils contribuent à réduire la qualité de l'air du bâtiment. Le bâtiment arrive à la septième position des bâtiments de l'étude. Cependant, certains indices (concierge, comportements des occupants) nous portent à croire que l'occupation serait plus élevée, soit celle déterminer par ASHRAE (6,4 L/s) et même plus.
- Donc, avant de prétendre que la qualité de l'air du bâtiment est de moins bonne qualité que la moyenne, il serait bon d'évaluer l'occupation réelle et par la suite d'apporter des modifications s'il y a lieu. Présentement, les résultats de l'échantillonnage du CO₂ indiquent que plus d'air frais devrait être admis.

- Pour les gens ayant mentionné que l'air était sec, nous recommandons l'achat d'un humidificateur portatif, car l'humidification ne peut être faite centralement. Dans le cas inverse un déshumidificateur réduira l'humidité. Si les signes d'humidité repérés dans l'immeuble sont présents depuis longtemps, des travaux remédiant à cette situation devraient être envisagés car la présence de moisissures et de bactéries a pour conséquence de provoquer divers symptômes chez les occupants.

- Les concentrations de COVT provenant des matériaux devraient diminuer avec le temps et une bonne aération est nécessaire lorsque les gens utilisent les produits nettoyants, de colles et des vernis.

- Comme dernière observation, les relevés d'humidité relative, de CO₂ et de COVT indiquent qu'il y avait un effet de cheminée au cours de la période d'échantillonnage.

6.4.4 Bâtiment No 4

Année de construction :	1989
Nombre d'étages :	2
Nombre d'appartements :	20
Nombre d'occupants déclarés :	21
Nombre d'occupants ASHRAE ⁽⁶⁾ :	40
Période d'échantillonnage :	3 au 10 mars 1995

À la suite de l'inspection des appartements du «Bâtiment 4», les résultats du questionnaire d'inspection de l'analyste n'indiquent pas qu'il pourrait y avoir des problèmes de qualité de l'air dans le bâtiment.

Seulement 17% des gens associent des symptômes au bâtiment. De plus, les résultats du tableau 6.3 (bonne appréciation et peu de symptômes) semblent indiqués que la qualité de l'air dans ce bâtiment est relativement bonne. L'échantillonnage nous permettra d'en savoir davantage et il a été effectué dans les appartements 4, 7, 10, 12, 13 et 20. Le tableau 6.4.1 présente les résultats de l'échantillonnage et le tableau 6.4.2 indique les caractéristiques de chacun des logements choisis.

6.4.4.1 Humidité relative et température

Le tableau 6.4.1 démontre que l'humidité relative moyenne pour la période d'échantillonnage se situent entre 25% et 40%. Dans l'ensemble des logements, l'humidité variait de 12% à 54%. Sur les six logements choisis, trois d'entre eux avaient des taux d'humidité en-dessous du niveau minimal de 30% et les occupants en n'étaient pas incommodés. La température moyenne à l'intérieur des logements était de 23,3°C.

Étant donné que nous n'avons pas d'information sur la quantité d'humidité générée dans chaque logement et que les taux d'humidité des logements dans le même axe sont inverses à ceux anticipés, on ne peut conclure que l'humidité est un bon indicateur du

mouvement de l'air dans ce bâtiment. Dans le même ordre d'idée, la contradiction des données des deux étages entre logements du côté ouest et du côté est nous empêche d'établir un lien avec la direction du vent.

Tableau 6.4.1 : Résultats de la qualité de l'air du bâtiment 4

No Appartement	HR et Temp.			CO ₂ (ppm)	HCHO (ppm)	COVT (mg/m ³)
	(%)		(°C)			
4	12	Min	12,8	(1)	0,03	0,78
	53	Max	27,3			
	25	Moy	25,3			
7	14	Min	13,8	(1)	0,04	0,62
	54	Max	25,2			
	32	Moy	23,1			
10	31	Min	10,5	Min 705	0,03	1,66
	47	Max	27,3	Max 3 232		
	39	Moy	23,9	Moy 1 146		
12	24	Min	19,3	(1)	0,08	1,18
	48	Max	25,2			
	40	Moy	22,7			
13	17	Min	19,7	Min 411	0,07	1,18
	40	Max	25,6	Max 2 331		
	29	Moy	23,0	Moy 977		
20	18	Min	16,2	Min 333	0,04	0,69
	34	Max	24,8	Max 1 939		
	25	Moy	22,2	Moy 1 128		
Extérieur	64	Min	-23	(2)	<0,01	0,02
	100	Max	8			
	75	Moy	-7			
Recommandations	de 30% à 55%			< 1 000	< 0,10	< 0,20

(1) Aucune lecture de CO₂ n'était prévue dans ces appartements

(2) Lecture non disponible

6.4.4.2 Anhydride carbonique

Les concentrations minimum de CO₂ pour les 6 logements choisis varient entre 333 et 705 ppm. Les concentrations maximales fluctuent entre 1 939 et 3 232 ppm. Finalement, les

concentrations moyennes excèdent les 1 000 ppm recommandé dans 2 logements sur 3.

Les concentrations sont élevées même si plus de 47% des gens affirmait ouvrir les fenêtres en tout temps. Le débit d'air frais par personne de la section 6.4.4.5 devrait nous permettre de valider les niveaux de CO₂.

Étant donné que les concentrations de CO₂ sont presque similaires, il aurait fallu prendre d'autres mesures pour bien évaluer l'effet de cheminée dans ce bâtiment. Cette observation s'applique également à l'impact des vents dominants.

Tableau 6.4.2 : Sommaire des caractéristiques des logements étudiés

App.	Caractéristiques								
	Étage	Orient.	# pers.	Fumeur	Travaux	Meuble	Produits	Sympt.	Recom.
4	1	NO	1		x	x	x	x	h, c
7	1	SE	1			x	x		c
10	1	NO	1		x				co, c
12	2	NO	1	x		x	x		c
13	2	SE	1	x	x	x	x		h, co, c
20	2	NO	1	x	x				h, co, c

Note : «Recom.» représente quelle lecture enregistrée excède la recommandation
h=humidité, co= CO₂, f=formaldéhyde, c=COVT

6.4.4.3 Formaldéhyde

Aucun logement excède la norme fédérale de 0,1 ppm. D'après les questionnaires et outre l'effet de cheminée, il est impossible de déterminer les raisons qui justifieraient pourquoi les logements 12 et 13 ont des concentrations deux fois plus élevés que les autres. Cette différence ne peut être justifiée que par l'effet de cheminée, il y a d'autres facteurs qui interviennent. La fréquence et les quantités de produits utilisés lors des différentes activités et tâches ménagères en sont des exemples.

6.4.4.4 Composés organiques volatils totaux

Les concentrations fluctuent entre 0,62 et 1,66 mg/m³. La moyenne du bâtiment est de 1,02 mg/m³, ce qui est supérieur à la moyenne de l'étude des résidences⁽⁶⁾. Comme pour le formaldéhyde, les logements 12 et 13 ont des concentrations importantes de COVT. Avec de telles concentrations, il est possible que les gens aient des symptômes d'irritation. Selon les résultats du questionnaire, les gens ne semblent pas être affectés par de telles concentrations.

6.4.4.5 Débit d'air neuf par personne

Le débit total d'air neuf par infiltration était de 175,5 L/s, soit 8,3 L/s par personne déclarée. La norme de 7,5 L/s par personne est respectée en assumant une distribution égale dans le bâtiment. Cependant, l'apport d'air neuf par personne est réduit à 4,4 L/s lorsque l'occupation est évaluée selon ASHRAE.

Le nombre de personnes selon ASHRAE est le double du nombre déclaré. Si ce taux d'occupation correspond à la réalité, les niveaux de CO₂ élevés sont ainsi justifiés.

6.4.4.6 Synthèse des résultats

D'après le tableau 6.4.3, l'évaluation global de la qualité de l'air de ce bâtiment le place au dernier rang parmi les 10 immeubles de l'étude. Il s'agit du bâtiment avec la qualité d'air la plus faible de l'étude et seulement 18% des occupants associaient des symptômes au bâtiment. Avec ce tableau, il serait possible de conclure que les gens sont moins sensibles à l'exposition des paramètres étudiés comparativement aux occupants des autres bâtiments. Par contre, 77% des gens affirmaient ouvrir les fenêtres le jour en hiver. Ce pourcentage est le deuxième plus élevé de l'étude et cette relation classement/fenêtres semble indiquer que l'ouverture des fenêtres est relative à la qualité de l'air intérieur.

Tableau 6.4.3 : Qualité de l'air du «Bâtiment 4» et la moyenne des 10 bâtiments

Bâtiment	HR %	CO ₂ ppm	HCHO ppm	COVT mg/m ³	L/s/pers déclarée	Classement global
Moyenne	29	884	0,03	0,55	9,82	10
Bâtiment 4	32	1084	0,05	1,02	8,3	
Classement	2	9	10	10	6	

Classement : 1= meilleur cote sur 10, 10= pire cote

6.4.4.7 Conclusion et recommandations

À la suite des résultats obtenus, nous émettons les commentaires suivants :

- L'échantillonnage et les résultats du questionnaire aux occupants démontrent que l'évaluation et l'interprétation de la qualité de l'air ne vont pas nécessairement de pair. Les mesures démontrent que deux polluants sur quatre dépassent les normes, donc le risque de voir apparaître des symptômes est réel. D'un autre côté, les résidents affirment qu'ils perçoivent très peu ou pas de symptômes et que la qualité de l'air est bonne.
- Dans ce bâtiment nous avons constaté que la perception de la qualité de l'air était différente des 3 précédents. Il s'agissait en fait du premier bâtiment occupé par des personnes retraitées. Dans ce groupe d'âge les symptômes associés à la qualité de l'air étaient beaucoup moins nombreux.
- Si le nombre d'occupants déclaré est exact et que les concentrations de CO₂ sont constamment élevées, il serait intéressant de vérifier si les infiltrations d'air sont également distribuées dans les logements ou est-ce que l'infiltration est principalement dans les corridors. À long terme ces concentrations peuvent causer des étourdissements et des maux de tête chroniques. Pour l'instant, les gens ne perçoivent aucun symptôme, mais afin de les éviter il serait nécessaire d'augmenter

la quantité d'air frais (par évacuation constante).

- Même si les résidants de ce bâtiment ne semblent pas affectés par la combinaison CO₂ et COVT, il est recommandé de bien aérer les pièces dans lesquelles on utilise des colles, cires, vernis et autres produits.

- Pour ce bâtiment, il n'a pas été possible d'observer l'impact des vents dominants et de l'effet de cheminée en l'absence d'informations plus détaillées sur l'activité à l'intérieur des logements.

6.4.5 Bâtiment No 5

Année de construction :	1970
Nombre d'étages :	3
Nombre d'appartements :	16
Nombre d'occupants déclarés :	38
Nombre d'occupants ASHRAE ⁽⁶⁾ :	52
Période d'échantillonnage :	3 au 10 mars 1995

Lors de l'inspection des appartements du «Bâtiment 5», l'analyste n'a remarqué aucun facteur risquant d'affecter la qualité de l'air. Par contre, le questionnaire de l'immeuble révélait qu'il y a eu un débordement ou une inondation et qu'il y a des odeurs et signes de moisissures.

Sur l'ensemble des répondants, il y a eu qu'une personne qui a mentionné qu'elle était dérangée par des odeurs de moisi. Donc, le problème d'odeurs de moisi est davantage relié aux espaces communs pour le moment, car le questionnaire général de l'immeuble fait mention que le mouvement de l'air entre le corridor et les appartements est inversé.

Trois personnes ont associé des symptômes au bâtiment et deux d'entre elles les perçoivent habituellement le matin (problèmes respiratoires). Ce comportement est plutôt caractéristique des logements avec de faibles taux d'humidité (environnement sec, 36%). À la lumière de ces résultats, l'humidité relative semble être une des causes des symptômes des quelques plaintes reçues.

Le tableau 6.5.1 présente les résultats des paramètres étudiés. Les appartements 101, 102, 201, 204, 302 et 303 ont été sélectionnés et il est possible d'observer les caractéristiques de chaque appartement dans le tableau 6.5.2 de la section «synthèse des résultats».

Tableau 6.5.1 : Résultats de la qualité de l'air du bâtiment 5

No Appartement	HR et Temp.			CO ₂ (ppm)	HCHO (ppm)	COVT (mg/m ³)
	(%)		(°C)			
101	10 54 21	Min Max Moy	21,6 24,8 23,3	(1)	0,05	0,12
102	10 43 28	Min Max Moy	14,2 25,7 23,1	Min 470 Max 4 207 Moy 1 056	<0,01	0,27
201	11 36 21	Min Max Moy	22,2 26,6 24,7	(1)	0,02	0,31
204	13 54 25	Min Max Moy	20,2 24,1 22,2	(1)	0,02	0,38
302	8 23 15	Min Max Moy	23,1 26,6 24,8	Min 509 Max 1 567 Moy 955	0,01	0,30
303		(2)		(2)	0,02	0,98
Extérieur	64 100 75	Min Max Moy	-23 8 -7	340	<0,01	0,05
Recommandations	de 30% à 55%			< 1 000	< 0,10	< 0,20

(1) Aucune lecture de CO₂ n'était prévue dans ces appartements

(2) Une défectuosité de l'équipement a empêché de retrouver les données

Note : La zone ombragée indique que la valeur obtenue excède la recommandation

6.4.5.1 Humidité relative et température

Le tableau 6.5.1 démontre que l'humidité relative minimum dans les logements sélectionnés est relativement basse, elle varie entre 8% et 13 %. Les valeurs maximales sont de 23% à 54%. Pour ce qui est des valeurs moyennes pour la période d'échantillonnage, elles se situent entre 15% et 28%. Donc, tous les logements ont des taux moyens inférieurs à la recommandation de 30% et un logement se situe sous le niveau acceptable de 20%. Durant la prise de lectures, la température des logements était de 23,6°C.

À l'occasion, cette situation risque de provoquer de l'inconfort et elle justifie les remarques d'un environnement sec (36%). Toutefois, la personne qui occupe le logement qui a un taux de 15% d'humidité relative a affirmé ne ressentir aucun symptôme relié à l'air sec. Finalement, le profil de l'humidité relative ne nous permet pas d'établir que les vents dominants et l'élévation sont des forces directrices du mouvement de l'air à l'intérieur du bâtiment.

6.4.5.2 Anhydride carbonique

Les concentrations minimums de CO₂ fluctuent entre 470 à 509 ppm et elle ont été obtenues lorsque les occupants ont ouvert leurs fenêtres, car les courbes d'analyse montrent des baisses subites des concentrations. De l'autre côté, les pointes de CO₂ vont jusqu'à 4 200 ppm. Cette valeur élevée a été enregistrée lorsqu'une personne se trouvait à proximité de la sonde. Les concentrations moyennes ont été de 955 et 1056 ppm, soit dans les mêmes proportions que la norme d'ASHRAE. De plus, ces résultats sont comparables à ceux de l'étude des résidences québécoises⁽⁸⁾.

Avec les résultats obtenus et les caractéristiques des logements qui différaient, aucune observation ou remarque ne peut être faite en rapport avec le mouvement de l'air et les facteurs qui influencent ce dernier.

6.4.5.3 Formaldéhyde

D'après les résultats du tableau 6.5.1, tous les logements ont des concentrations de formaldéhyde inférieures à la norme fédérale. Les concentrations fluctuent entre 0,01 ppm et 0,05 ppm. La concentration la plus élevée a été enregistrée dans un logement où le tapis a été changé. Du fait, il s'agit du seul logement dont le tapis a été remplacé.

Comme pour l'anhydride carbonique, les caractéristiques des logements ne permettaient pas d'établir d'observations solides pouvant expliquer un certain mouvement d'air dans le

bâtiment.

6.4.5.4 Composés organiques volatils totaux

Les concentrations fluctuent entre 0,12 et 0,98 mg/m³. Cinq des six logements se situent dans la zone à risque d'inconfort (0,2 à 3,0 mg/m³). Les résultats nous indiquent que la zone à risque est directement reliée avec la sensibilité des gens, seulement une personne a mentionné des symptômes pouvant être reliés aux COVT. Dans d'autres bâtiments, les plaintes justifiables par les COVT étaient beaucoup plus nombreuses pour des concentrations moins élevées.

6.4.5.5 Débit d'air neuf par personne

La méthode L.B.L évaluait la ventilation naturelle à 333,5 L/s (0,3 CAH), soit 8,8 L/s par personne déclarée, ce qui correspond à la norme de 7,5 L/s par personne de ASHRAE, si l'air est distribuée uniformément dans le bâtiment. Toutefois, lorsque le nombre d'occupants selon ASHRAE est utilisé, le débit moyen par personne est réduit à 6,5 L/s.

Pour ce bâtiment, l'apport d'air neuf est tout juste suffisant et le fait qu'une majorité des résidants fument à comme conséquence d'augmenter les niveaux de CO₂ près de la norme de 1 000 ppm.

6.4.5.6 Synthèse des résultats

Le tableau 6.5.2 indique que les COVT excèdent la norme dans 5 cas sur 6 et il semble que les divers produits utilisés et la fumée de cigarette en soient les causes. Par contre, les occupants ne ressentent aucun effet pouvant être causé par les COVT.

L'humidité relative du bâtiment est la plus basse des dix bâtiments de l'étude. Le bâtiment a été construit en 1970 et ce résultat était envisageable (infiltration importante par rapport

aux autres bâtiments). Donc, les gens sensibles à des faibles taux d'humidité risquent d'être inconfortables dans ce bâtiment.

Tableau 6.5.2 : Sommaire des caractéristiques des logements étudiés

App.	Caractéristiques								
	Étage	Orient.	# pers.	Fumeur	Travaux	Meuble	Produits	Sympt.	Recom.
101	1	S	2		x		x		h
102	1	N	3	x			x		h, co, c
201	2	S	2	x		x	x		h, c
204	2	S	2	x		x	x		h, c
302	3	N	2	x	x		x		h, c
303	3	S	3		x		x		c

Note : «Recom.» représente quelle lecture enregistrée excède la recommandation
h=humidité, co= CO₂, f=formaldéhyde, c=COVT

Le tableau 6.5.3 montre où se situe le bâtiment face à l'ensemble et selon la procédure décrite à la section 6.3. Le bâtiment se classe au sixième rang. En plus de l'humidité relative, la concentration moyenne de 1 005 ppm de CO₂ limite la performance du bâtiment.

Tableau 6.5.3 : Qualité de l'air du «Bâtiment 5» et la moyenne des 10 bâtiments

Bâtiment	HR %	CO ₂ ppm	HCHO ppm	COVT mg/m ³	L/s/pers déclarée	Classement global
Moyenne	29	898	0,03	0,55	9,82	6
Bâtiment 5	22	1005	0,02	0,39	8,8	
Classement	7	8	1	4	5	

Classement : 1= meilleur cote sur 10, 10= pire cote

6.4.5.7 Conclusion et recommandations

D'après les résultats de la qualité de l'air dans le bâtiment :

- Le «Bâtiment 5» a une qualité d'air acceptable. Le formaldéhyde et les COVT ont des concentrations inférieures à la moyenne des bâtiments et aux résultats des études antérieures^(7,8). Le CO₂ est comparable à la norme et l'humidité relative à peine supérieure au taux d'humidité acceptable (20%). Un tel taux d'humidité est caractéristique d'un bâtiment de cet âge (infiltration plus importante).
- Le système de pressurisation des corridors ne semble pas être en mesure de remplir sa fonction principale (mouvement de l'air inversé dans les corridors). Pour le moment il est préférable qu'il en soit ainsi car les odeurs remarquées par l'analyste ne pénètrent pas dans les logements. Cependant les surfaces humides devront être asséchées. Une vérification du système de pressurisation serait souhaitable afin de s'assurer que ce dernier soit en mesure de fonctionner normalement selon les différentes pressions sur l'enveloppe.
- En comparant le bâtiment équipé d'un système de pressurisation et un bâtiment dépourvu d'un tel système, nous n'avons constaté aucune différence majeure entre l'humidité et les polluants intérieurs.
- Pour les résidents qui ont de la difficulté à supporter l'air sec, nous suggérons l'acquisition d'un humidificateur portatif.
- Les caractéristiques des logements et les résultats contradictoires obtenus lors de l'étude ne permettent pas d'établir une relation solide entre les concentrations de polluants et le mouvement de l'air intérieur associés aux vents dominants et aux niveaux des logements.

6.4.6 Bâtiment No 6

Année de construction :	1982
Nombre d'étages :	4
Nombre d'appartements :	43
Nombre d'occupants déclarés :	78
Nombre d'occupants ASHRAE ⁽⁶⁾ :	81
Période d'échantillonnage :	13 au 20 mars 1995

Lors de l'inspection des appartements du «Bâtiment 6», l'analyste a remarqué que dans près de 50% des appartements, il y avait de la moisissure dans les salles de bains. De plus, le tableau 6.3 indique que seulement 39% des occupants sont satisfaits de la qualité de l'air. Avec un tel pourcentage d'insatisfaction, il est donc prévisible d'obtenir des concentrations de polluants indiquant cette tendance. Dans les espaces communs, il n'y avait aucun signe prédominant qui indiquait un risque pour la qualité de l'air.

Il y a près de 50% des gens qui disaient que la température est trop ou parfois trop élevée. Cette remarque est difficilement explicable lorsque les occupants peuvent contrôler la température avec des thermostats de pièces. Si l'on prend l'exemple du logement 306, la température a été maintenue à plus de 30°C pendant 4 jours. De ce fait, le maintien volontaire de température élevée ne peut être considéré comme un problème dans les logements.

Les occupants de ce bâtiment mentionnaient à 55% que l'air est sec. De ce fait, le principal symptôme identifié par les occupants (problèmes respiratoires) est directement relié à un manque d'humidité. De plus, les autres symptômes sont possiblement reliés au COVT et au formaldéhyde. La perception des symptômes est généralement le matin, soit après la période où l'organisme n'a fait qu'absorber l'air ambiant.

L'échantillonnage nous permettra d'y voir plus clair et le tableau 6.6.1 présente les résultats de l'étude. Les appartements 102, 105, 106, 202, 205, 209, 302, 306, 309, 402,

6.0 QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR

406 et 409 ont été choisis pour l'étude de qualité de l'air.

Tableau 6.6.1 : Résultats de la qualité de l'air du «Bâtiment 6»

No Appartement	HR et Temp.			CO ₂ (ppm)	HCHO (ppm)	COVT (mg/m ³)
	(%)		(°C)			
102	17 44 32	Min Max Moy	15,7 25,9 24,1	(1)	0,04	0,26
105	21 42 31	Min Max Moy	20,9 24,4 22,7	Min 353 Max 1 293 Moy 583	0,03	0,34
106	16 45 29	Min Max Moy	21,6 27,0 23,7	Min 500 Max 1 097 Moy 802	0,04	0,17
202	22 47 31	Min Max Moy	19,2 26,3 23,7	(1)	0,03	0,26
205	27 54 36	Min Max Moy	17,4 23,3 19,3	(1)	0,02	0,10
209	21 53 26	Min Max Moy	9,5 25,2 22,6	Min 353 Max 1 684 Moy 677	0,02	0,91
302	19 44 33	Min Max Moy	22,0 28,1 24,7	(1)	0,02	0,02
306	17 33 23	Min Max Moy	21,6 33,7 30,9	(1)	0,01	0,13
309	24 38 31	Min Max Moy	16,0 27,3 22,7	Min 255 Max 1 586 Moy 623	0,02	0,22
402	24 54 37	Min Max Moy	21,3 25,2 23,6	(1)	0,02	0,26
406	22 37 29	Min Max Moy	21,3 25,6 23,3	Min 411 Max 783 Moy 560	0,01	0,05
409	24 47 37	Min Max Moy	19,2 24,1 22,7	Min 313 Max 1 332 Moy 895	0,03	0,32
Extérieur	50 100 82	Min Max Moy	-2 11 5	382	0,01	0,01
Recommandations	de 30% à 55%			< 1 000	< 0,10	< 0,20

(1) Aucune lecture de CO₂ n'était prévue dans ces appartements

Note : La zone ombragée indique que la valeur obtenue excède la recommandation

6.4.6.1 Humidité relative et température

Les taux moyens d'humidité fluctuent entre 23% et 37%. Sur 12 logements, il y en a 4 qui ont des moyennes inférieures à 30% et dans 3 d'entre eux les gens se plaignaient que l'air était sec. Comme nous avons déjà mentionné, le fait de maintenir des températures élevées dans les logements a pour effet de réduire l'humidité relative et accroît la sensation de sécheresse. La température moyenne des logements était de 23,7°C.

En raison des vents qui ont variés à tous les jours de l'étude, il nous est difficile de s'énoncer sur l'effet des vents sur le mouvement de l'air. Il nous est également impossible de vérifier si il y a un effet de cheminée, car les taux moyens d'humidité des trois premiers étages n'indique aucune tendance.

6.4.6.2 Anhydride carbonique

Les concentrations moyennes de CO₂ pour les 6 logements choisis varient entre 583 et 895 ppm. Les concentrations maximales fluctuent entre 783 et 1 684 ppm. Les niveaux de CO₂ sont acceptables et ils sont sous les niveaux compilés par l'étude québécoise⁽⁸⁾.

L'analyse du mouvement de l'air selon les concentrations obtenues ne peut être fait car lorsque l'on observe le tableau 6.6.2, le nombre d'occupants diffère pour les appartements dans un même axe.

6.4.6.3 Formaldéhyde

Les résultats obtenus sont tous en-dessous de la norme de 0,1 ppm. Les concentrations moyennes fluctuent de 0,01 à 0,04 ppm. Les concentrations de formaldéhyde étaient plus élevées au sous-sol. Dans cette situation, il s'agit du phénomène contraire que celui anticiper par l'effet de cheminée et il peut s'expliquer par une utilisation locale de produits ou matériaux à base de formaldéhyde plus élevée.

6.4.6.4 Composés organiques volatils totaux

Sur douze échantillons, il y'en a 5 qui se situent dans la zone de confort, 6 qui n'excèdent pas $0,34 \text{ mg/m}^3$ et il y en a qu'un qui se démarque avec un taux de $0,91 \text{ mg/m}^3$. Les résultats sont acceptables et comme pour les paramètres précédents, les concentrations ne peuvent qu'être comparées sur une base individuelle. La personne qui habite le logement (209) qui a $0,91 \text{ mg/m}^3$ n'associe aucun symptôme au bâtiment.

6.4.6.5 Débit d'air neuf par personne

En distribuant l'infiltration naturelle obtenue par la méthode L.B.L. (689 L/s) par le nombre de personnes déclarées (78), le débit moyen par personne est de $8,8 \text{ L/s}$. Pour obtenir le nombre de personnes selon ASHRAE, il faut ajouter seulement 3 personnes au total. Donc, la quantité d'air frais passe à $8,5 \text{ L/s}$ par personne. Ce bâtiment est celui qui a la plus faible différence entre le nombre de personnes déclarées et la méthode d'ASHRAE et dans les deux cas, la norme de $7,5 \text{ L/s}$ par personne est respectée.

Les débits mentionnés ont été obtenus lorsque le système de pressurisation des corridors était à l'arrêt. Donc, la quantité d'air neuf à l'intérieur du bâtiment variera selon les conditions extérieures et le fonctionnement du système de pressurisation.

6.4.6.6 Synthèse des résultats

Le tableau 6.6.2 indique qu'il y a seulement les COVT qui ne correspondent pas à la concentration recommandée. Par contre, les résultats indiquaient que les concentrations obtenues ne sont pas inquiétantes. Treize personnes s'accordent pour dire que le bâtiment occasionne l'apparition de certains symptômes. De ce nombre, il y a 12 personnes qui habitent les deux étages supérieurs. On ne peut pas expliquer ce fait par un effet de tirage qui permet une migration des polluants vers le haut, car les résultats obtenus n'indiquent pas un tel phénomène.

Tableau 6.6.2 : Sommaire des caractéristiques des logements étudiés

App.	Caractéristiques								
	Étage	Orient.	# pers.	Fumeur	Travaux	Meuble	Produits	Sympt.	Recom.
102	1	SO	2	x	x	x	x		c
105	1	NE	1	x	x		x		c
106	1	SO	1	x	x		x		h
202	2	SO	2	x					c
205	2	NE	1				x		
209	2	NE	1	x			x		h, c
302	3	SO	2		x		x	x	
306	3	SO	2	x	x		x	x	h
309	3	NE	2		x	x	x	x	c
402	4	SO	2	x	x	x	x	x	c
406	4	SO	1		x		x	x	h
409	4	NE	2		x	x	x	x	c

Note : «Recom.» représente quelle lecture enregistrée excède la recommandation
h=humidité, co= CO₂, f=formaldéhyde, c=COVT

Au point de vue des résultats, ces derniers démontrent que ce bâtiment a une bonne qualité de l'air. Il se classe au deuxième rang des bâtiments de l'étude comme l'indique le tableau 6.6.3. De plus, les résultats sont comparables aux études mentionnées précédemment. Finalement, le pourcentage des occupants qui ouvrent les fenêtres les jours d'hiver est le deuxième plus bas, soit 55%.

Seulement 39% des occupants étaient satisfaits de la qualité de l'air au moment de l'étude. Cependant, les résultats démontrent que cette donnée est plus ou moins valide pour deux raisons. La première est que les résultats n'indiquent aucun signe inquiétant, et la seconde est que seulement 39% des répondants ont affirmé avoir des symptômes.

Tableau 6.6.3 : Qualité de l'air du «Bâtiment 6» et la moyenne des 10 bâtiments

Bâtiment	HR %	CO ₂ ppm	HCHO ppm	COVT mg/m ³	L/s/pers déclarée	Classement global
Moyenne	29	884	0,03	0,55	9,82	2
Bâtiment 6	31	690	0,02	0,25	8,8	
Classement	3	2	1	2	5	

Classement : 1= meilleur cote sur 10, 10= pire cote

6.4.6.7 Conclusion et recommandations

D'après les résultats de la qualité de l'air dans le bâtiment, nous émettons les commentaires suivants :

- La qualité de l'air de ce bâtiment est bonne. Tous les paramètres sont inférieurs aux moyennes respectives et les résultats sont meilleurs que ceux des études antérieures^(7,8). Le bâtiment lui-même n'affecte pas la qualité de l'air (basses concentrations partout). Les sources de problèmes proviennent régulièrement de l'activité à l'intérieur des logements et ce phénomène semble s'appliquer à ce bâtiment.
- Lors des tâches ménagères et de menus travaux qui nécessitent l'utilisation de produits contenant des COVT et du formaldéhyde, il est recommandé de bien ventiler les pièces. Une bonne ventilation diminuera l'apparition de symptômes chez les 39% des occupants qui en ressentent.
- Les relevés d'humidité relative étaient acceptables. Par contre, près de 55% des occupants mentionnaient que l'air intérieur est sec. Nous leur suggérons à ces personnes de se munir d'un humidificateur portatif afin de pallier ce problème.
- Lorsque les résultats de ce bâtiment sont comparés à la moyenne de tous les

paramètres étudiés, les concentrations sont parmi les plus basses de l'étude. Ces résultats permettent de classer le bâtiment en deuxième place pour la qualité d'air.

- Le débit d'air neuf naturel selon la méthode L.B.L. est de 8,8 L/s. Ce débit est conforme à la norme d'ASHRAE en supposant que l'infiltration est distribuée uniformément dans le bâtiment. Ce bâtiment avait un système d'alimentation d'air dans les corridors et même si les concentrations étaient plus basses que la moyenne, l'impact du système à cet égard est difficilement évaluable. Des mesures de gaz traceur dans les appartements permettrait d'obtenir plus d'information sur la performance du système.

- Finalement, la variation des conditions climatiques et des caractéristiques dans les appartements ne permettent pas de quantifier l'impact de l'effet de cheminée sous les conditions ambiantes.

6.4.7 Bâtiment No 7

Année de construction :	1973
Nombre d'étages :	3
Nombre d'appartements :	27
Nombre d'occupants déclarés :	28
Nombre d'occupants ASHRAE ⁽⁶⁾ :	54
Période d'échantillonnage :	22 au 29 mars 1995

À la suite de l'inspection des appartements du «Bâtiment 7», l'analyste n'a remarqué aucun signe pouvant laisser croire qu'il y ait des problèmes de qualité d'air dans les appartements, sauf pour un appartement. Dans les espaces communs, des taches d'humidité ont été remarquées sur certaines surfaces. De plus, des odeurs de moisi étaient perceptibles dans les espaces communs.

Pour faire un bref résumé, le sommaire des réponses aux questionnaires (tableau 6.3) serait le suivant. Les occupants sont satisfaits de la qualité de l'environnement dans ce bâtiment (10% ont reliés des symptômes au bâtiment). Les occupants arrivent à bien contrôler la température de leur logement, mais certains mentionnent que l'air est sec (27% des répondants). Finalement, il y a seulement deux personnes qui identifient le bâtiment comme étant la cause de leurs symptômes. Donc, d'après ces résultats la qualité de l'air dans ce bâtiment est satisfaisante et l'échantillonnage devrait être dans la même direction.

Les appartements 401, 409, 412, 421, 429, 432, 442, et 444 ont été choisis pour l'étude de qualité de l'air. Le tableau 6.7.2 de la section «Synthèse des résultats» présente leurs caractéristiques. Le logement 444 a été choisi parce qu'il y avait beaucoup de moisissure à l'intérieur de ce dernier. Les résultats de l'échantillonnage sont présentés dans le tableau 6.7.1.

Tableau 6.7.1 : Résultats de la qualité du «Bâtiment 7»

No Appartement	HR et Temp.			CO ₂ (ppm)	HCHO (ppm)	COVT (mg/m ³)
	(%)		(°C)			
401	23 52 36	Min Max Moy	17,8 24,4 22,6	(1)	0,02	0,82
409	17 44 26	Min Max Moy	22,3 25,9 24,0	Min 333 Max 1 312 Moy 697	0,01	0,14
412	18 49 30	Min Max Moy	19,2 23,8 22,1	(1)	0,01	0,79
421	31 67 50	Min Max Moy	17,6 24,4 23,1	(1)	0,03	0,31
429	17 46 23	Min Max Moy	21,9 27,7 24,7	Min 372 Max 1 253 Moy 673	0,03	0,27
432	12 35 18	Min Max Moy	20,2 25,6 22,8	Min 353 Max 1 234 Moy 579	0,01	0,15
442	24 46 37	Min Max Moy	19,5 22,7 20,3	(1)	0,02	0,18
444	(2) 64 45	Min Max Moy	(2) 27,7 25,2	Min 490 Max 2 400 Moy 1 806	0,05	0,77
Extérieur	23 95 58	Min Max Moy	-5 5 3	365	<0,01	0,03
Recommandations	de 30% à 55%			< 1 000	< 0,10	< 0,20

(1) Aucune lecture de CO₂ n'était prévue dans ces appartements

(2) Défectuosité de l'équipement n'a pas permis de retrouver la valeur minimale

Note : La zone ombragée indique que la valeur obtenue excède la recommandation

6.4.7.1 Humidité relative et température

Le tableau 6.7.1 démontre que l'humidité relative moyenne dans les logements sélectionnés varie entre 18% et 50%. Le taux minimum est de 12% et le taux maximum est de 67%. La température maintenue dans le bâtiment était 23°C. Dans le logement qui

a une forte présence de moisissure (moyenne de 45% HR), le répondant se plaint du taux d'humidité trop élevé.

Le logement 444 est situé au sous-sol est les moisissures ont été observées à la jonction de la dalle et du mur extérieur. Il y en avait également sur le pourtour de la fenêtre du même mur. Il y aurait matière à vérifier la construction du mur de fondation dans cet appartement. Un défaut de construction, une détérioration de l'enveloppe ou un mauvais drainage peuvent permettre à l'eau de s'infiltrer et favoriser ainsi le développement de moisissure et l'augmentation du taux d'humidité relative.

Les résultats indiquent un effet contraire à l'effet de cheminée. Le taux moyen du sous-sol est plus élevé qu'au rez-de-chaussé et ce dernier est supérieur au taux d'humidité de l'étage. Cependant, le logement 421 a un taux moyen de 50% et les occupants affirmaient que l'air était sec.

6.4.7.2 Anhydride carbonique

Les concentrations moyennes de CO₂ pour les 4 logements choisis varient entre 579 et 1 806 ppm. La concentration de 1 806 ppm a été obtenue dans le logement 444 et les concentrations dans les autres logements n'excédaient pas 697 p.m. Les concentrations maximales ont été obtenues lors des périodes les plus occupées et les courbes indiquaient de fortes concentrations le soir et la nuit.

Le taux élevé de CO₂ du logement 444 pourrait être justifié par le fait que ce logement (situé au sous-sol) est plus étanche que les autres. Un test d'infiltrométrie dans cet appartement permettrait sans doute d'expliquer ce phénomène.

6.4.7.3 Formaldéhyde

Les concentrations de formaldéhyde sont inférieures à la recommandation fédérale de 0,1 ppm. Les valeurs varient entre 0,01 et 0,05. Le logement 444 se distingue encore une fois

car il a la concentration la plus élevée (0,05). L'acquisition récente (1 semaine) de meubles peut en être la cause et à long terme, le niveau de formaldéhyde diminuera. Si les résultats sont comparés à la moyenne des 10 bâtiments de l'étude, il se classe au deuxième rang et les valeurs sont également comparables aux autres études^(7,8).

6.4.7.4 Composés organiques volatils totaux

Les concentrations fluctuent entre 0,14 et 0,82 mg/m³. Il y a cinq logements sur huit qui ont des concentrations qui se situent dans la zone à risque d'inconfort. De ces cinq logements, aucun des occupants n'a fait mention de symptôme pouvant être lié au COVT.

Comme l'indique le tableau 6.7.2, les diverses activités qui ont eu lieu dans les logements ne nous permettent pas d'établir de relation entre la variation des concentrations de COVT et le mouvement de l'air dans le bâtiment.

6.4.7.5 Débit d'air neuf par personne

La ventilation naturelle du bâtiment selon le modèle L.B.L. était évaluée à 8,2 L/s par personne déclarée comparativement à 7,5 L/s selon la norme ASHRAE. Cependant la population du bâtiment double lorsque le taux d'occupation est évalué selon ASHRAE, soit 54 personnes. Si l'on considère toujours que la répartition de l'air neuf est uniforme, chaque occupant reçoit 4,2 L/s.

Le taux d'occupation déclaré semble exacte car les concentrations de CO₂ sont basses (sauf le logement 444, mais deux personnes y habitent) comparativement aux autres bâtiments. Il est intéressant de constater que si on ne comptabilise pas la concentration de CO₂ du logement 444, ce bâtiment se classe en première position pour le CQ et ce bâtiment a un taux de fumeurs de 27%.

6.4.7.6 Synthèse des résultats

Le tableau 6.7.2 fait un résumé des caractéristiques des logements étudiés et présente les paramètres qui ont excédé les valeurs recommandées. Dans certains logements, les COVT avaient des valeurs supérieures à la recommandation de 0,2 mg/m³. Les valeurs se situaient dans la plage à risque d'inconfort, mais aucun des occupants ne se plaignaient en ce sens.

Tableau 6.7.2 : Sommaire des caractéristiques des logements étudiés

App.	Caractéristiques								
	Étage	Orient.	# pers.	Fumeur	Travaux	Meuble	Produits	Sympt.	Recom.
401	1	E	1				x		c
409	1	E	1				x		h
412	1	O	1		x	x	x		c
421	2	E	1		x			x	c
429	2	E	1	x	x	x	x		h, c
432	2	O	1	x			x	x	h
442	ss	E	1		x		x		
444	ss	E	2	x		x	x		co, c

Note : «Recom.» représente quelle lecture enregistrée excède la recommandation
h=humidité, co= CO₂, f=formaldéhyde, c=COVT

Le bâtiment se classe au quatrième rang parmi les bâtiments de cette étude (tableau 6.7.3). En faisant abstraction du logement 444 qui contribue à augmenter la concentration moyenne du CO₂, le classement global de ce bâtiment aurait été au troisième rang (650 ppm). Ainsi il aurait enregistré la meilleure performance en regard du CO₂ et le fait qu'il n'y a que 27% de fumeurs peut contribuer à maintenir une concentration basse dans le bâtiment.

Finalement, ce bâtiment est occupé par des gens à la retraite et le nombre de gens qui associent des symptômes au bâtiment n'est que de 9%. Il s'agit du deuxième bâtiment avec ce genre d'occupants et pour la deuxième occasion il semble que ces personnes sont moins sensibles aux paramètres de qualité de l'air.

Tableau 6.7.3 : Qualité de l'air du «Bâtiment 7» et la moyenne des 10 bâtiments

Bâtiment	HR %	CO ₂ ppm	HCHO ppm	COVT mg/m ³	L/s/pers déclarée	Classement global
Moyenne	29	884	0,03	0,55	9,82	4
Bâtiment 7	33	939	0,02	0,43	8,2	
Classement	1	6	1	5	7	

Classement : 1= meilleur cote sur 10, 10= pire cote

6.4.7.7 Conclusion et recommandations

À la suite de cette étude de qualité d'air dans ce bâtiment, nous émettons les commentaires suivants :

- Selon l'échantillonnage, la qualité de l'air de ce bâtiment est bonne. De plus, seulement 2 personnes ont associé des symptômes au bâtiment sur une possibilité de 27. La qualité de l'air dans l'ensemble du bâtiment est bonne, mais le logement 444 fait exception à cette affirmation.
- Le logement 444 est situé au sous-sol du bâtiment et une inspection du mur extérieur serait de mise afin de trouver la cause des moisissures qu'on y trouve. À plus ou moins long terme ces moisissures pourraient occasionner des problèmes de santé. Lors de l'étude, des concentrations élevées de CO₂ ont pu être observées. Un test d'infiltrométrie ou un test avec gaz traceur aiderait à confirmer si ce logement est trop étanche (minimum de 7,5 L/s par personne). Dans

l'affirmative, il faudra prendre les mesures nécessaires pour remédier à cette situation.

- Aucun symptôme n'a été directement relié avec les COVT ou le formaldéhyde, même si des logements ont enregistré des concentrations de COVT qui risquent de causer de l'inconfort. Afin d'éviter ces symptômes, il est important de bien ventiler la zone où l'on utilise des produits, matériaux ou meubles neufs pouvant contenir du formaldéhyde ou des COVT.
- Les caractéristiques de chaque logement étaient trop différentes pour que nous soyons en mesure d'établir des relations solides entre les concentrations de contaminants et le mouvement de l'air à l'intérieur du bâtiment.
- Le bâtiment se classe au quatrième rang des 10 bâtiments de l'étude. Sans la concentration de CO₂ du logement 444, le bâtiment aurait obtenu la troisième place.

6.4.8 Bâtiment No 8

Année de construction :	1982
Nombre d'étages :	2
Nombre d'appartements :	9
Nombre d'occupants déclarés :	9
Nombre d'occupants ASHRAE ⁽⁶⁾ :	18
Période d'échantillonnage :	22 au 29 mars 1995

Lors de l'inspection des appartements du «Bâtiment 8», l'analyste a remarqué des traces de moisi dans près de la moitié des appartements. Les espaces commun n'avaient pas de telle trace mais une odeur de moisi était perceptible.

À la lumière des résultats obtenus avec les questionnaires, l'air sec est le principal problème identifié par les occupants. Les logements 2, 3, 5 et 8 ont été sélectionnés pour l'étude et les résultats sont présentés dans le tableau 6.8.1.

6.4.8.1 Humidité relative et température

L'humidité relative moyenne de chaque logement varie entre 24% et 37% et la température moyenne des quatre logements de l'étude est de 23,4°C. Trois des quatre logements choisis ont des taux d'humidité moyens sous la recommandation fédérale, mais néanmoins ils sont acceptables. Les valeurs minimales fluctuent entre 13% et 19%. Les valeurs inférieures à la recommandation justifient les commentaires (air sec) des gens. Il faut également prendre en considération le fait que les occupants peuvent être plus sensibles que d'autres à un manque d'humidité.

Tableau 6.8.1 : Résultats de la qualité de l'air du «Bâtiment 8»

No Appartement	HR et Temp.		CO ₂ (ppm)	HCHO (ppm)	COVT (mg/m ³)
	(%)	(°C)			
2	13 35 24	Min 19,5 Max 25,9 Moy 23,8	(1)	0,06	0,15
3	14 40 29	Min 20,1 Max 31,4 Moy 22,9	Min 333 Max 862 Moy 482	0,06	0,13
5	13 40 28	Min 19,0 Max 32,2 Moy 24,6	Min 392 Max 1 253 Moy 745	(2)	0,32
8	19 44 37	Min 20,5 Max 24,1 Moy 22,5	Min 313 Max 3 251 Moy 750	0,08	0,21
Extérieur	23 95 58	Min -5 Max 5 Moy 3	350	(2)	0,02
Recommandations	de 30% à 55%		< 1 000	< 0,10	< 0,20

(1) Aucune lecture de CO₂ n'était prévue dans ces appartements

(2) La sonde s'est brisée lors de manipulation

Note : La zone ombragée indique que la valeur obtenue excède la recommandation

6.4.8.2 Anhydride carbonique

Les concentrations moyennes de CO₂ pour les 3 logements sont inférieures à la norme de 1 000 ppm et elles varient entre 482 et 750 ppm. Les concentrations maximales fluctuent entre 862 et 3 251 ppm et les minimales entre 313 et 392 ppm. La valeur de 3 251 a été obtenue après qu'une personne ait soufflé sur la sonde. Il n'y a pas de fumeur dans le logement 3 et ce logement a enregistré le taux de CO₂ le plus bas. Les concentrations d'anhydride carbonique de ce bâtiment sont comparables, sinon plus basses que les études antérieures^(7,8).

6.4.8.3 Formaldéhyde

Les concentrations de formaldéhyde sont conformes à la norme fédérale et elles fluctuent entre 0,06 et 0,08 ppm pour une moyenne près de 0,07 ppm. Cette moyenne est supérieure à celles obtenues lors des études dans les tours d'habitation⁽⁶⁾ et les résidences⁽⁷⁾. Finalement, on ne peut faire de relation entre les concentrations et le mouvement de l'air car les caractéristiques des logements ne le permet pas (tableau 6.8.2).

6.4.8.4 Composés organiques volatils totaux

Les concentrations fluctuent entre 0,15 et 0,32 mg/m³ pour une moyenne de 0,20 pour le bâtiment. Cette moyenne est la meilleure de la présente étude et il est intéressant de constater que ce bâtiment a été rénové que dans 29% des logements et qu'il n'y a eu aucun achat de meuble.

6.4.8.5 Débit d'air neuf par personne

Le standard ASHRAE⁽⁴⁾ recommande un taux d'alimentation d'air neuf de 0,35 CAH qui doit assurer un minimum de 7,5 L/s par personne pour les espaces résidentiels. D'après les résultats d'infiltrométrie et de la méthode L.B.L., l'apport d'air neuf est de 17,3 L/s par personne déclarée et de 8,6 L/s pas personne ASHRAE (18 personnes). Si la distribution de l'air neuf est plus ou moins proportionnelle par appartement, cela peut expliquer les basses concentrations de polluants et d'humidité.

6.4.8.6 Synthèse des résultats

Le tableau 6.8.2 fait un résumé des caractéristiques des logements de l'étude. Même si se tableau mentionne que deux logements ont des concentrations de COVT dépassant la recommandation, la qualité de l'air de ce bâtiment est bonne. Finalement, les symptômes associés au bâtiment sont relatifs à des taux d'humidité relatif inférieurs à la

recommandation fédérale.

Tableau 6.8.2 : Sommaire des caractéristiques des logements étudiés

App.	Caractéristiques								
	Étage	Orient.	# pers.	Fumeur	Travaux	Meuble	Produits	Sympt.	Recom.
2	1	O	1	x	x		x	x	h
3	1	E	1				x	x	h
5	2	O	1	x					h, c
8	2	E	1	x			x		c

Note : «Recom.» représente quelle lecture enregistrée excède la recommandation
 h=humidité, co= CO₂, f=formaldéhyde, c=COVT

En accordant la même importance à tous les paramètres du tableau 6.8.3, le «Bâtiment 8» obtient la première position des 10 bâtiments. Il est intéressant de constater les points qui suivent. Le bâtiment se classe premier et 29% des occupants ont des symptômes attribuables au bâtiment. Finalement, 43% (plus faible taux) des gens affirmaient ouvrir les fenêtres le jour en hiver. Il est envisageable de prétendre que les gens combent un certain degré d'inconfort en ouvrant les fenêtres.

Tableau 6.8.3 : Qualité de l'air du bâtiment 8 et la moyenne des 10 logements

Bâtiment	HR %	CO ₂ ppm	HCHO ppm	COVT mg/m ³	L/s/pers déclarée	Classement global
Moyenne	29	884	0,03	0,55	9,82	1
Bâtiment 8	30	659	0,07	0,20	17,3	
Classement	4	1	5	1	1	

Classement : 1= meilleur cote sur 10, 10= pire cote

6.4.8.7 Conclusion et recommandations

D'après les résultats de l'étude :

- L'échantillonnage démontre que la qualité de l'air est bonne. Cependant l'humidité relative moyenne était inférieure à 30% dans 3 logements sur 4, mais elle était toutefois acceptable dans tous les cas. Ces mesures viennent justifier les remarques des occupants à l'égard du manque d'humidité. Étant donné qu'il n'y a pas de système central permettant d'augmenter l'humidité, un humidificateur portatif aidera à régler ce problème.
- Le bâtiment se classe au premier rang des 10 bâtiments. Le fait que la quantité d'air frais par occupant ou par logement est élevée contribue sans doute à cette performance. De plus, il faut considérer que la température extérieure était plus clémente que les bâtiments précédents.
- Les variations entre les caractéristiques des logements ne permettent pas d'établir de relation entre l'échantillonnage et le mouvement de l'air. Par contre, le débit d'air neuf par personne peut avoir permis de maintenir des taux de CO₂ bas.

6.4.9 Bâtiment No 9

Année de construction :	1989
Nombre d'étages :	3
Nombre d'appartements :	10
Nombre d'occupants déclarés :	25
Nombre d'occupants ASHRAE ⁽⁶⁾ :	36
Période d'échantillonnage :	30 mars au 7 avril 1995

À la suite de l'inspection des appartements du «Bâtiment 9», les résultats du questionnaire d'inspection n'indiquent pas qu'il pourrait y avoir des problèmes de qualité de l'air. Cependant des taches de moisissure et d'humidité ont été vues dans 33% des logements. De telles taches ont également été perçues dans les espaces communs.

À la lumière des résultats obtenus (tableau 6.3), il semble que les occupants sont importunés par un faible taux d'humidité (55% air sec). De plus, il est possible que les concentrations de formaldéhyde et de COVT soient élevées car plus de 50% ont fait l'acquisition des nouveaux meubles et différents produits ont été utilisés dans tous les logements. L'échantillonnage devrait nous permettre de vérifier ces points. Les appartements 1, 2, 4, 6, 8 et 9 ont été choisis pour l'étude de qualité de l'air et les résultats de l'échantillonnage sont présentés dans le tableau 6.9.1.

6.4.9.1 Humidité relative et température

Le tableau 6.9.1 démontre que l'humidité relative dans les logements sélectionnés varie entre 13% et 51%. Pour ce qui est des valeurs moyennes pour la période d'échantillonnage, elles se situent entre 27% et 36%, dont 3 logements sur 5 ont des valeurs inférieures à la recommandation fédérale. Il n'est pas possible d'estimer un effet de cheminée dans le bâtiment, mais lorsqu'on observe le tableau 6.9.2 et les taux d'humidité, les plus élevés ont été obtenus dans les appartements les plus occupés. La température moyenne maintenue dans les logements était de 22,8°C.

Tableau 6.9.1 : Résultats de la qualité de l'air du bâtiment 9

No Appartement	HR et Temp.			CO ₂ (ppm)	HCHO (ppm)	COVT (mg/m ³)
	(%)		(°C)			
1	23 50 36	Min Max Moy	20,6 25,9 23,4	Min ⁽²⁾ Max 3 329 Moy 972	0,05	0,98
2			⁽²⁾	Min 431 Max 1 469 Moy 1 001	0,03	0,15
4	14 44 28	Min Max Moy	19,9 24,8 23,4	Min 294 Max 2 115 Moy 1 020	0,03	0,22
6	13 40 27	Min Max Moy	17,4 24,8 21,7	⁽¹⁾	0,02	0,29
8	20 35 28	Min Max Moy	17,8 25,2 22,4	Min 333 Max 1 626 Moy 939	0,03	0,82
9	13 51 30	Min Max Moy	16,1 25,9 22,6	⁽²⁾	0,01	0,27
Extérieur	21 94 57	Min Max Moy	-14 10 -2	370	<0,01	0,08
Recommandations	de 30% à 55%			< 1 000	< 0,10	< 0,20

(1) Aucune lecture de CO₂ n'était prévue dans ces appartements

(2) Une irrégularité dans le fonctionnement de l'appareil nous empêche de valider ces résultats

Note : La zone ombragée indique que la valeur obtenue excède la recommandation

6.4.9.2 Anhydride carbonique

Les concentrations moyennes de CO₂ pour les logements choisis varient entre 939 et 1020 ppm. Les concentrations maximales fluctuent entre 1 469 ppm et 3 329 ppm. En observant les courbes de CO₂, certaines concentrations maximales ont été obtenues la nuit lorsque les fenêtres étaient fermées. Les niveaux de CO₂ sont trop rapprochés pour que nous puissions prétendre avec certitude un certain mouvement d'air entre les logements.

6.4.9.3 Formaldéhyde

Les concentrations moyennes de formaldéhyde fluctuent entre 0,01 et 0,05 ppm et la recommandation fédérale est respectée. La moyenne pour le bâtiment est de 0,03 ppm, ce qui correspond à la moyenne de l'étude. Les valeurs sont inférieures à celles anticipées et les concentrations les plus élevées ont été enregistrées dans les logements qui ont des meubles neufs et de la nouvelle peinture.

6.4.9.4 Composés organiques volatils totaux

Il y a seulement qu'un logement qui est conforme à la recommandation de confort de 0,20 mg/m³. Les concentrations fluctuent entre 0,15 et 0,98 mg/m³. Tous les occupants ont utilisé des produits qui risquent d'avoir influencer les COVT. Les concentrations les plus élevées ont été obtenues dans les logements qui ont enregistrés des taux de formaldéhyde plus importants (meubles, peinture). Le temps aura pour effet de faire diminuer les COVT qui peuvent provoquer l'inconfort.

6.4.9.5 Débit d'air neuf par personne

Selon les résultats d'infiltrométrie et le modèle L.B.L., le bâtiment 9 a un taux de CAH naturel de 0,22, ce qui représente un total de 186,3 L/s pour le bâtiment. L'apport d'air neuf par infiltration correspond à 7,5 L/s par personne déclarée. Par contre, chaque personne recevrait 5,2 L/s selon l'évaluation d'ASHRAE. Donc, si la population du bâtiment dépasse l'occupation déclarée, l'ouverture de fenêtres peut être nécessaire (67% des occupants le font l'hiver).

6.4.9.6 Synthèse des résultats

Le tableau 6.9.2 fait la rétrospective des logements de l'étude. Le taux d'occupation, le nombre de fumeurs et l'apport d'air neuf qui est juste suffisant expliquent les concentrations de CO₂ près de la norme. Les concentrations de COVT devrait diminuer

6.0 QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR

avec le temps. Même si trois logements ont des taux d'humidité sous la recommandation minimale de 30%, ils sont acceptables et la sensibilité des gens a davantage d'importance dans cette situation.

Tableau 6.9.2 : Sommaire des caractéristiques des logements étudiés

App.	Caractéristiques								
	Étage	Orient.	# pers.	Fumeur	Travaux	Meuble	Produits	Sympt.	Recom.
1	1	N	3	x	x	x	x		c
2	1	S	1	x			x		co
4	2	N	2				x	x	h, co, c
6	2	S	2		x	x	x	x	h, c
8	3	S	1	x	x	x	x		h, c
9	3	S	3		x	x	x		c

Note : «Recom.» représente quelle lecture enregistrée excède la recommandation
h=humidité, co= CO₂, f=formaldéhyde, c=COVT

Finalement, le «Bâtiment 9» se classe au huitième rang des 10 bâtiments de la SHQ (tableau 6.9.3). Cette position s'améliorera avec la diminution des concentrations de COVT. Ce classement est davantage affecté par un apport d'air neuf insuffisant qui engendre des taux de CO₂ supérieurs à la moyenne.

Tableau 6.9.3 : Qualité de l'air du bâtiment 9 et la moyenne des 10 bâtiments

Bâtiment	HR %	CO ₂ ppm	HCHO ppm	COVT mg/m ³	L/s/pers déclarée	Classement global
Moyenne	29	890	0,03	0,55	9,82	8
Bâtiment 9	30	983	0,03	0,45	7,50	
Classement	4	7	2	6	8	

Classement : 1= meilleur cote sur 10, 10= pire cote

6.4.9.7 Conclusion et recommandations

Les résultats obtenus nous permettent de conclure :

- Bien que le bâtiment se classe en huitième position, sa qualité de l'air est acceptable. Cette conclusion est tirée du fait que les concentrations de formaldéhyde et de COVT (meubles, peinture et produits) devraient diminuer avec le temps. De plus, les gens qui fument contribuent à faire augmenter le CO₂.
- La perception de l'air sec est caractéristique des bâtiments qui ne sont pas pourvus d'humidificateur. Pour les occupants qui en faisaient la remarque, nous suggérons l'achat d'un humidificateur portatif.
- Les concentrations de CO₂ étaient près de la norme de 1 000 ppm. Afin de réduire le CO₂, il est suggéré de créer plus d'infiltration en permettant une évacuation constante dans chaque logement (salle de bains). Cependant, la facture énergétique risque d'en être affectée.
- En utilisant des produits de nettoyage, des colles et des vernis, il est essentiel de bien ventiler la pièce où ils sont appliqués.
- Finalement, l'emplacement et les caractéristiques des logements ne permettent pas de mesurer l'impact de l'effet de cheminée sur les concentrations de polluants.

6.4.10 Bâtiment No 10

Année de construction :	1981
Nombre d'étages :	3
Nombre d'appartements :	57
Nombre d'occupants déclarés :	61
Nombre d'occupants ASHRAE ⁽⁶⁾ :	114
Période d'échantillonnage :	10 au 18 avril 1995

Les résultats du questionnaire d'inspection de l'analyste n'indiquent pas qu'il pourrait y avoir des problèmes de qualité de l'air. Étant donné que ce bâtiment est composé d'une partie qui a été construite en 1981 et une autre en 1994, il sera intéressant de comparer les résultats de l'échantillonnage entre la nouvelle section et l'ancienne section du bâtiment.

Les symptômes identifiés, par 20% des occupants, sont reliés à l'humidité relative et au COVT. Le CO₂ peut également intervenir dans l'apparition de certains symptômes répertoriés dans le tableau 6.3. La perception des symptômes est constante et ils peuvent apparaître à tout moment de la journée. Les gens affirment à 67% que la qualité de l'air intérieur est satisfaisante.

Les logements 110, 111, 117, 118, 210, 211, 217, 218, 310, 311, 317 et 318 ont été sélectionnés pour l'étude de qualité de l'air. Dans la section «Synthèse des résultats», le tableau 6.10.2 fait le résumé des principales caractéristiques de ces logements. Le tableau 6.10.1 présente les résultats des mesures des paramètres de qualité de l'air.

Tableau 6.10.1 : Résultats de la qualité de l'air du «Bâtiment 10»

No Appartement	HR et Temp.			CO ₂ (ppm)	HCHO (ppm)	COVT (mg/m ³)
	(%)		(°C)			
110	20 36 27	Min Max Moy	22,0 26,3 24,2	Min 646 Max 3 134 Moy 1 123	0.03	0.17
111	19 46 33	Min Max Moy	22,4 28,8 25,1	(1)	0.09	0.53
117*	16 43 31	Min Max Moy	21,0 28,1 22,2	Min 372 Max 1 437 Moy 605	0.03	0.46
118*	21 41 34	Min Max Moy	21,6 30,0 23,8	(1)	0.03	0.55
210	26 56 45	Min Max Moy	20,9 23,4 21,8	(1)	0.04	0.50
211	15 43 31	Min Max Moy	22,9 25,5 24,7	(1)	0.04	0.61
217*	18 65 35	Min Max Moy	20,9 24,1 22,3	(1)	0.05	1.46
218*	16 36 27	Min Max Moy	22,3 25,2 23,7	(1)	0.04	1.80
310	21 45 33	Min Max Moy	21,3 24,2 23,3	Min 333 Max 2 957 Moy 670	0.03	1.08
311	13 60 27	Min Max Moy	19,2 29,9 25,5	Min 274 Max 3 369 Moy 821	0.03	0.23
317*	31 45 39	Min Max Moy	20,6 23,8 21,4	(2)	0.06	0.79
318*	18 33 27	Min Max Moy	23,8 28,8 24,7	Min 372 Max 1 645 Moy 721	0.03	0.90
Extérieur	20 100 64	Min Max Moy	-8 12 4	350	(3)	0.02
Recommandations	de 30% à 55%			< 1 000	< 0,10	< 0,20

(*) Logement de la nouvelle section

(1) Aucune lecture de CO₂ n'était prévue dans ces appartements

(2) Une défectuosité de l'équipement ne permet pas de valider les résultats

(3) Il n'a pas été possible d'analyser la sonde de formaldéhyde

Note : La zone ombragée indique que la valeur obtenue excède la recommandation

6.4.10.1 Humidité relative et température

Le tableau 6.10.1 démontre que l'humidité relative minimum dans les logements sélectionnés varie entre 13% et 31% et le maximum entre 33% et 65%. Pour ce qui est des valeurs moyennes pour la période d'échantillonnage, elles se situent entre 27% et 45%. La moyenne du bâtiment après 7 jours était de 32%. Cette moyenne est l'une des plus élevée des 10 bâtiments de ce projet et le fait que les lectures ont été prises au milieu du mois d'avril y contribue certainement. La température moyenne des appartements était de 23,5°C et elle variait entre 19,2°C et 30,0°C.

6.4.10.2 Anhydride carbonique

Les concentrations moyennes de CO₂ pour les logements choisis varient entre 605 et 1123 ppm. Selon le tableau 6.10.1, le CO₂ a atteint 3 369 ppm dans un logement. Celle-ci a été causée par la respiration d'une personne qui était près de la sonde.

Il y a seulement le logement 110 (1 123 ppm) qui excède la norme ASHRAE et d'après le questionnaire la personne qui habite ce logement ne ressent aucun symptôme pouvant être occasionner par le CO₂. Les lectures enregistrées dans la nouvelle section sont comparables à celles de l'ancienne section du bâtiment, si on exclut le logement 110.

6.4.10.3 Formaldéhyde

Dans tous les logements, la norme fédérale n'a pas été dépassée. Les concentrations de formaldéhyde fluctuent entre 0,03 et 0,09 ppm. La lecture de 0,09 ppm a été enregistrée dans un logement dont le tapis a été remplacé récemment. Par la suite, les autres concentrations les plus élevées ont été obtenues dans les logements avec meubles récents (tableau 6.10.2).

Pour les raisons expliquées au paragraphe précédent, il est impossible de comparer les résultats de la nouvelle section à l'ancienne.

6.4.10.4 Composés organiques volatils totaux

La concentration moyenne du bâtiment est de 0,76 mg/m³. Sur un possibilité de 12 logements, il y en a qu'un seul est conforme à la limite de confort de Molhave⁽⁵⁾. Les concentrations varient de 0,17 à 1,80 mg/m³. En consultant les tableaux 6.10.1 et 6.10.2, on constate que les logements qui ont les concentrations de COVT les plus importantes ont été rénovés ou on y retrouve des meubles neufs.

6.4.10.5 Débit d'air neuf par personne

Selon les résultats du modèle L.B.L, le «Bâtiment 10» avait un taux de CAH naturel de 0,18, ce qui représente un total de 555,2 L/s pour le bâtiment. L'apport d'air neuf correspond à 9,1 L/s par personne déclarée. Cependant, nous obtenons un taux de 4,9 L/s par personne pour le nombre d'occupants selon ASHRAE. Cette évaluation est simplement indicative (essais d'infiltrométrie de la nouvelle section simultanément à l'ancienne), car le débit par personne devrait être moindre pour les occupants de la nouvelle section (construction récente).

La nouvelle section du bâtiment possède un système de pressurisation des corridors. Donc, la quantité d'air neuf par personne peut varier. Ce système a fonctionné pendant trois mois après son installation et maintenant il n'est pas utilisé.

6.4.10.6 Synthèse des résultats

Tel que l'indique le tableau 6.10.2, la disponibilité des logements ne nous a pas permis de sélectionner beaucoup de logements dont les occupants perçoivent des symptômes. Cependant, la tendance indique que les COVT sont en concentrations suffisantes pour causer des irritations ou des sensations d'inconfort chez les personnes plus sensibles.

Pour le logement dont le niveau de CO₂ excède la norme, il serait intéressant de vérifier si il y a plus d'une personne qui y habite, tel que mentionné, ou si ce logement est plus

étanche à l'air.

Certains logements ont des taux d'humidité relative en-dessous de la norme de 30%, mais aucun d'entre-eux ne franchit la limite inférieure acceptable.

Tableau 6.10.2 : Sommaire des caractéristiques des logements étudiés

App.	Caractéristiques								
	Étage	Orient.	# pers.	Fumeur	Travaux	Meuble	Produits	Sympt.	Recom.
110	1	SO	1				x		h, co
111	1	NE	1		x		x		c
117	1	NE	1				x		c
118	1	NE	1				x		c
210	2	SO	1		x	x	x	x	c
211	2	NE	1		x				c
217	2	NE	1	x		x	x		c
218	2	SO	1			x	x		h, c
310	3	SO	1				x		c
311	3	NE	1				x		h, c
317	3	NE	1			x			c
318	3	SO	1				x		h, c

Note : «Recom.» représente quelle lecture enregistrée excède la recommandation
h=humidité, co= CO₂, f=formaldéhyde, c=COVT

Le bâtiment est occupé par des gens retraités et comme pour les bâtiments de ce type, le nombre de personnes qui associent des symptômes au bâtiment est faible, soit 20%.

Ce bâtiment se classe au cinquième rang des dix bâtiments de l'étude (tableau 6.10.3). Le taux élevé de COVT, comparativement à la moyenne, a empêché d'obtenir un meilleur rang. Finalement, le fait que certains logements du bâtiment original ont été rénovés ne permet pas de clairement identifier l'impact de la nouvelle section sur la qualité de l'air.

Tableau 6.10.3 : Qualité de l'air du «Bâtiment 10» et la moyenne des 10 bâtiments

Bâtiment	HR %	CO ₂ ppm	HCHO ppm	COVT mg/m ³	L/s/pers déclarée	Classement global
Moyenne	29	884	0,03	0,55	9,82	5
Bâtiment 10	32	778	0,04	0,76	9,1	
Classement	2	4	3	8	4	

Classement : 1= meilleur cote sur 10, 10= pire cote

6.4.10.7 Conclusion et recommandations

L'étude de qualité de l'air dans ce bâtiment nous permet d'affirmer les points suivants :

- Nous pouvons dire que la qualité de l'air du bâtiment est acceptable même si les COVT représentent certains risques (0,20 à 3,00 mg/m³) pour les personnes sensibles. Les concentrations supérieures à 0,20 mg/m³ sont attribuables aux matériaux et aux nouveaux meubles que l'on retrouve dans les logements. Le temps contribuera à réduire les concentrations. Outre les COVT, les résultats des autres paramètres sont comparables aux études mentionnées^(7,8).
- Pour les personnes sensibles, l'acquisition d'un humidificateur de pièce les aiderait à résoudre ce problème, lorsque l'humidité relative est inférieure à leur seuil de tolérance.
- La disponibilité des logements, les meubles neufs et les rénovations dans certains logements n'ont pas permis d'observer les effets du vent et de l'élévation sur les mouvements de l'air intérieur du bâtiment.
- Le logement 110 avait une concentration moyenne de CO₂ supérieure aux autres logements et à la norme de 1 000 ppm. Pourtant, ce dernier avait les mêmes caractéristiques que les autres logements. Il est possible que le taux d'occupation

ait été plus élevé que celui mentionné ou que l'enveloppe du logement soit plus étanche que la moyenne.

- Finalement, il n'a pas été possible de vérifier si le système de pressurisation des corridors avait un impact sur la qualité de l'air, car ce dernier était à l'arrêt lors de l'échantillonnage.

6.5 Conclusion

À la suite de l'étude de la qualité de l'air dans dix bâtiments de taille moyenne de la Société d'Habitation du Québec, les résultats démontrent que les concentrations des paramètres étudiés sont comparables à celles relevées dans d'autres études qui ont été effectuées dans des résidences⁽⁸⁾ et dans des tours d'habitation⁽⁷⁾.

- L'humidité relative moyenne des bâtiments est de 29% et les valeurs ont fluctué entre 22% et 33%. Ces résultats sont caractéristiques à ce type de bâtiments. Le fait qu'il n'y a pas d'humidificateur explique ces valeurs pour cette période de l'année. De plus, le fait que les occupants maintiennent des températures élevées (près de 24°C) ce qui contribue à accentuer ce phénomène.
- La concentration moyenne de CO₂ est de 884 ppm et les concentrations moyennes des bâtiments variaient entre 659 et 1 105 ppm. Les résultats ont été influencés par l'étanchéité de chaque bâtiment, le nombre de fumeurs et le nombre réel d'occupants. Ces résultats sont comparables à d'autres études^(7,8).
- Les concentrations de formaldéhyde des bâtiments fluctuaient entre 0,02 et 0,07 ppm pour une moyenne globale de 0,03 ppm. Les travaux de rénovation et l'utilisation des divers produits ont contribué à faire fluctuer les concentrations entre les logements.
- Des concentrations de COVT variant entre 0,20 et 1,02 mg/m³ ont été enregistrées et la concentration moyenne des dix bâtiments est de 0,55 mg/m³. Le taux recommandé de 0,20 mg/m³ est dépassé dans plusieurs logements, mais pour les COVT, le confort est relatif à la sensibilité des occupants.
- Lorsque le taux d'infiltration obtenu par la méthode L.B.L est réparti selon le nombre d'occupants, on obtient une moyenne de 9,82 L/s par personne. Pour chaque bâtiment les débits par personne variaient entre 17,3 et 5,6 L/s.

- La tendance suivante a été remarquée lors de l'étude. Le pourcentage d'ouverture des fenêtres est fonction du classement sur dix que chaque bâtiment a obtenu. Il y a seulement le «Bâtiment 10» qui ne respecte pas cette tendance. La tendance est difficilement vérifiable, mais les occupants semblent ouvrir les fenêtres pour combler un certain inconfort.

- Le pourcentage de perception des symptômes est généralement moins élevé dans les bâtiments pour retraités comparativement aux autres bâtiments. Toutefois, cette affirmation ne peut être validée, car l'état de santé de toutes les personnes n'a pas été considéré et la sensibilité à divers polluants varie d'une personne à l'autre.

- Avec les résultats obtenus, on ne peut affirmer que les systèmes de pressurisation des corridors ont un impact positif sur la qualité de l'air. Sur les trois bâtiments équipés de tels systèmes, seul le "bâtiment No 6" avait un système qui fonctionnait normalement.

- Les surfaces humides des espaces communs devraient être nettoyées et asséchées afin d'éviter la contamination bactérienne (apparition de divers symptômes). Pour ce qui est des moisissures observées dans les appartements (peu nombreuses), les résultats indiquent qu'elles sont proportionnelles à la tolérance des occupants.

- L'accessibilité limitée à certains logements, les caractéristiques spécifiques des logements et l'utilisation par les résidents de produits influençant la qualité de l'air ont fait que l'effet de cheminée et l'impact des vents dominants n'ont pu être observés que dans deux bâtiments.

BIBLIOGRAPHIE

1. Buchan, Lawton, Parent Ltd, «*Protocole d'essai de la qualité de l'air intérieur des tours d'habitation*», préparé pour la SCHL, Canada, avril 1990.
2. Federal-Provincial Advisory Committee on Environmental and Occupational Health, «*Exposure Guidelines for Residential Indoor Air Quality*», préparé pour Le Département de Santé et Bien-être social, ISBN 0-662-17882-3, Cat. H49-58/1990E, Canada, avril 1987 (révision juillet 1989).
3. Figley, D.A., «*Advanced Houses Program Indoor Environment Monitoring Requirements*», CANMET/SRC, No. I-4800-C-8-93, Saskatoon, janvier 1993.
4. American Society for Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, ASHRAE Standard, «*Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*», ASHRAE 62-1989, Atlanta 1989.
5. Molhave, L., «The use of The TVOC-Concept in Sources Characterisation and Regulation of IAQ», Actes de la deuxième conférence internationale, Qualité de l'air intérieur, ventilation et économies d'énergie dans les bâtiments, Montréal, mai 1995.
6. American Society for Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, (ASHRAE), «*ASHRAE - Handbook of Fundamentals*», Atlanta, 1993.
7. Wardrop Engineering Inc, «*Field investigation survey of airtightness, air movement and indoor air quality in high rise apartment buildings in five canadian regions*», préparé pour la SCHL, juillet 1993.
8. Parent, D., Kovacevic, P., Stricker, S., «Measurement of pollutant source strengths and determination of indoor air quality in Quebec housing stock», Actes de la deuxième conférence internationale, Qualité de l'air intérieur, ventilation et économies d'énergie dans les bâtiments, Montréal, mai 1995.

Documents supplémentaires

- a- Questionnaires
- b- Réponses du questionnaire général des immeubles

RÉSUMÉ DU QUESTIONNAIRE D'INSPECTION DE L'ANALYSTE

QUESTIONS	Bâtiment 1 %	Bâtiment 2 %	Bâtiment 3 %	Bâtiment 4 %	Bâtiment 5 %	Bâtiment 6 %	Bâtiment 7 %	Bâtiment 8 %	Bâtiment 9 %	Bâtiment 10 %
taux d'accessibilité des logements	71	92	75	85	88	77	74	78	100	85
Murs, plafonds porte des taches d'humidité ou de moisissure	0	63,6	11,1	0	7,1	6,1	15,0	42,9	33,3	6,1
Moquettes, rideaux ou autres sont humides	0	9,1	0	0	0	0	10,0	0	0	0
Posède beaucoup de plantes en pots	47,1	18,2	11,1	29,4	28,6	36,4	35,0	28,9	66,7	44,9
Ont des animaux	0	63,6	22,2	29,4	57,1	36,4	10,0	0	11,1	0
Il y a des odeurs de moisi ou renfermé ou chaufferie	5,9	9,1	11,1	5,9	35,7	9,1	5,0	14,3	0	0
Utilise des ventilateurs	76,5	100	77,8	70,6	71,4	63,6	35,0	28,6	55,6	36,7
Retrouve beaucoup de poussière sur les surfaces plane	0	9,1	22,2	0	28,6	24,2	5,0	0	0	4,1
Retrouve des signes de condensation sur les murs ou fenêtres	5,9	27,3	22,2	29,4	35,7	9,1	10,0	14,3	22,2	2,0
Retrouve des signes de poussière, moisissures et saleté autour des diffuseurs	0	9,1	0	0	0	0	0,0	0	0	0
Retrouve des saletés autour des aérateurs à lames	5,9	9,1	22,2	0	42,9	48,5	5,0	0	66,7	4,1
Achat de moquettes ou meubles neuf	17,6	9,1	11,1	5,9	7,1	0	10,0	0	33,3	8,2
Grandes surfaces avec panneaux de particules	35,3	0	0	41,2	0	21,2	15,0	14,3	22,2	14,3
Ont un réfrigérateur	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Retrouve moisissures sur les carreaux, murs, plafonds de la salle de bains	5,9	0	0	0	21,4	48,5	20,0	42,9	22,2	30,6
trouve-t-on un humidificateur ou un déshumidificateur	5,9	9,1	0	5,9	7,1	27,3	20,0	28,6	0	22,4
Le bac de l'humidificateur ou du déshumidificateur est propre	5,9	0	0	0	7,1	21,2	20,0	28,6	0	22,4
Remarque des fuites près de l'évier, bain, égouts, toilette	5,9	0	0	5,9	0	0	5,0	0	0	2,0

Immeuble No											Statistique	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total	%
Répondant	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	10	100,0
Les dessin conformes à l'exécution de ce bâtiment ont été égarés		x		x	x				x		4	40,0
Le système de chauffage est soumis à un programme d'entretien périodique					x						1	10,0
Le système de ventilation est soumis à un programme d'entretien périodique					x	x					2	20,0
Récemment avez-vous remplacé la moquette dans certaines pièces	x		x	x		x	x	x	x	x	8	80,0
Ces odeurs ont-elles persisté pendant plus d'une semaine après la	x										1	10,0
Récemment avez-vous repeint certaines pièces	x	x	x	x		x	x	x	x	x	9	90,0
Ces odeurs ont-elles persisté pendant plus d'une semaine après l'application de la peinture	x										1	10,0
Procédez-vous quelque fois ou régulièrement à des travaux de nettoyage qui requiert de grandes quantités de solvant ou de substance chimiques											0	0,0
L'immeuble compte-t-il un vide-oratoire adossant au local de réception					x					x	2	20,0
L'immeuble compte-t-il un sous-sol, une zone sous-jacente ou un vide sanitaire en terre		x			x		x	x			4	40,0
Y a-t-il des aires occupées à proximité					x		x				2	20,0
Ces aires sont-elles munies de ventilation					x		x				2	20,0
Y a-t-il des odeurs de mois					x			x			2	20,0
Y a-t-il des pièces dont les murs ou le plancher sont percés par un puisard, des conduites de gaz ou d'eau, des fissures, etc	x	x			x	x	x	x	x	x	8	80,0
Ces pièces sont-elles dépourvues de ventilation								x			1	10,0
Y a-t-il des odeurs de mois					x						1	10,0
Les murs de l'immeuble renferment-ils de la mousse isolante		x				x	x			x	4	40,0
Polyuréthane						x				x	2	20,0
Polystyrène		x				x	x				3	30,0
D'uréformaldéhyde											0	0,0
D'un type inconnu											0	0,0
L'immeuble a-t-il déjà subi une inondation ou un débordement		x			x	x		x			4	40,0
Présentent-ils des signes de problèmes d'humidité			x		x		x		x		4	40,0
Tâches ou de l'humidité sur les murs, plancher, plafond			x		x		x		x		4	40,0
Moquette tachées, rayées ou détrempées											0	0,0
odeurs de mois			x		x		x				3	30,0
La qualité d'air frais utilisé par l'installation de ventilation est-elle la même à longueur d'année					x	x					2	20,0
L'installation de ventilation de l'immeuble est-elle à recyclage d'air											0	0,0
L'air est amené aux étages par:												
système à débit d'air variable											0	0,0
système à débit d'air constant					x					x	2	20,0
pompes à chaleur											0	0,0
autre installation											0	0,0
Y a-t-il un dispositif de pressurisation des corridors					x	x				x	3	30,0
Le mouvement d'air entre le corridor et les appartements est-il inversé					x						1	10,0
Le système de chauffage de l'immeuble est-il muni de bouches d'admission d'air frais distinctes					x						1	10,0
Ces bouches se trouvent à moins de 10 mètres des bouches d'évacuation de cet immeuble ou d'un bâtiment adjacent					x						1	10,0
Le système de climatisation est-il muni de bouches d'admission d'air frais distinctes					x						1	10,0
L'admission d'air frais est-elle dotée d'un dispositif de filtration de la poussière					x						1	10,0
Cet immeuble est-il pourvu d'une installation de refroidissement de l'air					x						1	10,0
Les conduits ou les pléniums de ventilation sont-ils calorifugés									x	x	2	20,0
S'est-il écoulé plus cinq ans depuis le dernier nettoyage des conduits ou des pléniums									x	x	2	20,0

7.0 VÉRIFICATION ÉNERGÉTIQUE

L'objectif de la vérification énergétique visait à déterminer l'assiette des gains et des pertes énergétiques en utilisant les données recueillies sur les habitudes de vie des occupants (questionnaires), la consommation d'eau chaude (mesurée), les débits de ventilation (mesurés) et les données disponibles sur les plans de chaque bâtiment. Une première modélisation a été effectuée en y intégrant ces données pour déterminer la consommation théorique de chaque bâtiment. Par la suite, les factures énergétiques ont été utilisées pour raffiner les résultats obtenus. Les simulations énergétiques ont été effectuées avec le logiciel DOE2.1e. Ce dernier a également été utilisé pour évaluer l'impact des diverses mesures d'économies d'énergie (MEE) pour chaque bâtiment.

Les MEE évaluées sont :

- MEE1 - Rendre l'enveloppe des bâtiments conforme à la «loi sur l'économie de l'énergie dans le bâtiment»⁽¹⁾
- MEE2 - Augmenter l'étanchéité de l'enveloppe thermique des bâtiments
- MEE3 - Combiner les deux premières MEE

7.1 Méthodologie

La section méthodologie décrit les procédures générales qui ont été utilisées lors de la vérification énergétique de chaque bâtiment. Lorsque les procédures décrites ne s'appliquaient pas dans un bâtiment, les mesures de remplacement sont mentionnées dans la section «Simulation et résultats» du bâtiment en question.

7.1.1 Le questionnaire

Le «questionnaire aux occupants» identifiait les principaux appareils que les gens possèdent dans leur logement. Après les avoir identifiés, nous leur avons demandé d'évaluer le temps d'utilisation par jour de ces appareils ainsi que de l'éclairage. Les résultats obtenus ont servi de valeurs de base pour les horaires d'occupation, d'éclairage et des équipements. Les températures des différentes zones des bâtiments sont les températures moyennes qui ont été enregistrées lors de la période d'échantillonnage de la qualité de l'air. Une autre section du questionnaire demandait aux occupants de mentionner s'ils ouvrent les fenêtres à des périodes précises.

7.1.2 Modélisation

Afin de bien modéliser chaque bâtiment, il est nécessaire de diviser le bâtiment en zones (par étage et par façade) pour différencier les espaces qui ont des charges thermiques différentes. Les sections de bâtiments ont été définies en zones selon les critères suivants:

- Orientation des logements
- Superficie d'enveloppe thermique
- Fonction des espaces
- Emplacement des thermostats

Une fois que les zones et les composantes de l'enveloppe sont bien identifiées, cette information est compilée sous forme de fichier informatique. Ensuite, il faut répertorier les charges internes et les horaires (questionnaires) de ces zones et les ajoutés au fichier. Avant de répartir les charges sur une période d'une année, nous avons dû prendre en considération la période durant laquelle la cueillette d'information a eu lieu, car les

réponses obtenues ne représentent pas une moyenne annuelle mais plutôt une valeur correspondante à la période de l'étude. Certaines charges sont fonction de l'ensoleillement et la consommation d'énergie pour l'eau chaude varie selon la température de l'eau à l'entrée du bâtiment.

Les sections suivantes présentent la façon dont les charges internes ont été distribuées dans les bâtiments. Par contre, la capacité des équipements et appareils apparaîtra dans la section «Simulations et résultats» de chaque bâtiment.

La consommation énergétique du modèle de base de chaque bâtiment fut comparée avec les factures d'énergie du bâtiment. Il est nécessaire de comparer le modèle de base avec les factures pour vérifier si les charges énergétiques et les horaires du bâtiment ont été correctement identifiés. En comparant la simulation de base aux factures des mois d'été, il est possible de vérifier si les charges énergétiques attribuables à l'éclairage, aux appareils électroménagers et à l'eau chaude domestique (charges de base) correspondent à la réalité. Quand la consommation énergétique pour ces mois se rapproche de celle indiquée sur les factures, nous pouvons procéder à l'évaluation de la consommation énergétique des autres mois. La consommation supplémentaires correspond à la charge de chauffage répartie d'après les caractéristiques du bâtiment. Les résultats comparés de chaque bâtiment sont présentés dans le chapitre «Simulations et résultats» de cette section.

7.1.3 Horaires

Afin de simplifier l'entrée des données, les temps d'utilisation employés lors des simulations sont les moyennes de l'ensemble des appartements d'un bâtiment. Lorsque la période d'utilisation correspond à un intervalle (ex. : 0 à 30 minutes) le pourcentage d'utilisation est multiplié par la valeur moyenne de l'intervalle.

Ex. 40% des gens utilisent la cuisinière de 0 à 30 minutes par jour et l'autre 60% de 30 à 60 minutes, donc l'utilisation sera de 33 minutes :

$$(0,4 \times 15 \text{ min.}) + (0,6 \times 45 \text{ min.}) = 33 \text{ minutes}$$

De plus, lorsque l'utilisation des équipements peut varier avec la période mensuelle d'ensoleillement, un facteur d'ensoleillement a été appliqué à l'horaire obtenu. Les heures d'ensoleillement utilisées ont été obtenues d'Environnement Canada pour la ville de Montréal.

Tableau 7.1 : Heures d'ensoleillement mensuel

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
103	123	159	183	232	247	276	241	170	140	84	80

Les équipements assujettis à la période d'ensoleillement sont l'**éclairage** des appartements, la **cuisinière** (moins de repas chaud en été) et le **téléviseur** (sorties plus fréquentes, autres activités estivales). L'éclairage qui est contrôlé par minuterie a été simulé selon la période d'utilisation obtenue par les questionnaires. Afin de simplifier l'entrée de données, DOE2.1e ne permettant pas de simuler des cellules photo-électrique, un horaire annuel de 20h00 à 6h00 a été utilisé pour remplacer ce mode de contrôle d'éclairage extérieur. L'application du facteur d'ensoleillement se fait de la façon suivante:

Ex. : Si les questionnaires ont été complétés en janvier et selon le calcul précédent les cuisinière sont utilisées 33 min. par jour, l'utilisation moyenne de la cuisinière pour le mois de mai sera de 15 minutes :

$$(33 \text{ min.}) \times (103\text{h}/232\text{h}) = 15 \text{ minutes}$$

Si la valeur moyenne de l'intervalle des différents horaires ne permettait pas d'obtenir la consommation de base selon les factures, le temps d'utilisation était augmenté ou réduit,

selon le cas, tout en ne dépassant pas les limites supérieures des intervalles indiqués par les répondants.

7.1.4 Charges des électroménagers

Le questionnaire ne tenait pas compte de l'utilisation de tous les types d'appareils. Donc, pour l'étude, nous avons utilisé la consommation type des réfrigérateurs présentée dans le rapport «Comportements énergétiques des ménages québécois»⁽²⁾, soit 1 400 kWh/année (fiche de référence pour cotation énergétique à la fin du chapitre).

Pour l'étude, la capacité combinée d'une sècheuse et d'une machine à laver a été fixée à 5,65 kW⁽³⁾. La consommation type présentée dans le rapport «Comportements énergétiques des ménages québécois»⁽²⁾ a été utilisée pour obtenir un horaire de fonctionnement de ces appareils par occupant.

Nous avons recueilli de l'information pour les charges les plus importantes (principaux électroménagers, éclairage et eau chaude). Il s'agit là des paramètres dont les utilisateurs sont relativement certains. Pour évaluer les autres paramètres nous avons opté pour la façon suivante. Après avoir modélisé les principaux paramètres, la consommation estivale modélisée était comparée à la consommation facturée pour cette période. Si la limite supérieure des horaires ne permettait pas d'obtenir les consommations estivales, le manque à gagner correspondait à l'utilisation de divers petits électroménagers non répertoriés dans l'étude. La consommation de ces appareils était répartie sur chaque mois et le facteur d'ensoleillement ne s'appliquait pas. Dans le cas inverse, si les horaires occasionnaient une consommation supérieure aux factures, ils étaient ajustés à la baisse et aucune charge de petits appareils était ajoutée.

Les électroménagers d'un logement produisent une certaine quantité de chaleur

correspondant à l'énergie consommée en période de fonctionnement. Pour tout le projet, les gains internes attribués aux électroménagers sont évalués de la façon suivante :

Les gains internes produits par les sècheuses représentent 22% de l'énergie totale utilisée⁽⁴⁾ (évacuation à l'extérieur). Les cuisinières produisent 100% en gains internes (DOE2.1e réduit cette valeur lorsque les ventilateurs de cuisines sont en marche). Les machines à laver ont des gains internes négligeables. Dans le cas des autres électroménagers, les gains internes ont été évalués à 100% de la consommation énergétique de ces derniers.

Donc, l'ensemble des gains internes attribués aux électroménagers est évalué à 57% de la charge totale lorsque les machines à laver et les sècheuses sont situées à l'intérieur des logements. Lorsque les laveuses et sècheuses sont à l'extérieur d'un logement, les gains internes passent à 100% de la charge du logement et les gains internes des salles de lavage sont évalués à 19%.

7.1.5 Ventilation mécanique

Pour l'ensemble des bâtiments, la puissance a été établie à 117 W pour un ventilateur de cuisine et à 86 W pour un ventilateur de salle de bains⁽⁵⁾. Il n'y a aucun gain interne relié à leur fonctionnement. Finalement, les deux ventilateurs auront un horaire de fonctionnement basé sur l'utilisation des occupants. Nous avons fait l'hypothèse que seulement 25% des ventilateurs peuvent fonctionner simultanément. Lorsqu'il y a des systèmes de ventilation centralisés, les puissances des ventilateurs sont indiquées dans la section appropriée de chaque bâtiment. Le pourcentage de ventilation mécanique ajouté au taux d'infiltration naturelle a été obtenu d'après la méthode de calcul présenté par le groupe The Energy Conservatory lors de la conférence «Affordable comfort 95»⁽⁶⁾ et avec le «House Depressurization Chart» (voir l'approche utilisée à la fin de ce chapitre).

7.1.6 Occupation

Le taux d'occupation utilisé lors des simulations a été obtenu par l'entremise des questionnaires aux occupants.

7.1.7 Chauffage

Pour déterminer les températures de consigne pour l'ensemble des appartements d'un bâtiment, nous avons utilisé la moyenne des températures obtenue lors des relevés pour l'étude de la qualité de l'air.

7.1.8 Eau chaude

La consommation (kWh et litres) annuelle d'eau chaude des bâtiments a été évaluée d'après les relevés sur le terrain. Le logiciel DOE2.1e prend en considération que la température de l'eau à l'entrée du chauffe-eau varie selon la période de l'année. Pour tenir compte du fait que ces relevés ont été pris en hiver et que la consommation d'eau chaude domestique varie au cours de l'année, la consommation (litres) mesurée a été corrigée pour chaque mois de l'année en fonction de la température d'entrée d'eau. La température de consigne des chauffe-eau était de 60°C.

7.1.9 Infiltration

Pour chaque bâtiment, une fois que l'enveloppe thermique est déterminée, que l'occupation est connue, que les capacités des équipements et les horaires de fonctionnement sont élaborés, il faut valider la demande de chauffage en introduisant la charge due à l'infiltration. L'approche que nous avons suivie considère que la charge de chauffage due à l'infiltration doit être interprétée comme la différence entre la

consommation indiquée par les factures et la consommation simulée sans infiltration. Cette différence en kWh correspond à un taux de changement d'air à l'heure (CAH) naturel moyen incluant l'ouverture des fenêtres. Pour chaque bâtiment, le taux de CAH obtenu a été comparé à la valeur provenant des essais d'infiltrométrie.

Nous avons utilisé deux approches pour la distribution des taux de CAH naturel. Si chaque appartement avait un compteur électrique, le taux de changement d'air était distribué par étage. Prenons l'exemple d'un bâtiment à trois étages (profil d'occupation identique). Sans infiltration, les consommations de chauffage du troisième étage sont les plus élevées, suivies par le rez-de-chaussé et le deuxième étage. Dans ce cas, le CAH du bâtiment était réparti par étage d'après la différence de la consommation facturée et celle de la simulation sans infiltration. De cette façon, il nous était possible de quantifier l'effet de cheminée et d'avoir une indication du mouvement de l'air dans les bâtiments. Un écart important indique qu'il ya beaucoup d'infiltration et vice-versa.

Si un bâtiment avait un compteur commun, le CAH était distribué uniformément par étage. Cette approche donne les mêmes résultats que la précédente sauf qu'on ne peut quantifier l'effet de cheminée. Nous n'avions qu'un seul point de comparaison, soit la facture totale.

7.2 Simulations et résultats

Cette section contient, en première partie, les données utilisées lors des simulations avec DOE2.1e et en seconde partie les résultats des simulations énergétiques pour chaque bâtiment. Les données utilisées ont été compilées à partir de l'information obtenue par les questionnaires et par la prise de mesures à l'intérieur de chaque bâtiment. Les données présentées dans le tableau 7.2 ont été introduites dans les fichiers DOE2.1e.

Tableau 7.2 : Données sommaires introduites dans les fichiers de modélisation

Résultats compilés des questionnaires aux occupants	Bâtiments									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nombre de logements	24	12	12	20	16	43	27	9	10	57
Compteurs individuels	x			x	x				x	
Taux d'occupation Jour (%) :	82	52	82	100	55	65	78	100	40	100
Soir (%) :	100	100	100	100	92	100	100	100	100	98
Enveloppe thermique (RSI)										
Composantes ¹ :										(16)
Murs (3,40)										
Mur 1	3,10	2,29	2,93	4,29	2,89	3,20	1,76	3,14	4,63	2,89
Mur 2	3,20	-	-	-	2,89	-	1,93	2,98	4,63	2,79
Toit (5,30)*	6,50	2,79*	6,52	6,07	4,40	6,52	3,67	5,87	6,29	5,68
Dalle (1,20)	2,00	0,18	1,12	2,98	0,90	1,11	0,41	(10)	1,78	1,91
Mur fondation (2,20)	-	1,82	-	-	2,79	2,89	2,1	-	-	-
Fenêtres (0,35)	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
Portes vitrées (0,35)	0,30	0,30	0,28	0,25	0,31	0,31	0,35	0,30	0,30	0,31
Portes d'acier (0,70)	0,93	-	0,45	0,44	0,44	0,44	0,70	0,44	0,44	0,32
Portes patio (0,35)	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Électroménagers et appareils divers										
Pourcentage de gens qui possèdent :										
Réfrigérateur (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Cuisinière (%)	100	100	100	100	100	100	96	100	100	100
Micro-ondes (%)	71	83	100	77	79	82	41	57	67	59
Séchoir à cheveux (%)	82	92	44	59	86	94	73	14	100	57
Congélateur (%)	-	42	-	-	50	49	-	-	56	37
Climatiseur (%)	-	-	-	-	-	18	-	-	-	-
Lave-vaisselle (%)	-	42	-	-	-	-	-	-	-	-
Chauffe-moteur (%)	-	42	33	-	14	-	-	57	22	-
Horaires d'utilisation :										
Cuisinière (min./jour)	50	75	73	45	58	56	45	34	1,5	36
Hotte de cuisine (min./jour)	18	32	37	14	27	24	20	6	42	11
Ventilateur SB (min./jour)	11	29	27	13	42	24	16	17	2	12
Chauffe-moteur ³ (hr/jour)	-	7	7	-	7	-	-	7	0 ¹³	-
Sécheuse ⁴ (hr/jour)	1	0,77	3	3	8	5,3	6,8	2,7	0,67	2,1
Laveuse ⁴ (hr/jour)	1	0,60	3,6	2,5	6,4	4,3	8,1	2,3	0,5	1,8
Téléviseur ⁴ (hr/jour)	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Puissance installée dans :										
Logement (kW)	5	10,7 ⁵	5	5	5 ⁷	5	5	5	10,7 ⁷	5 ⁷
Salle de lavage (kW)	5,65	11,3	5,65	11,3	5,65	22,6	5,65	5,65	5,65	11,3
Consommation des petits appareils pour validation (kWh/jour/logement)	2,5	1,7	2,4	4,77	(6)	3,6	3,9	3,9	(14)	-
Éclairage										
Puissance installée dans :										
Logement 1 chambre (W)	540	-	560	620	-	760	520	540	660	660
Logement 2 chambres (W)	620	-	840	780	660	-	-	640	920	860
Logement 3 chambres (W)	-	610	980	-	810	-	-	-	1120	-
Espaces communs total (W)	3040	5890	1740	1140	2000	5400	4240	1228	1280	2150
Balcons extérieurs total (W)	2940	-	720	1200	-	-	-	-	1000	-
Stationnement et accès (W)	880	710	730	720	900	1500	530	405	800	800

7.0 VÉRIFICATION ÉNERGÉTIQUE

Résultats compilés des questionnaires aux occupants	Bâtiments									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Horaires d'utilisation des lumières :										
Cuisine (hr/jour)	4,4	11,2	4,3	3,9	4,4	5,7	4,1	2,7	5,8	4,1
Salon (hr/jour)	5,7	4,8	6,7	5,4	5,8	5,0	5,8	2,7	3,4	4,8
Chambres (hr/jour)	1,1	2,4	1,1	0,5	1,9	1,3	2,8	0,2	0,8	0,8
Toilette (hr/jour)	0,6	6,5	2,2	1,7	1,5	1,3	0,9	0,7	2,0	0,9
Corridors (hr/jour)	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Cages d'escalier (hr/jour)	24	10	24	24		24	24	24	24	24
Entrées (hr/jour)	10	24	24	24	(9)	24	24	24	10	24
Extérieur (hr/jour)	10	10	10	10	(9)	10	24	10	10	10
Ventilation										
Débit par ventilateur de :										
Cuisine (L/s)	31,3	37,1	31,3	52	0	36,8	19,6	48	49	48
Salle de bains (L/s)	12,0	4,4	3,1	26	(10)	26,2	5,9	31	2	33
Changement d'air naturel correspondant à 25% des ventilateurs en fonction (L/s)	226	104	82	389	191	535	143	147	110 (15)	827
Système de pressurisation de corridor	-	-	-	-	oui	oui	-	-	-	oui
Débit total du système en L/s	-	-	-	-	246	988	-	-	-	895
Eau chaude										
Mois de référence :	Fév	Mars	Mars	Mars	Avril	Mars	Mars	Mars	Avril	Juil.
Consommation moyenne (L/jour)	3439	6583	1167	1692	4295	6718	1713	735	2485	4252
Chauffage										
Température de consigne :										
Logements (°C)	23,3	23,3	23,6	23,3	23,6	23,7	23,3	23,4	22,8	23,5
Espaces communs ² (°C)	21	21 ⁶	21	21	16 ¹¹	18 ¹¹	20	20	21	18 ¹¹

* 2,90 correspond à la résistance thermique d'un toit à dalle de béton

(1) Les valeurs entre les parenthèses sont celles recommandées par le règlement québécois en RSI

(2) Il s'agit d'une hypothèse car aucun enregistrement n'a été effectué

(3) Selon le Guide-Hydro, 7 hr/jour pour les mois de décembre, janvier et février

(4) Ces valeurs sont compilées par occupant selon l'analyse des comportements québécois

(5) Ajouter 1,35 kW dans les logements avec congélateur et lave-vaisselle

(6) Le sous-sol a été modéliser avec une température de 18 °C

(7) Ajouter 0,35 kW dans les logements avec congélateur

(8) Salles communes (6,22 kWh), logements du sous-sol (3,9 kWh), logements du RC (7,6 kWh) et logements du 1^{er} (10,2 kWh)

(9) Été 20h à 6h, hiver 16h à 8h

(10) Système central en fonction de 7h à 22h, voir données en annexe pour débits individuels

(11) Il s'agit de la température de l'air dans le système de pressurisation des corridors

(12) Le premier plancher (RSI 5,33) est situé au-dessus d'un vide sanitaire, il n'y a pas de dalle

(13) Les prises de chauffe-moteur ne sont pas utilisées

(14) Logement 4,4 kWh par jour et 7,33 kWh pour les espaces communs

(15) L'impact du système central est de 156 L/s sur la ventilation naturelle

(16) RSI de la nouvelle section : Murs 3,75 et 3,67 / Toit de béton 3,39 / Dalle 2,38

7.2.1 Bâtiment No 1

Année de construction :	1984
Nombre d'étages :	3
Nombre d'appartements :	24
Nombre d'occupants déclarés :	30
Nombre d'occupants ASHRAE :	54
Période d'échantillonnage :	13 au 27 février 1995

Chaque appartement de ce bâtiment possède son compteur électrique, donc l'approche de la distribution du changement d'air par étage a été utilisée. Les factures d'électricité démontraient que les logements dont les façades bénéficient d'un plus grand nombre d'heures d'ensoleillement ont une consommation énergétique plus faible que ceux du côté plus ombragé. La modélisation a permis d'obtenir les mêmes résultats. La figure 7.1.1 montre la distribution de la consommation par étage et par orientation. Les factures des trois années de référence (1991-92-93) représentent une consommation moyenne de 243 329 kWh et la simulation de base affiche une valeur de 242 696 kWh, pour une différence globale de -0,3%.

Le taux d'infiltration moyen annuel calculé est de 0,42 CAH. Ce taux inclus l'infiltration naturelle et l'ouverture des fenêtres puisqu'il a été déduit directement des factures énergétiques. La distribution de l'infiltration par étage est évaluée comme suit :

- Premier étage : 0,64 CAH
- Deuxième étage : 0,42 CAH
- Troisième étage : 0,21 CAH

Avec une telle distribution, on peut conclure que ce bâtiment est affecté d'une certaine manière par l'effet de cheminée. Si on considère la valeur de 0,26 CAH naturel estimé par

la méthode L.B.L. qui n'inclut pas l'ouverture des fenêtres, on peut conclure que la différence de 0,16 CAH est attribuable à une partie des 58,8% des gens qui ouvrent leurs fenêtres. La consommation totale d'une simulation avec un taux de 0,26 CAH était de 218 721 kWh, soit 23 975 kWh de moins (environ 1 198\$) que la simulation de base à 0,42 CAH. Donc, l'ouverture des fenêtres peut occasionner une consommation supplémentaire de 999 kWh (environ 50\$) par appartement d'étage différent.

7.2.1.1 Compilation énergétique

Cette section présente les résultats des simulations du bâtiment et l'impact des mesures d'économie d'énergie. Une analyse détaillée identifie le comportement énergétique du bâtiment.

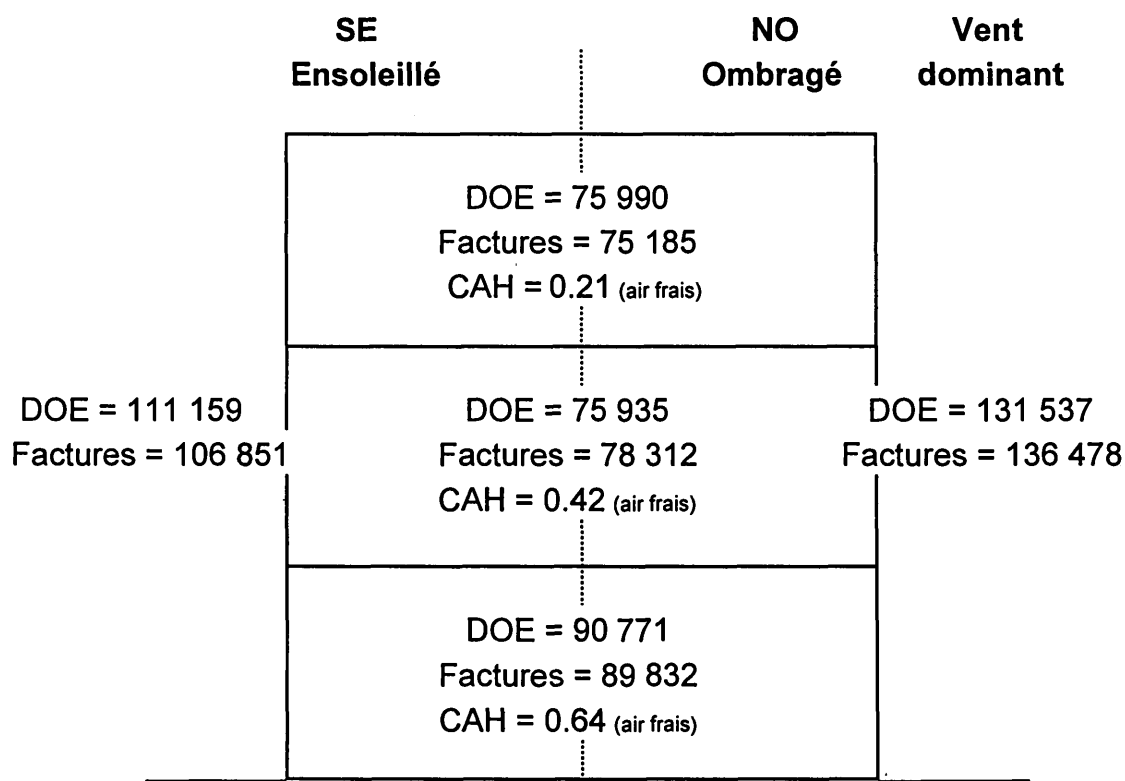


Figure 7.1.1 : Distribution de la consommation en kWh/année

7.0 VÉRIFICATION ÉNERGÉTIQUE

Le tableau 7.1.1 montre la répartition de la facture d'énergie par usage. Les électroménagers représentent la plus grande portion de la facture d'énergie, soit 35,3% de la consommation totale du bâtiment. Une importante consommation par les électroménagers jumelée aux gains internes, à la masse thermique et à une bonne enveloppe ont pour conséquence de maintenir la charge de chauffage relativement basse.

Les figures 7.1.2 à 7.1.4 font la répartition des gains et des pertes thermiques. La figure 7.1.2 est une représentation de la répartition de l'énergie annuelle consommée par usage (tableau 7.1.1).

Tableau 7.1.1 : Consommation d'énergie

USAGE	CONSOMMATION ANNUELLE (kWh)	POURCENTAGE (%)
Éclairage		
Intérieur	30 707	12,7
Extérieur	3 212	1,3
Électroménagers**	85 902	35,3
Chauffage	59 158	24,4
Eau chaude	63 295	26,1
Ventilateurs	422	0,2
Totale (Total en dollars)*	242 696 (18 026 \$)	100,0 100,0

* Tarif domestique 1993 et 1994

** La consommation de divers appareils est incluse

7.0 VÉRIFICATION ÉNERGÉTIQUE

La figure 7.1.3 montre la répartition de la charge de chauffage. Il s'agit des déperditions thermiques de l'enveloppe. La contribution des fenêtres est de 30% de la demande de chauffage. Pour sa part, l'infiltration représente la demande de chauffage la plus importante avec 45% de la charge totale.

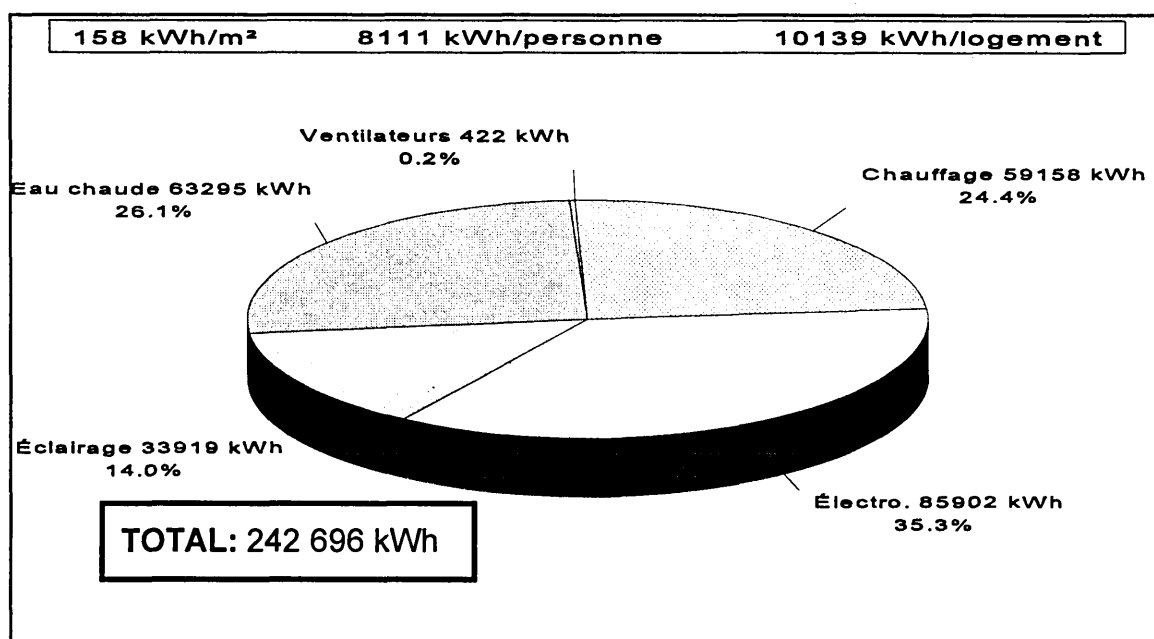


Figure 7.1.2 : Répartition de l'énergie achetée

Le tableau 7.1.4 montre en kWh et en litres la consommation annuelle moyenne normalisée d'eau chaude des logements et des chauffe-eau communs.

Tableau 7.1.4 : Consommation d'eau chaude

Consommation annuelle d'eau chaude				
Unités	Totale	Chauffe-eau Communs	Par logement	Par personne*
kWh	48 916	14 379	2 038	2 110
Litres	1 013 374	218 891	33 103	33 779

* La consommation des chauffe-eau communs est incluse (occupants déclarés)

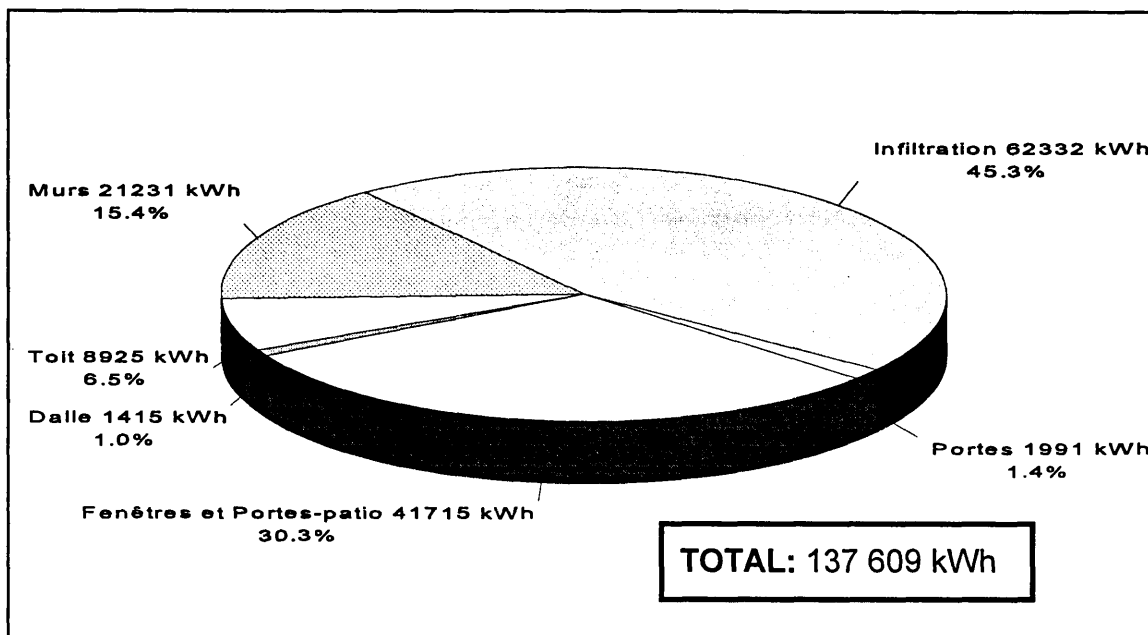


Figure 7.1.3 : Déperditions thermiques de l'enveloppe

La figure 7.1.4 présente les gains internes qui combleront la demande de chauffage selon les principales composantes. Le système de chauffage contribue à 43% de cette demande, soit 59 158 kWh. Les électroménagers arrivent en deuxième avec une contribution de 25,5% de l'ensemble des gains.

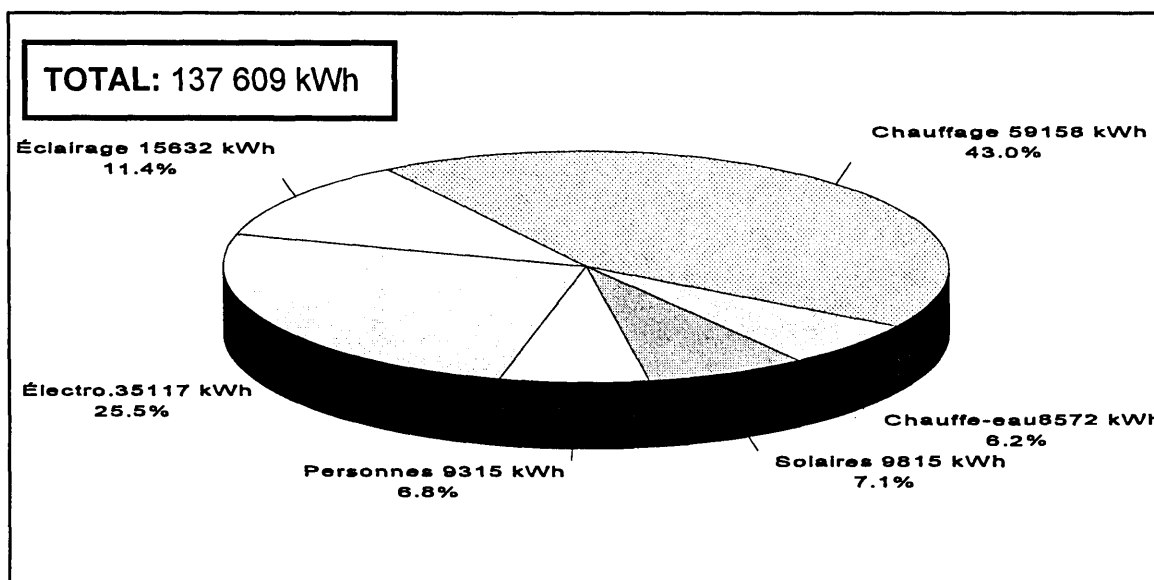


Figure 7.1.4 : Répartition des gains internes contribuant au chauffage

Les figures 7.1.5 et 7.1.6 représentent le bilan énergétique du bâtiment, soit ce qui sort du bâtiment et ce qui y entre, ou ce qui y est généré (gains). La figure 7.1.5 montre sur une même assiette toutes les pertes énergétiques. La consommation énergétique annuelle attribuable à l'infiltration naturelle (incluant l'ouverture des fenêtres) est de 50 106 kWh. La catégorie ventilation mécanique comprend les coûts liés au fonctionnement des ventilateurs et les coûts pour chauffer l'air neuf.

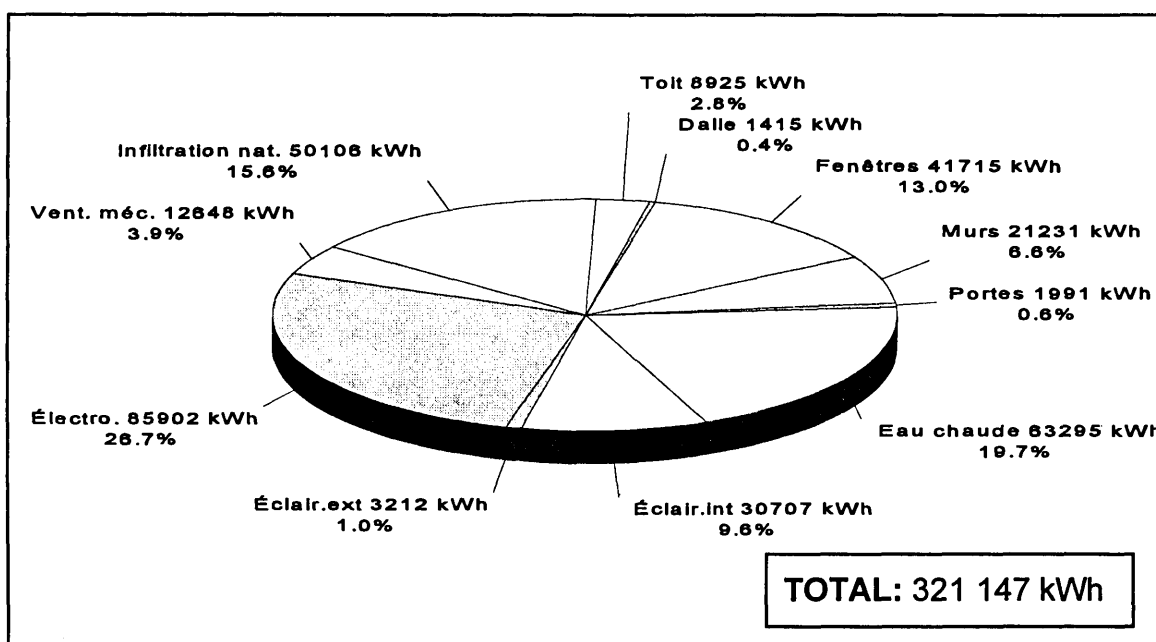


Figure 7.1.5 : Assiette des dépenses énergétiques

La figure 7.1.6 présente tous les revenus énergétiques annuels. L'énergie achetée correspond à l'énergie facturée. La somme des revenus est égale à la somme des dépenses. La facture d'énergie correspond à 75,6% du bilan énergétique du bâtiment et les gains internes provenant des électroménagers arrivent au deuxième rang avec 11%.

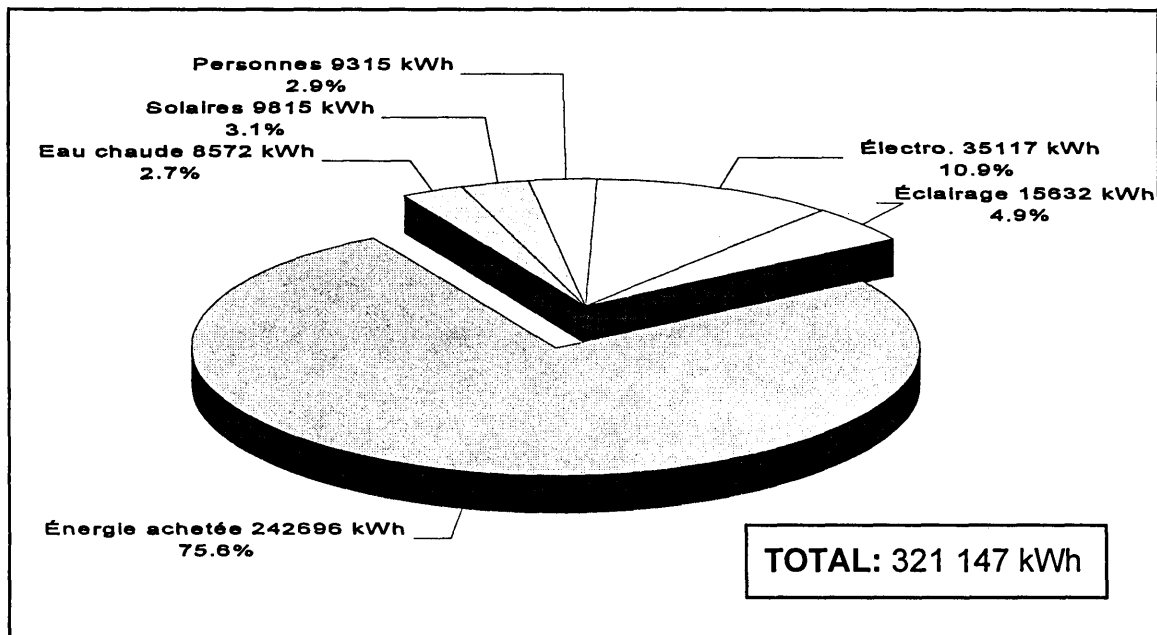


Figure 7.1.6 : Assiette des revenus énergétiques

La figure 7.1.7 montre la consommation énergétique mensuelle. La consommation de base regroupe la consommation attribuable à l'éclairage, aux appareils électroménagers et à l'eau chaude domestique pour les logements et les espaces communs. Cette figure permet de visualiser l'impact de la température d'entrée d'eau dans les calculs de la consommation d'eau chaude et l'effet de la période d'ensoleillement mensuelle. Avec cette approche, la consommation d'énergie pour le chauffage est de 59 158 kWh comparativement à 99 227 kWh lorsque l'énergie de chauffage est normalisée d'après les mois d'été. Notre approche représente une baisse de 40% de la consommation de chauffage comparativement à une normalisation simple.

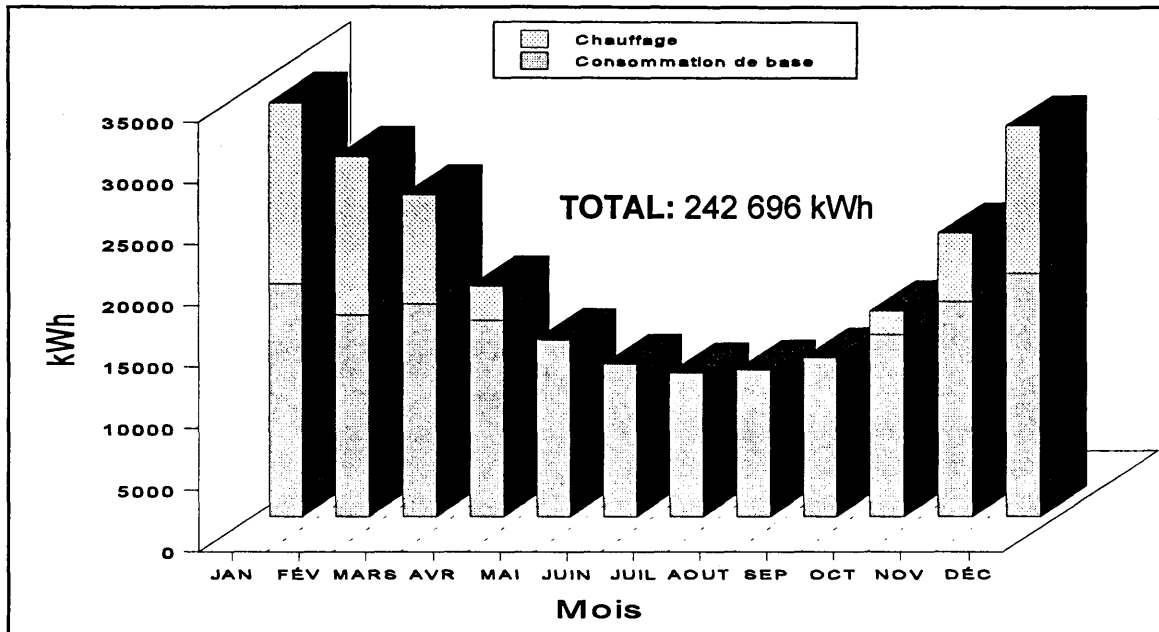


Figure 7.1.7 : Consommation énergétique mensuelle

7.2.1.2 Mesures d'économie d'énergie

Une mesure d'économie d'énergie a été envisagée pour ce bâtiment. Il s'agit d'améliorer l'enveloppe thermique selon le règlement québécois (dalle sur le sol non modifiée). Cette mesure a réduit de 1,3% la consommation annuelle d'électricité (économie de 164\$/an). Le fait que le bâtiment de Longueuil possède une enveloppe thermique se rapprochant du règlement explique cette faible économie.

La mesure d'économie d'énergie concernant l'amélioration de l'étanchéité à l'air du bâtiment n'a pas été envisagée parce que l'enveloppe du bâtiment est déjà très étanche avec un taux de 3,28 à 50 pascals.

7.2.1.3 Synthèse des résultats

La figure 7.1.8 montre la distribution de la consommation énergétique des principaux systèmes (chauffage, eau chaude, éclairage et électroménagers) par rapport à la moyenne des bâtiments de l'étude. La comparaison est faite par unité de superficie, par logement et par personne.

Après avoir complété la vérification énergétique des 10 bâtiments, nous constatons que la consommation annuelle totale par mètre carré du «Bâtiment 1» (158 kWh/m²) est moins élevée que la moyenne des bâtiments (166 kWh/m²).

La consommation d'énergie de chauffage est inférieure aux moyennes par mètre carré, par logement et par personne.

Si on tient compte de la superficie totale, du nombre de logements et du nombre d'occupants du bâtiment, la consommation énergétique attribuable à l'éclairage et aux électroménagers est inférieure à la moyenne.

La consommation d'eau chaude domestique par logement est moins élevée que la moyenne des 10 bâtiments. Par contre, la consommation d'eau chaude domestique par personne et par superficie est plus importante.

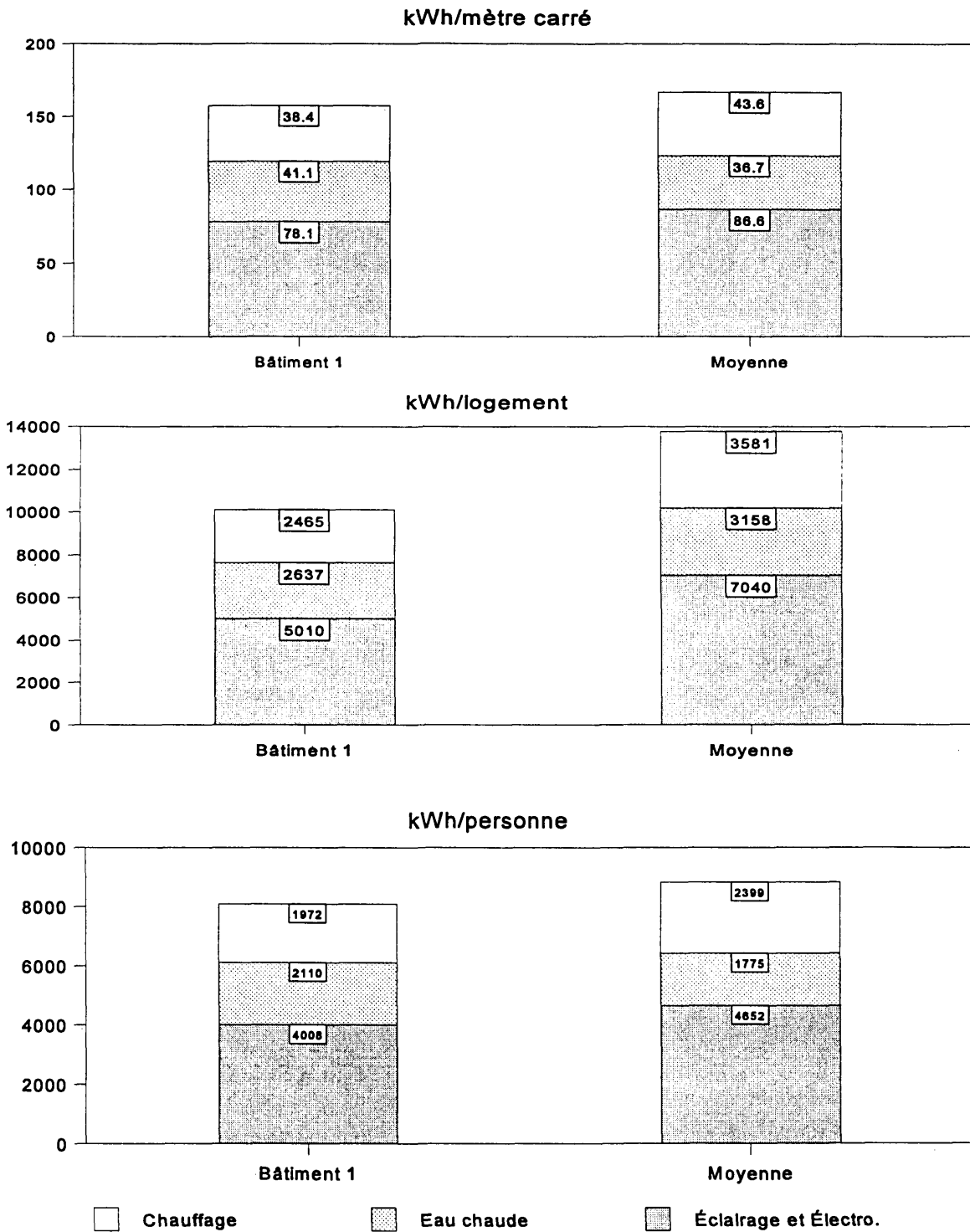


Figure 7.1.8: Comparaison énergétique

7.2.1.4 Conclusion et recommandations

Les résultats obtenus par modélisation du modèle de base et d'après la MEE retenue, nous concluons que :

- Le taux d'infiltration naturel estimé pour ce bâtiment est de 0,42 CAH (incluant l'ouverture des fenêtres) comparativement à un taux de 0,26 CAH lors des essais d'infiltrométrie, soit une différence de 38%. La différence de 0,16 CAH est attribuable en partie à l'ouverture des fenêtres en période de chauffage.
- Les différences de consommation par étage d'après les factures énergétiques et les simulations sans infiltration ont montré qu'il y a un effet de cheminée. Aucune mesure d'étanchéisation de l'enveloppe n'est proposée, mais le fait de compartimenter chaque étage aidera à réduire le mouvement d'air entre les étages et par conséquent, l'effet de cheminée. Une réduction de l'effet de cheminée permettra de réaliser des économies.
- La consommation énergétique des laveuses et sécheuses de ce bâtiment est plus faible que la consommation typique selon «Comportements énergétiques des ménages québécois».
- D'après le classement par unité de surface, ce bâtiment se classe au cinquième rang sur 10 pour l'efficacité énergétique.
- La consommation énergétique attribuable au chauffage, à l'éclairage et aux électroménagers pour ce bâtiment est inférieure à la moyenne des 10 bâtiments.

- La consommation d'eau chaude est élevée et des recherches de mesures d'économie d'énergie pouvant abaisser cette consommation sont recommandées.

- L'approche utilisée pour la distribution des charges établit que la consommation d'énergie de chauffage est 40% inférieure à celle de la normalisation des factures selon les mois d'été.

- L'application d'une mesure d'économie d'énergie visant à améliorer l'enveloppe du bâtiment n'est pas justifiable (164 \$/an) étant donné la performance actuelle de l'enveloppe.

7.2.2 Bâtiment No 2

Année de construction :	1974
Nombre d'étages :	3
Nombre d'appartements :	12
Nombre d'occupants déclarés :	42
Nombre d'occupants ASHRAE ⁽⁶⁾ :	48
Période d'échantillonnage :	21 février au 20 mars 1995

Ce bâtiment possède qu'un compteur électrique, donc le taux d'infiltration a été distribué également à chaque étage. Le taux d'infiltration moyen annuel calculé par modélisation est de 0,20 CAH. Ce taux inclus l'infiltration naturelle et l'ouverture des fenêtres puisqu'il a été déduit directement des factures énergétiques. Par contre, une valeur de 0,22 CAH naturel a été estimée par la méthode L.B.L, soit une différence de 9%.

Les factures énergétiques de l'année 1993 ont servi de référence pour nos comparaisons puisque la consommation moyenne a continuellement augmentée au cours des trois années 1991-92-93. Les factures représentent une consommation de 282 771 kWh et la simulation de base affiche une valeur de 285 415 kWh, pour une différence globale de +0,9%.

7.2.2.1 Compilation énergétique

Le tableau 7.2.1 montre la répartition de la facture électrique par usage. L'eau chaude domestique représente la plus grande portion de la facture d'énergie, soit 37,2% de la consommation totale du bâtiment. Cette donnée peut sembler surprenante, mais il faut se rappeler que ce bâtiment est occupé à 55% par des enfants et des adolescents. Ce profil accroît la charge de lessive (eau tiède et chaude) et la consommation d'eau chaude pour les soins d'hygiène.

Tableau 7.2.1 : Consommation d'énergie (figure 7.2.1)

USAGE	CONSOMMATION ANNUELLE (kWh)	POURCENTAGE (%)
Éclairage		
Intérieur	36 238	12,7
Extérieur	2 738	1,0
Électroménagers**	66 378	23,3
Chauffage	71 225	25,0
Eau chaude	106 186	37,2
Ventilateurs	445	0,2
Chauffe-moteurs	2205	0,8
Total (Total en dollars)*	285 415 (16 167 \$)	100,0 100,0

* Tarif domestique 1993

** La consommation de divers appareils est incluse

Le tableau 7.2.2 présente la consommation annuelle moyenne normalisée d'eau chaude des chauffe-eau communs. Le volume d'eau chaude par personne (116 L/jour) est le plus imposant des 10 bâtiments de l'étude. Le tableau 7.2.1 est exprimé sous forme graphique à la figure 7.2.1 et par la suite viennent les figures 7.2.2 et 7.2.3 font la répartition des gains et des pertes thermiques.

Tableau 7.2.2 : Consommation d'eau chaude

Consommation annuelle d'eau chaude			
Unités	Totale	Par logement	Par personne
kWh	106 186	8 849	2 528
Litres	1 778 851	148 238	42 354

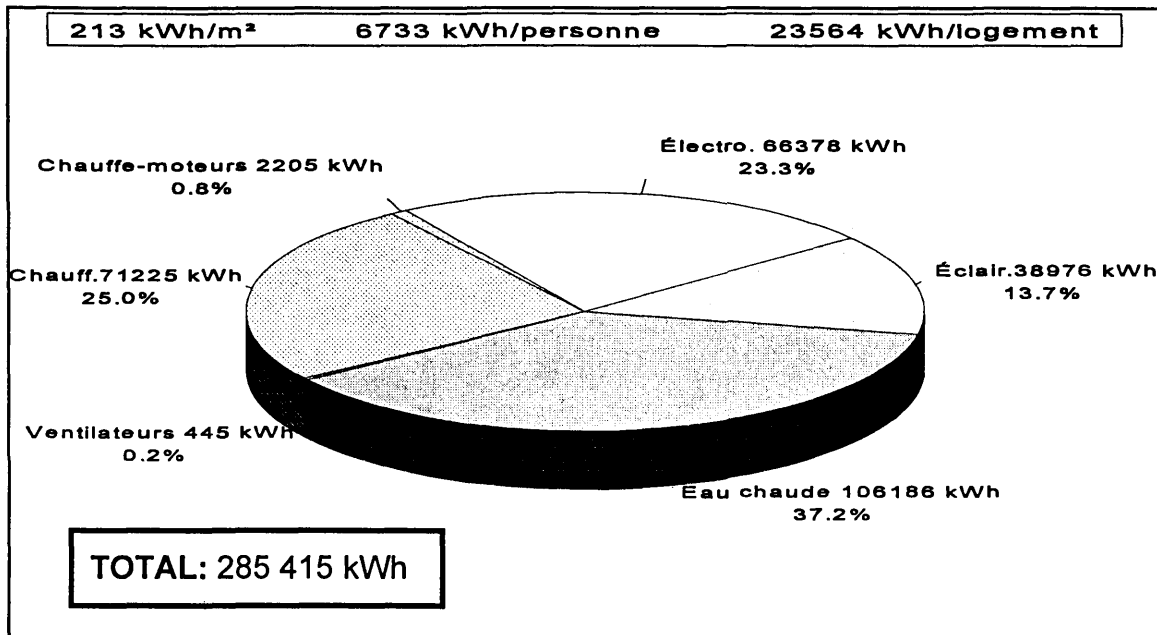


Figure 7.2.1 : Répartition de l'énergie achetée

La figure 7.2.2 montre la répartition de la charge de chauffage; il s'agit des déperditions thermiques de l'enveloppe. Les portes patio et les fenêtres représentent la demande de chauffage la plus importante avec 31,2% de la charge totale (conduction seulement).

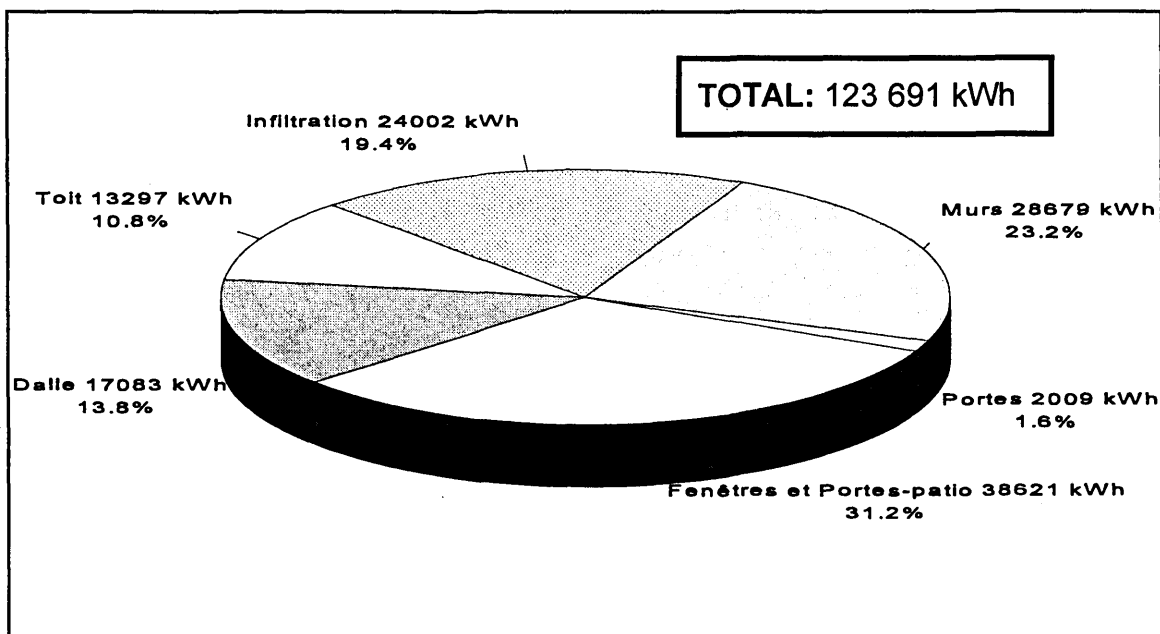


Figure 7.2.2 : Déperditions thermiques de l'enveloppe

La figure 7.2.3 présente les gains internes qui comblent la demande de chauffage selon les principales composantes. Le système de chauffage contribue à 57,6% de cette demande, soit 71 225 kWh. Les gains attribuables aux électroménagers représentent 13,0% de l'ensemble des gains.

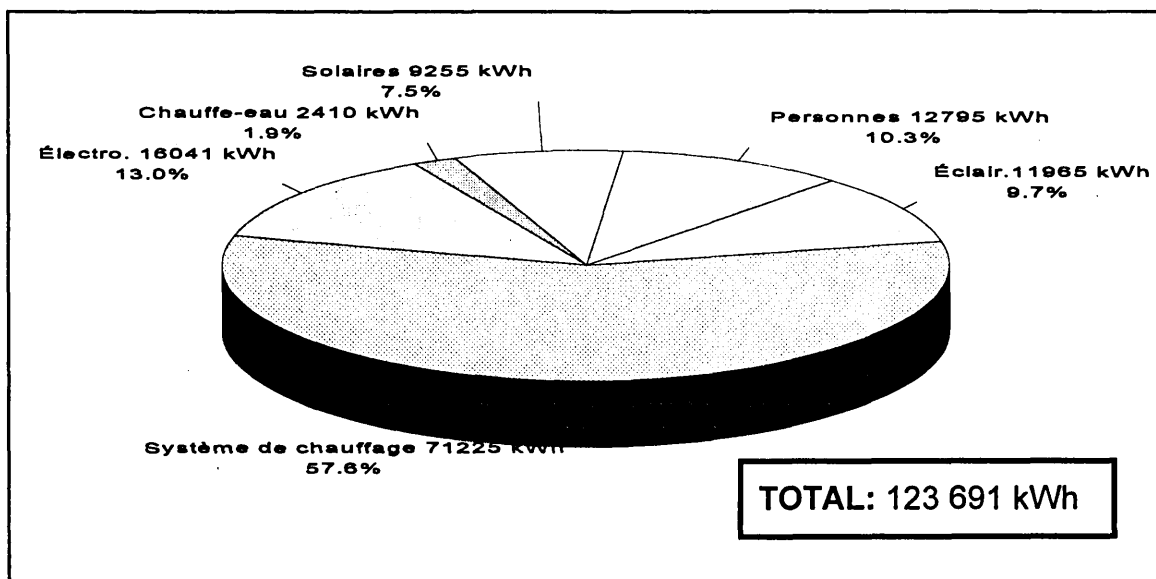


Figure 7.2.3 : Répartition des gains internes contribuant au chauffage

Les figures 7.2.4 et 7.2.5 représentent le bilan énergétique du bâtiment. Comme nous l'avons déjà mentionné, la figure 7.2.4 démontre que l'eau chaude est la principale dépense du bilan. La consommation énergétique annuelle attribuable à l'infiltration naturelle (incluant l'ouverture des fenêtres) est de 22 567 kWh. La catégorie ventilation mécanique comprend l'énergie reliée au fonctionnement des ventilateurs et l'énergie pour chauffer l'air neuf.

La figure 7.2.5 présente tous les revenus énergétiques annuels. Les gains engendrés par les électroménagers sont une importante source d'énergie gratuite. La somme des revenus est égale à la somme des dépenses. La facture d'énergie correspond à 84,5% du bilan énergétique du bâtiment.

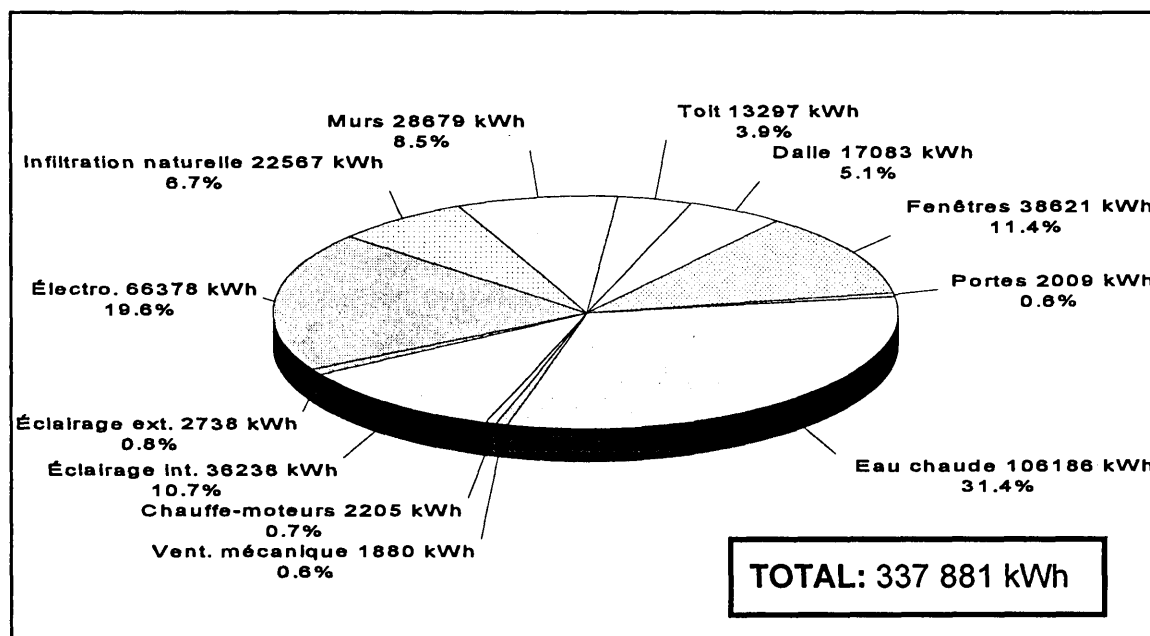


Figure 7.2.4 : Assiette des dépenses énergétiques

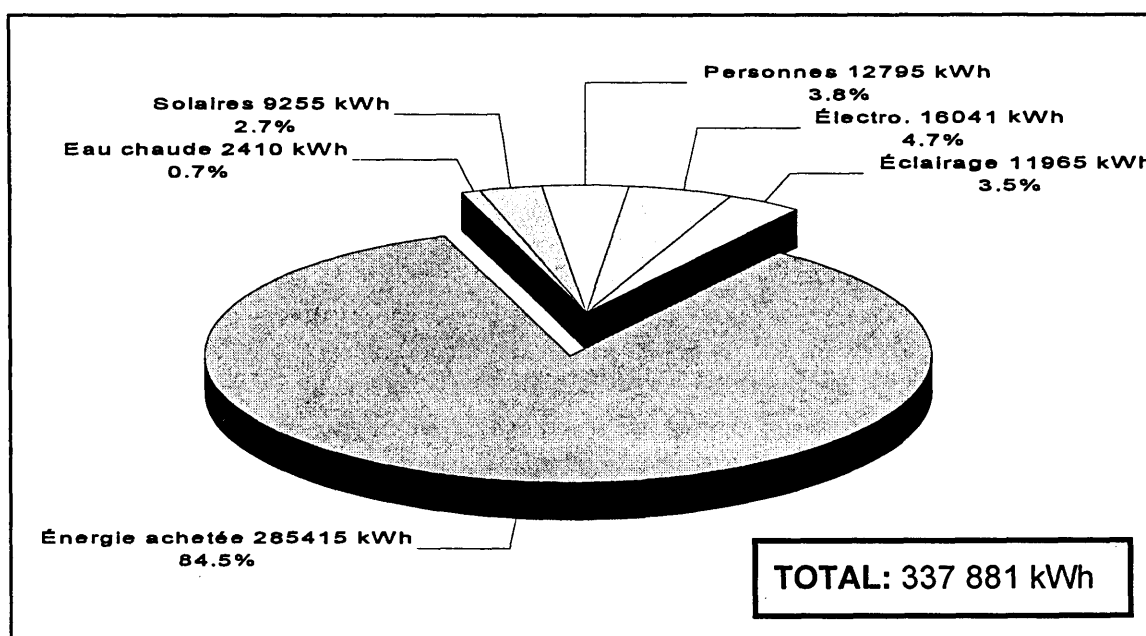


Figure 7.2.5 : Assiette des revenus énergétiques

La figure 7.2.6 montre la consommation énergétique mensuelle. Cette figure permet de visualiser l'impact de la normalisation mensuelle des charges de base selon le profil d'occupation du bâtiment. Avec cette approche, la consommation d'énergie pour le chauffage est de 71 225 kWh comparativement à 106 548 kWh lorsque l'énergie de chauffage est normalisée d'après les mois d'été. Notre approche représente une baisse de 33% de la consommation de chauffage comparativement à une normalisation simple.

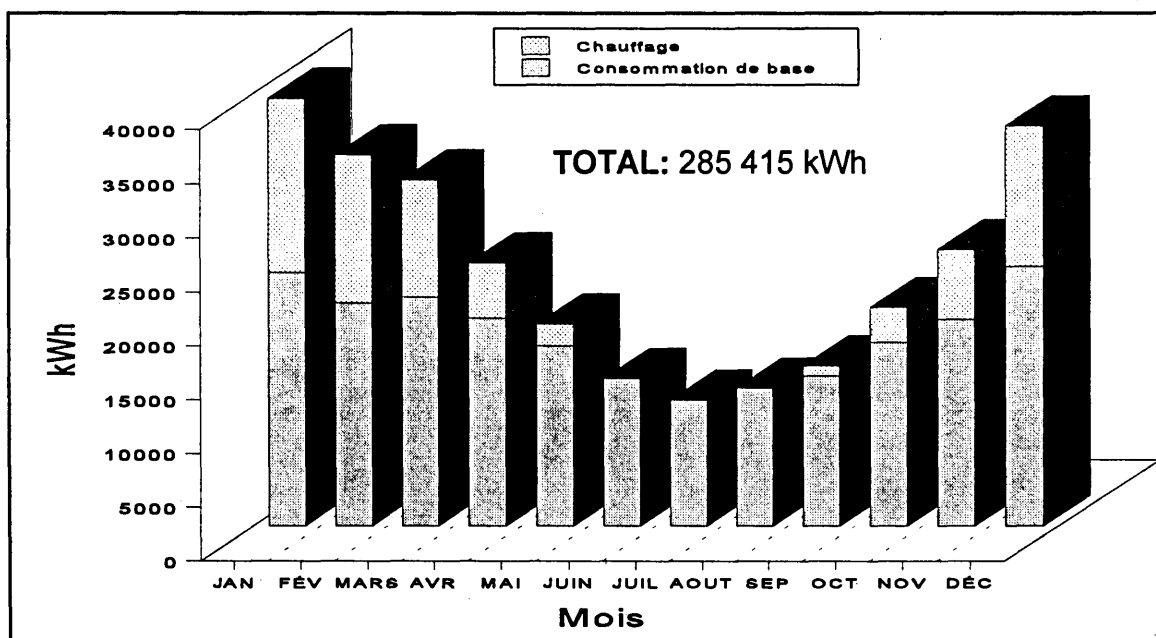


Figure 7.2.6 : Consommation énergétique mensuelle

7.2.2.2 Mesures d'économie d'énergie

Une mesure d'économie d'énergie a été envisagée pour ce bâtiment. Il s'agit d'améliorer l'enveloppe thermique selon le règlement québécois (dalle sur le sol non-modifiée). Cette mesure a réduit de 4,8% la consommation annuelle d'électricité (économie de 767\$/an).

Une mesure d'économie d'énergie concernant l'amélioration de l'étanchéité à l'air du bâtiment n'a pas été envisagée parce que l'enveloppe du bâtiment est déjà très étanche avec un taux de 2,58 à 50 pascals. De plus, le taux de CAH obtenu par modélisation démontre que l'ouverture des fenêtres en hiver n'a pas d'impact direct sur les coûts de chauffage.

7.2.2.3 Synthèse des résultats

La figure 7.2.7 montre la distribution de la consommation énergétique des principaux systèmes par rapport à la moyenne des bâtiments de l'étude. La consommation par m² et par logement est supérieure à la moyenne de l'étude. Par contre, ce bâtiment a un taux d'occupation par logement élevé et c'est ce qui explique le phénomène inverse lorsque l'énergie est comparée selon l'occupation.

Après avoir complété la vérification énergétique de 10 bâtiments, nous constatons que la consommation annuelle totale par mètre carré du «Bâtiment 2» (213 kWh/m²) est plus élevée que la moyenne des bâtiments (166 kWh/m²), ce qui lui confère la dernière position sur cette échelle.

La consommation d'eau chaude domestique (par mètre carré, par logement et par personne) est supérieure aux moyennes respectives. Une meilleure gestion de cette ressource devrait être envisagée.

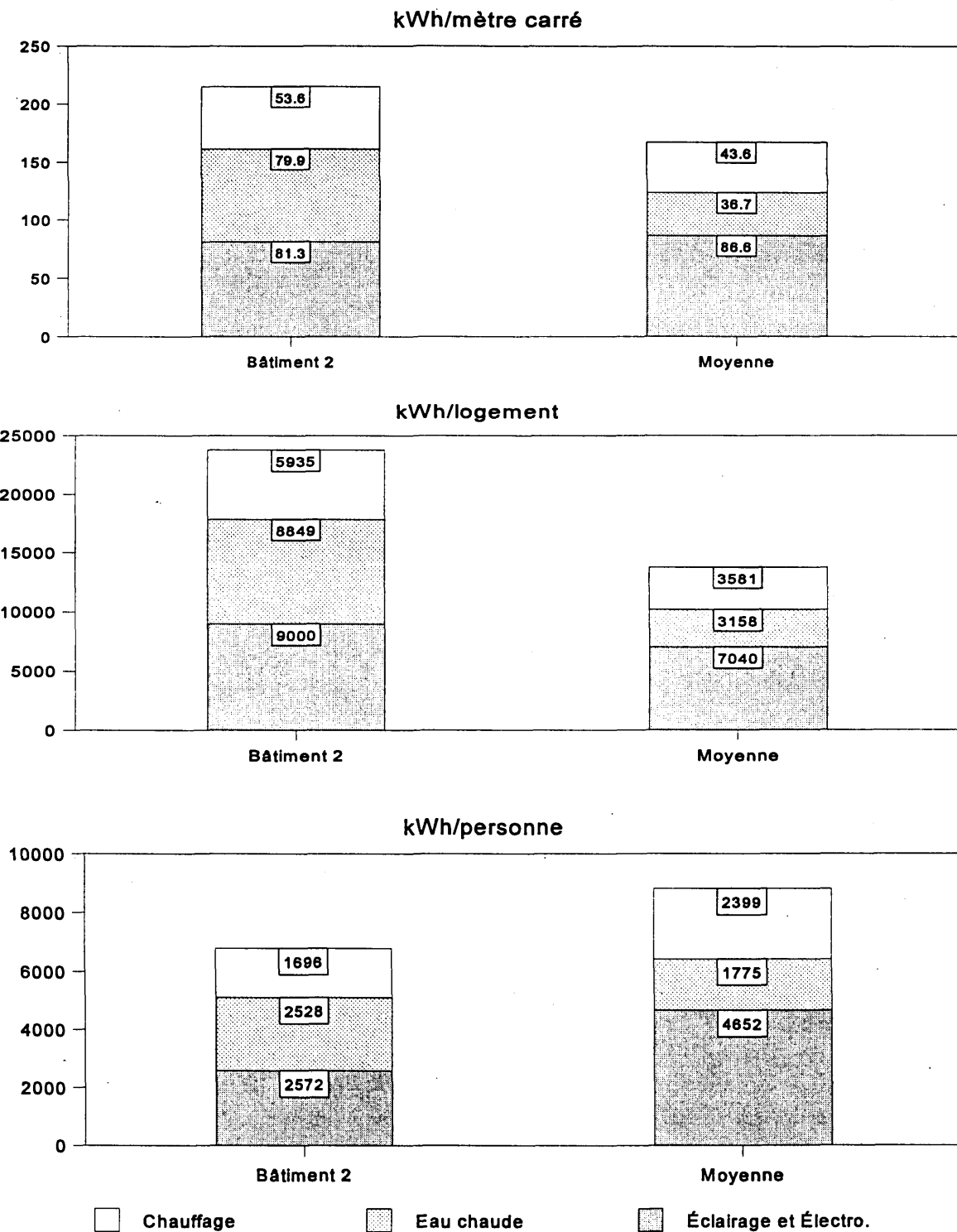


Figure 7.2.7 Comparaison énergétique

7.2.2.4 Conclusions et recommandations

Les résultats obtenus pour la modélisation du modèle de base et de la MEE retenue ont conduit aux conclusions suivantes :

- Le taux d'infiltration naturel estimé pour ce bâtiment est de 0,20 CAH (incluant l'ouverture des fenêtres) comparativement à un taux de 0,22 CAH lors des essais d'infiltrométrie, soit une différence de 9%. Avec une différence aussi faible, les travaux d'étanchéisation sont difficilement justifiables, car l'ouverture des fenêtres n'affecte pas la facture d'électricité.
- Ce bâtiment se classe au dernier rang sur 10 pour l'efficacité énergétique (selon la comparaison simple de la consommation annuelle totale par mètre carré). Le fait que ce bâtiment enregistre le plus fort taux d'occupation par logement (3,5 personnes par logement) explique en partie cette position.
- La consommation énergétique attribuable au chauffage est supérieure à la moyenne des 10 bâtiments. Afin de réduire la charge de chauffage, l'application d'une mesure d'économie d'énergie visant à améliorer l'enveloppe du bâtiment permettrait d'économiser 767 \$/an. Cependant, avant d'appliquer cette mesure, il faudra évaluer les coûts des travaux à faire. La période de recouvrement sera l'élément qui justifiera l'application de cette mesure.
- La consommation énergétique attribuable à l'éclairage et aux électroménagers est inférieure à la moyenne des 10 bâtiments. La consommation de ces charges ne présente aucune irrégularité.
- La consommation d'eau chaude est très élevée, une meilleure gestion et des recherches de mesures d'économie d'énergie pouvant abaisser cette consommation sont recommandées. De plus, la vérification du réseau d'eau

chaude permettrait de s'assurer que ce dernier ne soit pas la principale cause de ce comportement.

- L'approche utilisée pour la distribution des charges établit que la consommation d'énergie de chauffage est 33% inférieure à celle de la normalisation des factures selon les mois d'été.

7.2.3 Bâtiment No 3

Année de construction :	1981
Nombre d'étages :	2
Nombre d'appartements :	12
Nombre d'occupants déclarés :	15
Nombre d'occupants ASHRAE ⁽⁶⁾ :	30
Période d'échantillonnage :	23 mars au 06 avril 1995

Ce bâtiment possède un compteur électrique, donc le taux d'infiltration a été distribué également à chaque étage. Le taux d'infiltration moyen annuel calculé est de 0,28 CAH. Ce taux obtenu par modélisation inclus l'infiltration naturelle et l'ouverture des fenêtres puisque, comme nous l'avons précédemment mentionné, il a été déduit directement des factures énergétiques. Le même taux de changement d'air a été estimé par la méthode L.B.L. suite aux essais d'infiltrométrie. Donc, comme pour le bâtiment 2, il semble que l'ouverture des fenêtres n'a que très peu d'impact sur la consommation de chauffage.

Les factures énergétiques des trois années de référence (1991-92-93) représentent une consommation moyenne de 130 493 kWh et la simulation de base affiche une valeur de 132 204 kWh, pour une différence globale de +1,3%.

7.2.3.1 Compilation énergétique

Cette section présente les résultats des simulations du bâtiment et l'impact des mesures d'économie d'énergie. Nous suggérons de consulter les résultats en vous référant aux données de modélisation du tableau 7.2.

Le tableau 7.3.1 montre la répartition de la facture électrique par type d'utilisation. Les électroménagers représentent la plus grande portion de la facture d'énergie, soit 37,4% de la consommation totale du bâtiment. Une importante consommation par les

7.0 VÉRIFICATION ÉNERGÉTIQUE

électroménagers jumelée aux gains internes, à la masse thermique et à une bonne enveloppe ont pour conséquence de maintenir une charge de chauffage relativement basse (25,8%) pour ce bâtiment.

Tableau 7.3.1 : Consommation d'énergie

USAGE	CONSOMMATION ANNUELLE (kWh)	POURCENTAGE (%)
Éclairage		
Intérieur	17 656	13,4
Extérieur	2 646	2,0
Électroménagers**	49 416	37,4
Chauffage	34 129	25,8
Eau chaude	25 255	19,1
Ventilateurs	445	0,3
Chauffe-moteurs	2657	2,0
Total	132 204	100,0
(Total en dollars)*	(7 907\$)	100,0

* Tarif domestique 1993 et 1994

**La consommation de divers appareils est incluse

Le tableau 7.3.2 montre en kWh et en litres la consommation annuelle moyenne normalisée d'eau chaude des chauffe-eau communs. Cette consommation est applicable aux personnes déclarées.

Tableau 7.3.2 : Consommation d'eau chaude

Consommation annuelle d'eau chaude			
Unités	Totale	Par logement	Par personne
kWh	25 255	2 105	1 684
Litres	407 053	33 921	27 137

Les figures 7.3.1 à 7.3.3 font la répartition des gains et des pertes thermiques. La figure 7.3.1 est une représentation de la répartition de l'énergie annuelle consommée par usage selon le tableau 7.3.1. Les prises chauffe-moteur et les évacuateurs ne représentent qu'une faible partie de la facture (2,3%).

La figure 7.3.2 montre la répartition des déperditions thermiques de l'enveloppe. Les pertes par conduction des fenêtres et portes patio représentent la demande de chauffage la plus importante avec 34,1% de la charge totale. Pour sa part, l'infiltration représente 31,3% de la demande de chauffage.

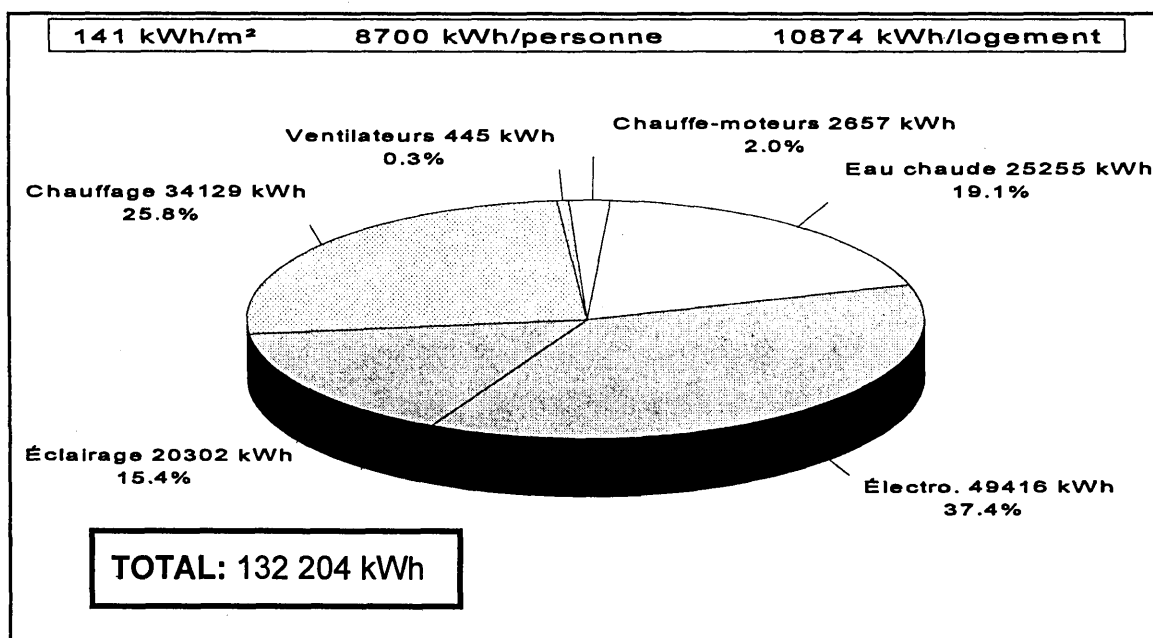


Figure 7.3.1 : Répartition de l'énergie achetée

La figure 7.3.3 présente les gains internes qui comblent la demande de chauffage selon les principales composantes. Le système de chauffage contribue à 47% de cette demande, soit 34 129 kWh.

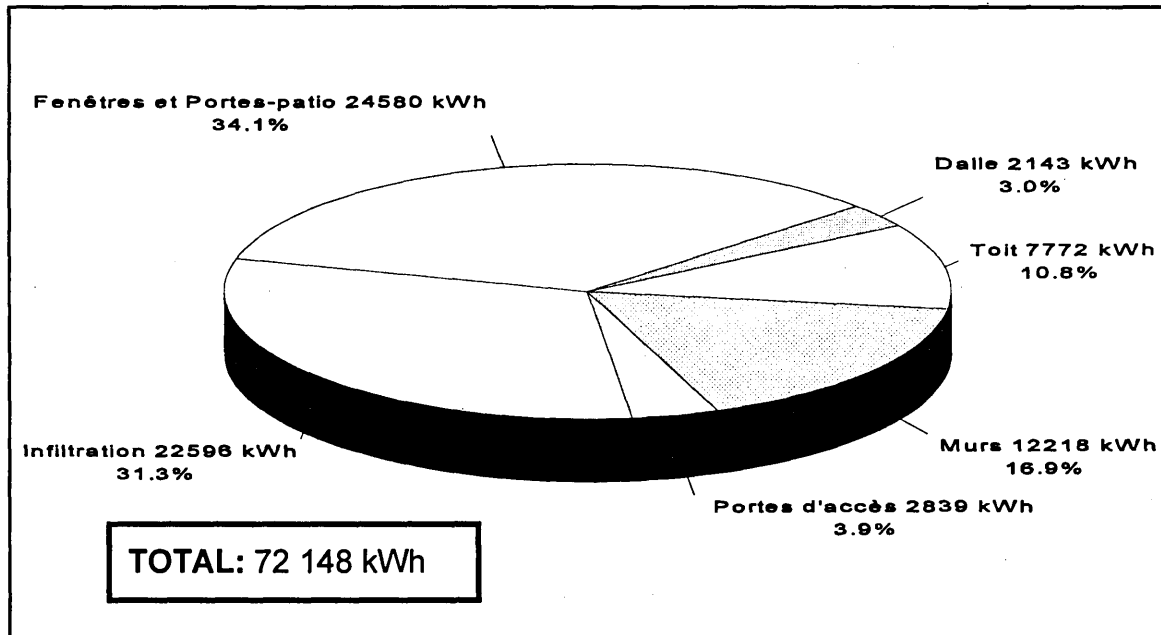


Figure 7.3.2 : Déperditions thermiques de l'enveloppe

Les figures 7.3.4 et 7.3.5 représentent le bilan énergétique du bâtiment, soit ce qui sort du bâtiment et ce qui y entre, ou ce qui y est généré (gains). La figure 7.3.4 montre sur une même assiette toutes les pertes énergétiques. La consommation énergétique annuelle attribuable à l'infiltration naturelle (incluant l'ouverture des fenêtres) est de 22 257 kWh. La catégorie ventilation mécanique comprend l'énergie liée au fonctionnement des ventilateurs et celle nécessaire pour chauffer l'air neuf.

La figure 7.3.5 présente tous les revenus énergétiques annuels. La somme des revenus est égale à la somme des dépenses. La facture d'énergie correspond à 77,7% du bilan

énergétique du bâtiment et les gains internes provenant des électroménagers arrivent au deuxième rang avec 9,1%.

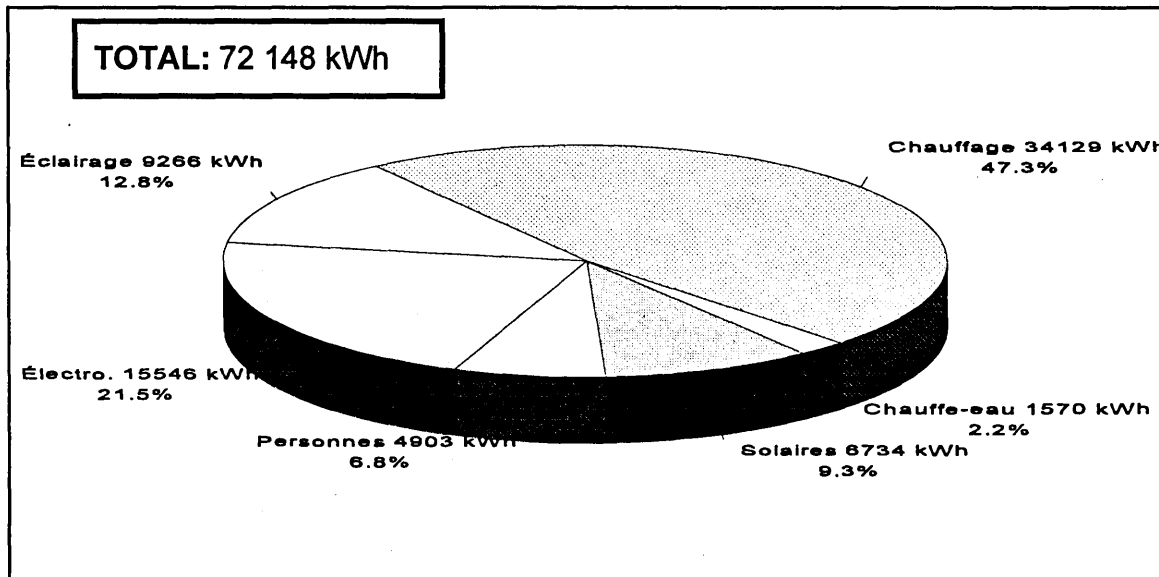


Figure 7.3.3 : Répartition des gains internes contribuant au chauffage

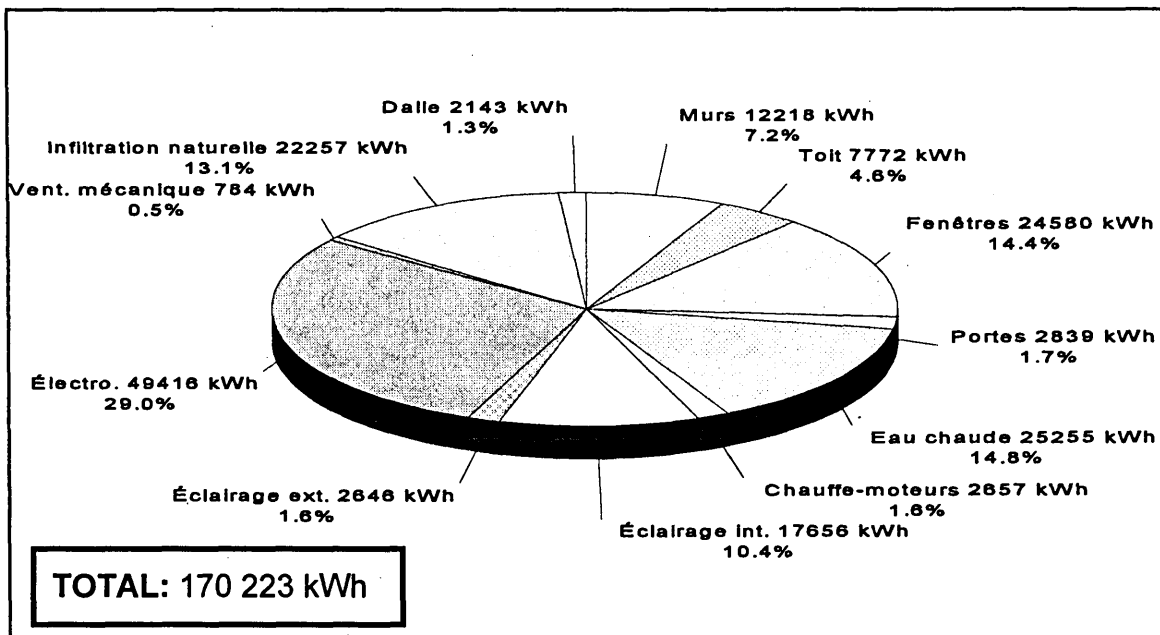


Figure 7.3.4 : Assiette des dépenses énergétiques

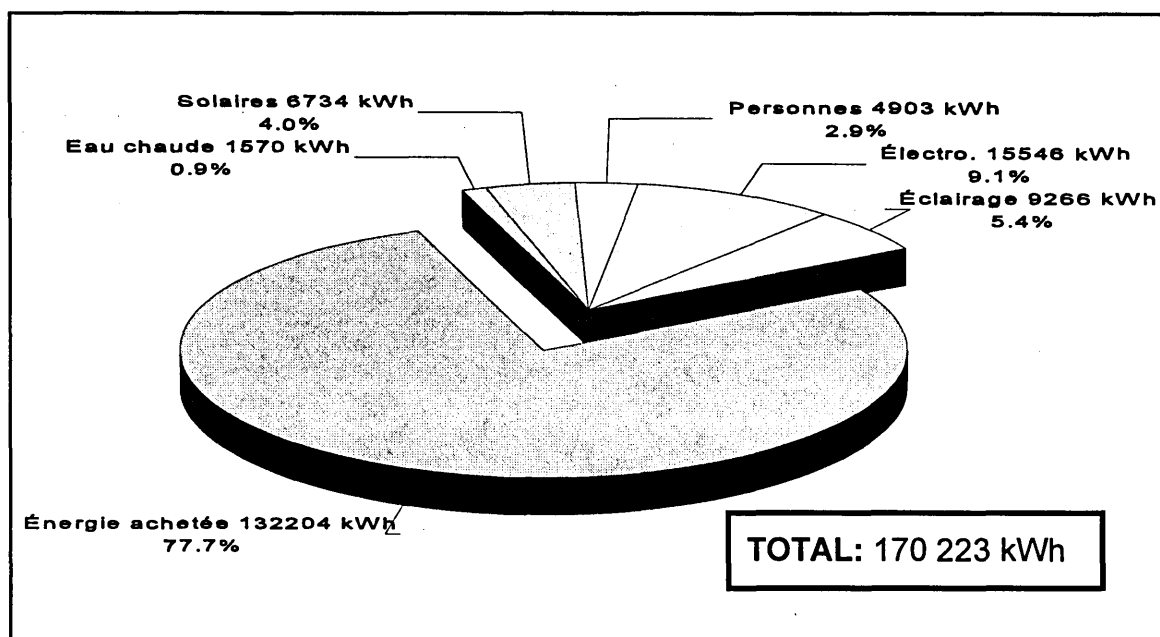


Figure 7.3.5 : Assiette des revenus énergétiques

La figure 7.3.6 montre le profil de la consommation énergétique d'après l'approche de normalisation sur une base mensuelle. La consommation de base regroupe la consommation attribuable à l'éclairage, aux appareils électroménagers et à l'eau chaude domestique pour les logements et les espaces communs. Avec cette approche, la consommation d'énergie pour le chauffage est de 34 129 kWh comparativement à 55 211 kWh lorsque l'énergie de chauffage est normalisée d'après les mois d'été. Notre approche représente une baisse de 38% de la consommation de chauffage comparativement à une normalisation simple.

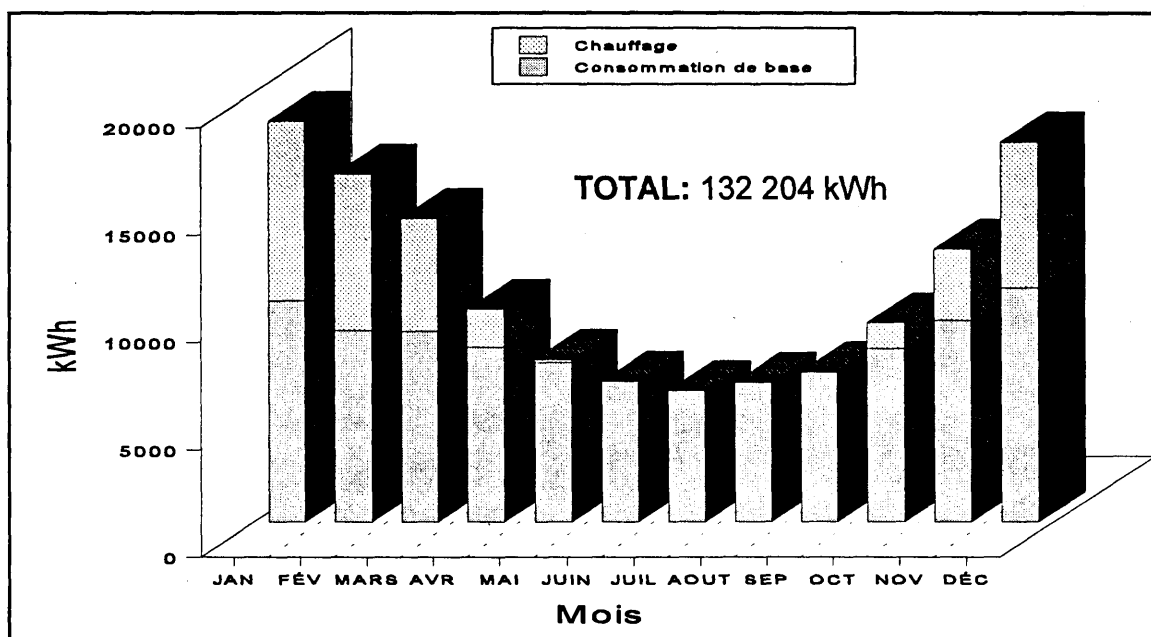


Figure 7.3.6 : Consommation énergétique mensuelle

7.2.3.2 Mesures d'économie d'énergie

Une seule mesure d'économie d'énergie a été modélisée pour ce bâtiment. Il s'agit d'améliorer l'enveloppe thermique selon le règlement québécois (dalle sur le sol non-modifiée). Cette mesure a réduit de 4,3% la consommation annuelle d'électricité (économie de 309\$/an).

La mesure d'économie d'énergie qui vise à améliorer l'étanchéité de l'enveloppe n'a pas été envisagée parce que l'enveloppe du bâtiment est déjà très étanche avec un taux de 3,99 à 50 pascals. De plus, la modélisation nous a révélé que l'ouverture des fenêtres a un impact négligeable sur la consommation énergétique.

7.2.3.3 Synthèse des résultats

La figure 7.3.7 montre la distribution de la consommation énergétique des principaux systèmes. Après avoir complété la vérification énergétique de 10 bâtiments, nous constatons que la consommation annuelle «Bâtiment 3» (141 kWh/m²) est moins élevée que la moyenne des bâtiments (166 kWh/m²), ce qui lui vaut la deuxième performance énergétique.

La consommation d'énergie de chauffage est inférieure aux moyennes par mètre carré, par logement et par personne.

La consommation attribuable à l'éclairage et aux électroménagers par personne est plus élevée que la moyenne des 10 bâtiments. Par contre, la consommation attribuable à ces charges par logement et par superficie est moins importante.

Les trois échelles de la figure 7.3.7 indiquent que la consommation d'eau chaude domestique est inférieure à la moyenne.

7.2.3.4 Conclusions et recommandations

À la suite de la compilation énergétique du «Bâtiment 3», nous pouvons affirmer que :

- Le taux d'infiltration naturel estimé pour ce bâtiment est de 0,28 CAH (incluant l'ouverture des fenêtres), soit le même taux que celui obtenu par la méthode L.B.L. Donc, l'impact de l'ouverture des fenêtres semble négligeable.
- Ce bâtiment se classe au deuxième rang sur dix pour l'efficacité énergétique selon la comparaison simple de la consommation annuelle totale par mètre carré (141 kWh/m²).

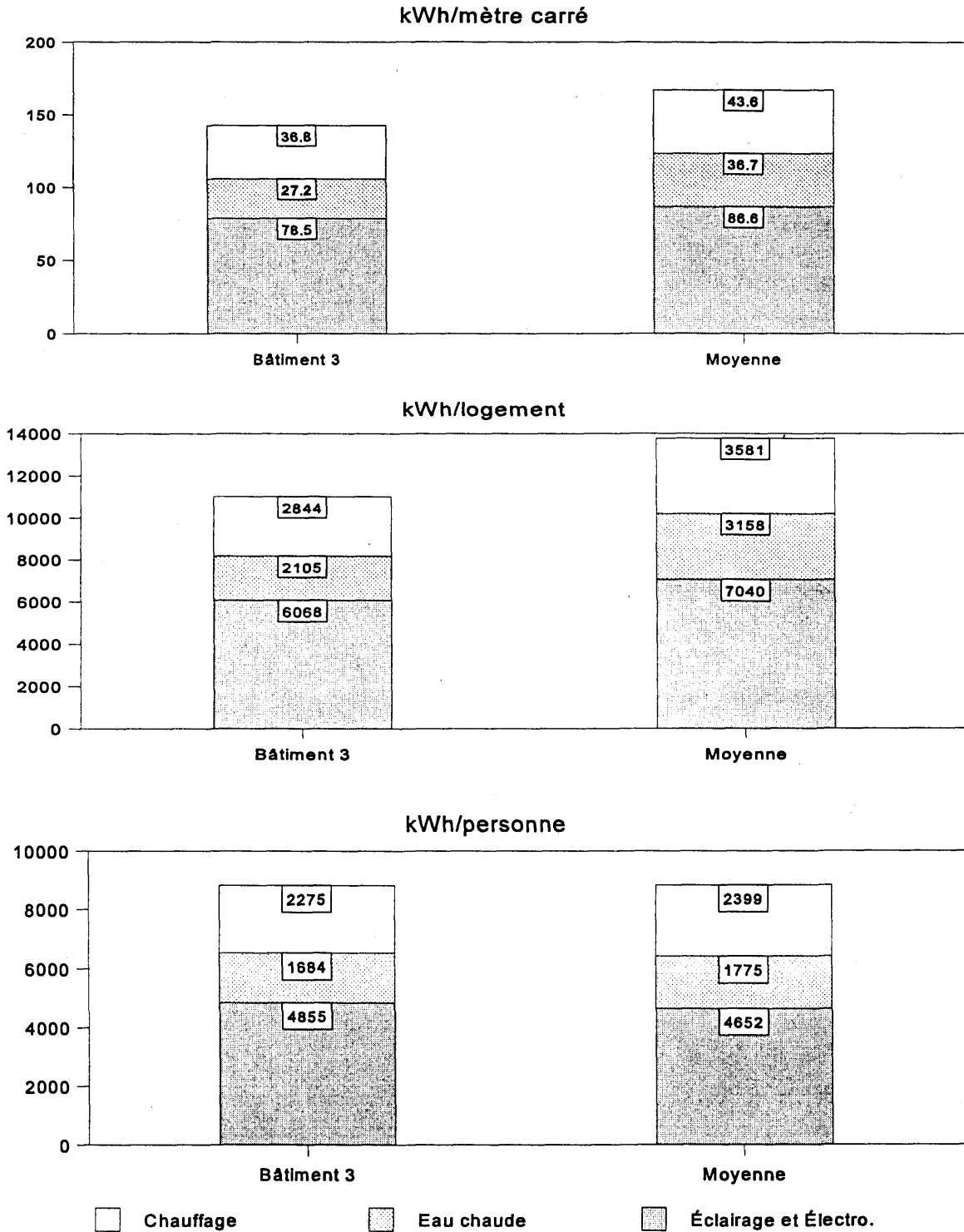


Figure 7.3.7 Comparaison énergétique

7.0 VÉRIFICATION ÉNERGÉTIQUE

- La consommation énergétique attribuable au chauffage, à l'eau chaude domestique, à l'éclairage et aux électroménagers pour ce bâtiment est inférieure à la moyenne des 10 bâtiments.

- L'approche utilisée pour la distribution des charges établit que la consommation d'énergie de chauffage est 38% inférieure à celle de la normalisation des factures selon les mois d'été.

- L'application d'une mesure d'économie d'énergie visant à améliorer de l'enveloppe du bâtiment n'est pas justifiable (309 \$/an) étant donné la performance actuelle de l'enveloppe.

7.2.4 Bâtiment No 4

Année de construction :	1989
Nombre d'étages :	2
Nombre d'appartements :	20
Nombre d'occupants déclarés :	21
Nombre d'occupants ASHRAE ⁽⁶⁾ :	40
Période d'échantillonnage :	3 au 17 mars 1995

Chaque appartement de ce bâtiment possède son compteur électrique, donc l'approche de la distribution du changement d'air par étage a été utilisée. Les factures d'électricité démontraient que les logements dont les façades bénéficient d'un plus grand nombre d'heures d'ensoleillement ont une consommation énergétique plus faible que ceux du côté plus ombragé. La modélisation a reproduite les comportements observés entre les factures et la localisation des logements.

La figure 7.4.1 montre la distribution de la consommation annuelle totale par étage et la consommation annuelle moyenne par logement par orientation. Les factures des trois années de référence (1991-92-93) représentent une consommation moyenne de 176 003 kWh. La simulation de base affiche une valeur de 174 746 kWh, pour une différence globale de -0,7%. Les factures de deux logements n'étaient pas disponibles, alors nous leur avons assigné la consommation moyenne de logements situés au même étage, de même orientation, de superficie identique et avec le même nombre d'occupants.

Le taux d'infiltration moyen annuel calculé est de 0,24 CAH (DOE2.1e). Par la méthode L.B.L, le taux de changement d'air était de 0,16 CAH. La distribution de l'infiltration par étage est la suivante :

- Rez-de-chaussé : 0,41 CAH
- Premier étage : 0,05 CAH

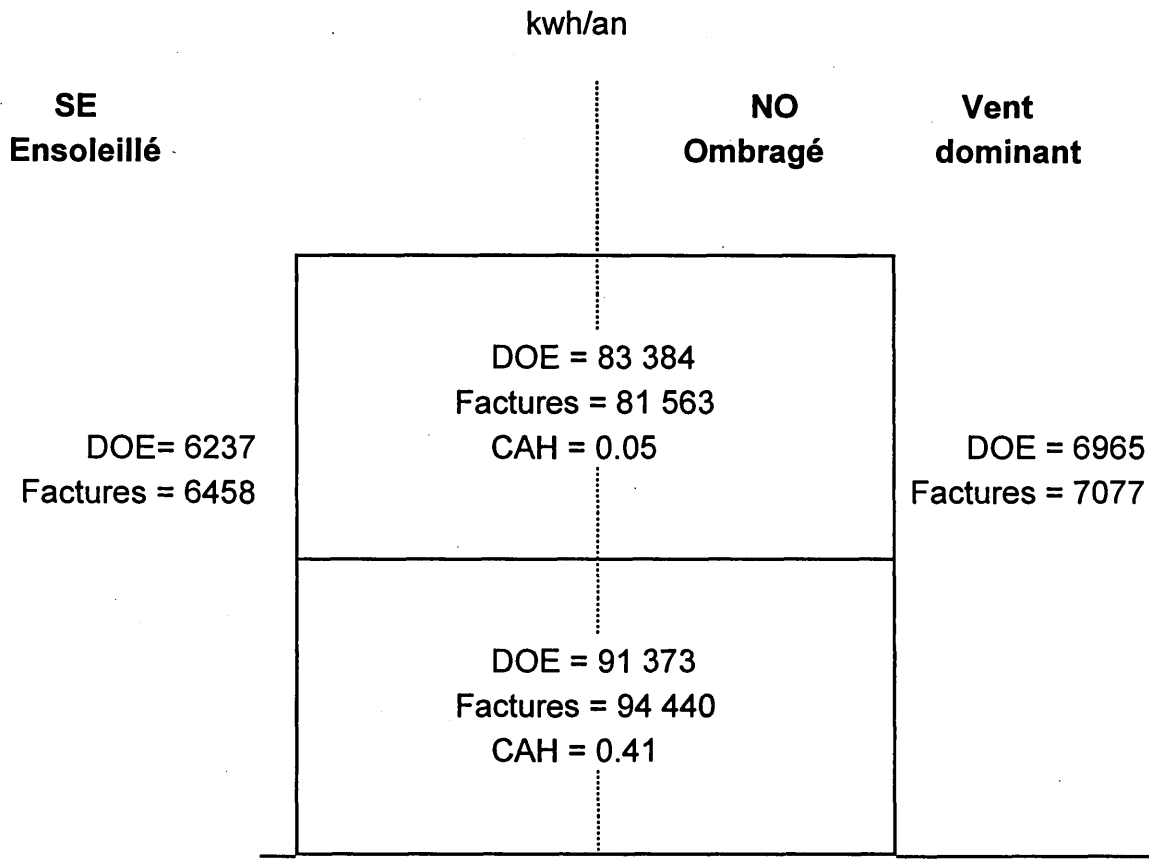


Figure 7.4.1 : Distribution de la consommation

La distribution indique que l'effet de tirage existe dans ce bâtiment. À cause de l'effet de cheminée, un appartement au premier étage a une consommation énergétique de 849 kWh (environ \$ 38,50) plus élevée qu'un logement au deuxième étage. Le taux d'infiltration représente la portion d'air frais qui doit être chauffé par étage.

Si on considère la valeur de 0,16 CAH naturel estimé par la méthode L.B.L n'inclut pas l'ouverture des fenêtres, on peut conclure que la différence de 0,08 CAH est attribuable à une partie des 76,5% des gens qui ouvrent leurs fenêtres. La consommation totale d'une simulation avec un taux de 0,16 CAH était de 166 011 kWh, soit 8 735 kWh de moins (environ 394\$) que la simulation de base. Donc, l'ouverture des fenêtres peut

occasionner une consommation supplémentaire, au rez-de-chaussé, de 437 kWh (environ 20\$) par appartement.

7.2.4.1 Compilation énergétique

Le tableau 7.4.1 montre la répartition de la facture électrique par utilisation. Les électroménagers représentent la plus grande portion de la facture d'énergie, soit 47,5% de la consommation totale du bâtiment. Le tableau 7.2 indiquait que le taux d'occupation était de 100% le jour comme le soir. Pour les autres bâtiments, il sera intéressant de comparer la consommation des électroménagers en fonction de l'occupation. Il faut également observer que la consommation annuelle de chauffage ne représente pas 20% de la consommation totale.

Tableau 7.4.1 : Consommation d'énergie

USAGE	CONSOMMATION ANNUELLE (kWh)	POURCENTAGE (%)
Éclairage		
Intérieur	22 486	12,9
Extérieur	2 888	1,6
Électroménagers**	82 926	47,5
Chauffage	33 448	19,1
Eau chaude	32 627	18,7
Ventilateurs	371	0,2
Total	174 746	100,0
(Total en dollars)*	(13 711 \$)	100,0

* Tarif domestique 1993 et 1994

** La consommation de divers appareils est incluse

Le tableau 7.4.2 montre en kWh et en litres la consommation annuelle moyenne normalisée d'eau chaude des logements et des chauffe-eau communs. La consommation a été normalisée selon la méthodologie de la section 7.1.8.

Tableau 7.4.2 : Consommation d'eau chaude

Consommation annuelle d'eau chaude				
Unités	Totale	Chauffe-eau Communs	Par logement*	Par personne*
kWh	32 627	4 793	1 631	1 554
Litres	477 738	51 738	22 749	22 749

* La consommation des chauffe-eau communs est incluse (occupants déclarés)

Les figures 7.4.2 à 7.4.4 font la répartition des gains et des pertes thermiques. La figure 7.4.2 est une représentation de la répartition de l'énergie annuelle consommée par usage (tableau 7.4.1).

La figure 7.4.3 montre la répartition de la charge de chauffage; il s'agit des déperditions thermiques de l'enveloppe.

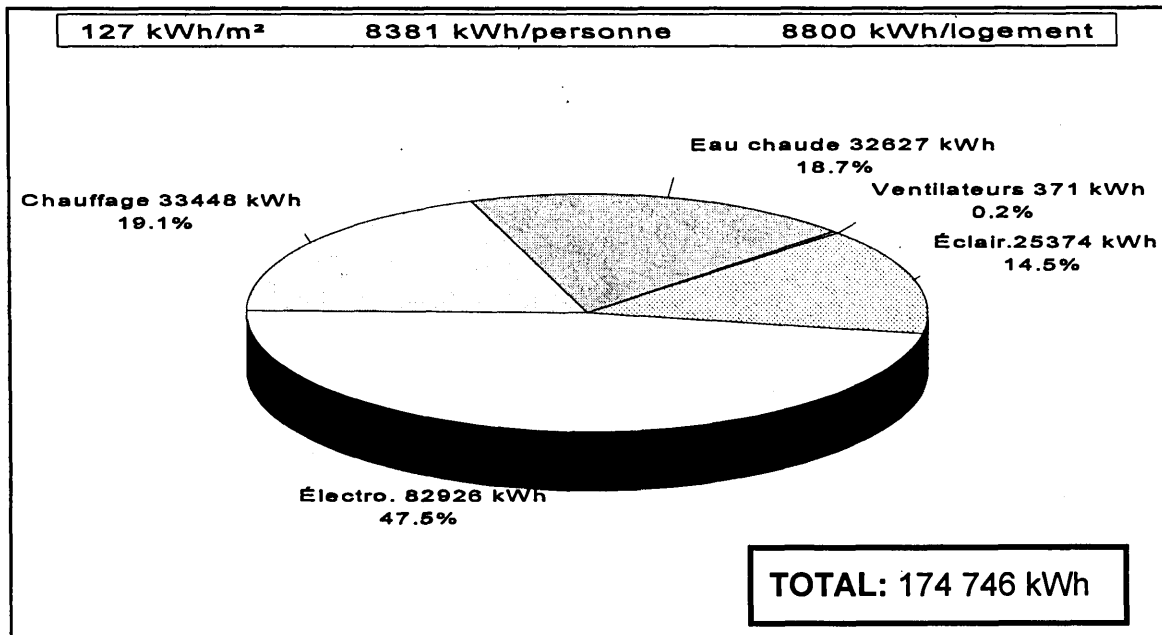


Figure 7.4.2 : Répartition de l'énergie achetée

La figure 7.4.4 présente les gains internes qui comblent la demande de chauffage selon les principales composantes. Le système de chauffage ne représente que 36% de la consommation de chauffage. La qualité de construction et l'occupation élevée ne sont pas

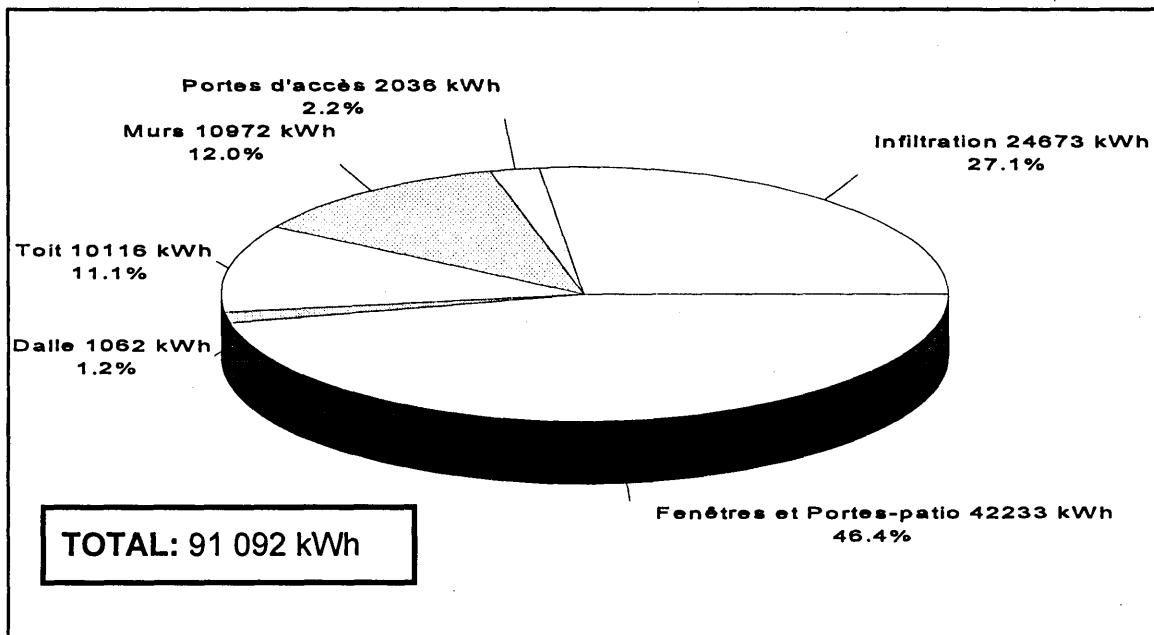


Figure 7.4.3 : Déperditions thermiques de l'enveloppe

étrangers à un tel résultat.

Les figures 7.4.5 et 7.4.6 représentent le bilan énergétique du bâtiment, soit ce qui sort du bâtiment et ce qui y entre, ou ce qui y est généré (gains). La figure 7.4.5 montre clairement que les électroménagers sont une dépense énergétique majeure. La catégorie «Ventilation mécanique» comprend l'énergie reliée au fonctionnement des ventilateurs et l'énergie pour chauffer l'air neuf.

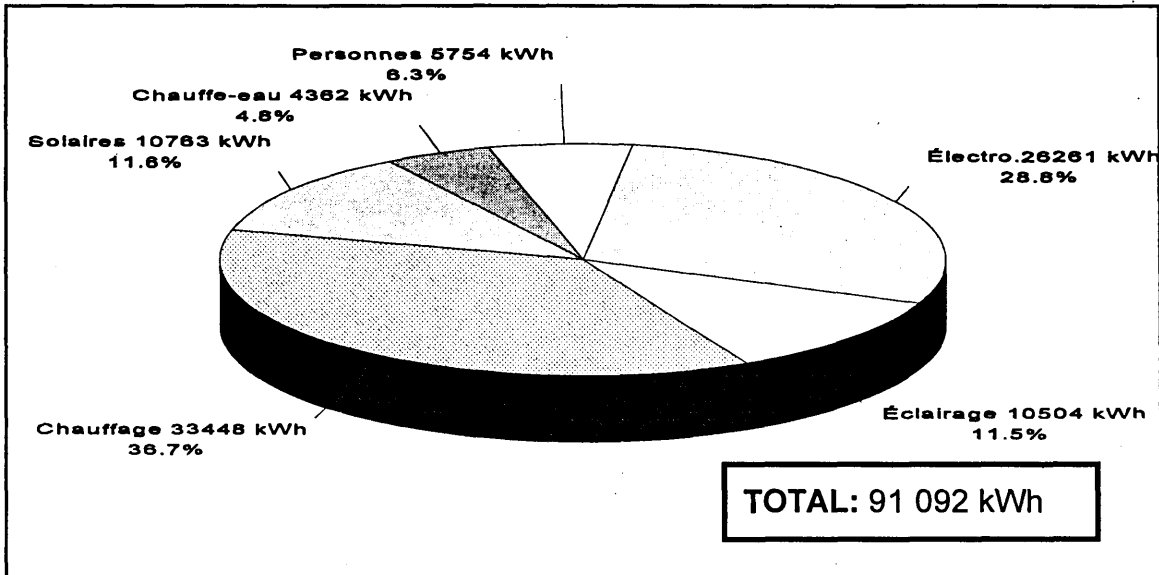


Figure 7.4.4 : Répartition des gains internes contribuant au chauffage

La figure 7.4.6 présente tous les revenus énergétiques annuels. L'énergie achetée correspond à l'énergie facturée. La somme des revenus est égale à la somme des dépenses. La facture d'énergie correspond à 75,2% du bilan énergétique du bâtiment.

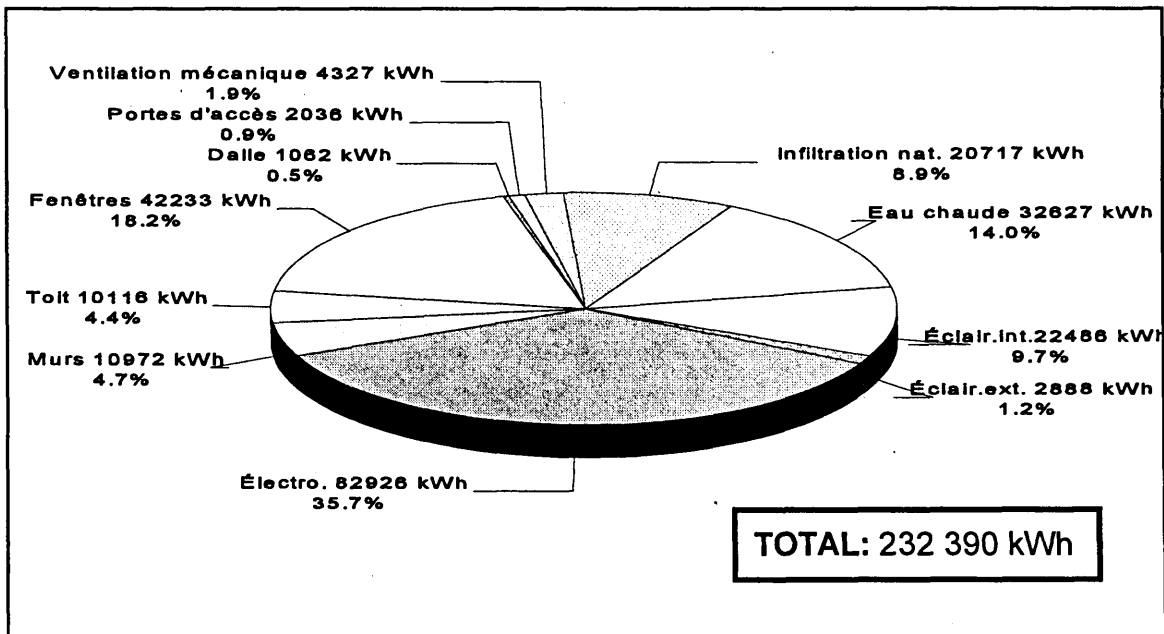


Figure 7.4.5 : Assiette des dépenses énergétiques

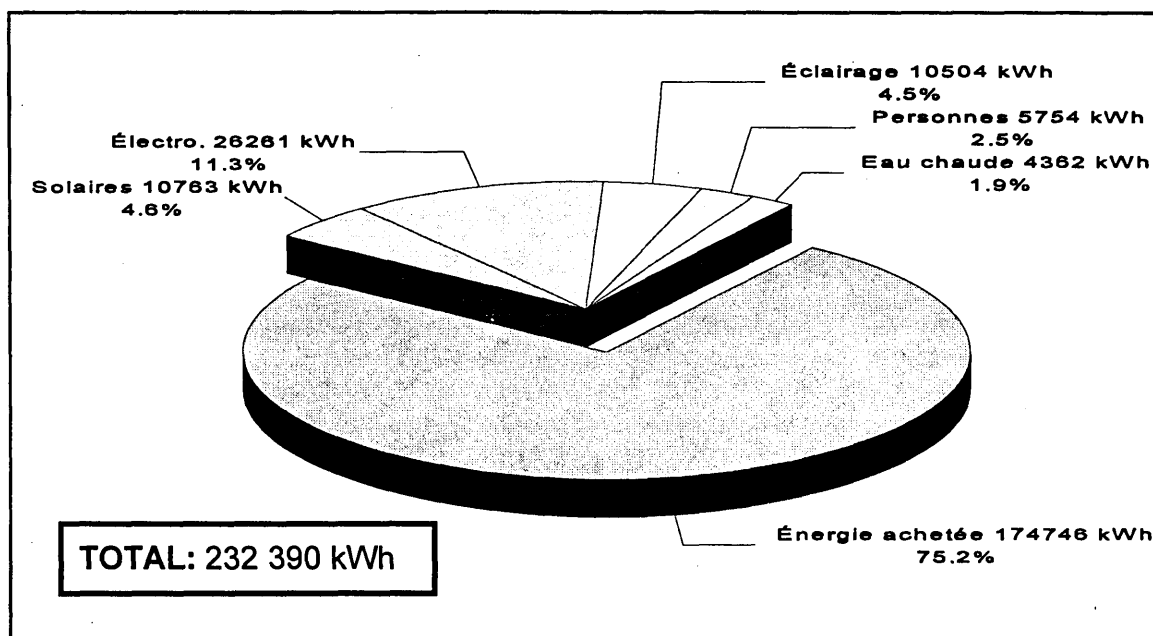


Figure 7.4.6 : Assiette des revenus énergétiques

La figure 7.4.7 montre la consommation énergétique mensuelle. La consommation de base regroupe la consommation attribuable à l'éclairage, aux appareils électroménagers et à l'eau chaude domestique pour les logements et les espaces communs. Cette figure exprime les variations de consommation d'après la température du sol dans les calculs de la consommation d'eau chaude et l'effet de la période d'ensoleillement mensuelle. Avec cette approche, la consommation d'énergie pour le chauffage est de 33 448 kWh comparativement à 62 323 kWh lorsque l'énergie de chauffage est normalisée d'après les mois d'été. Notre approche représente une baisse de 46% de la consommation de chauffage comparativement à une normalisation simple.

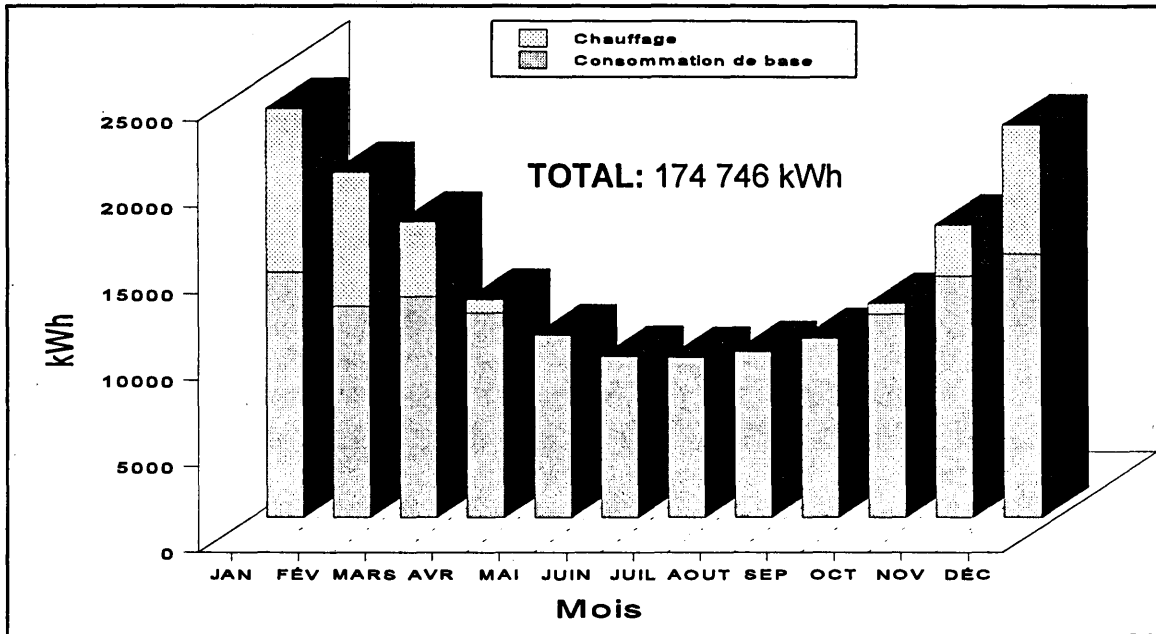


Figure 7.4.7 : Consommation énergétique mensuelle

7.2.4.2 Mesures d'économie d'énergie

Même si le bâtiment n'est âgé que de 6 ans, nous l'avons modélisé avec une enveloppe plus performante. Cette mesure a réduit de 3,4% la consommation annuelle d'électricité (économie de 266\$/an). Le fait que le «Bâtiment 4» possède une enveloppe thermique se rapprochant du règlement explique cette faible économie. Seulement quelques portes ont été changées pour la modélisation.

Une mesure d'économie d'énergie concernant l'amélioration de l'étanchéité à l'air du bâtiment n'a pas été envisagée parce que l'enveloppe du bâtiment est déjà très étanche avec un taux de 2,37 à 50 pascals.

7.2.4.3 Synthèse des résultats

Après avoir complété la vérification énergétique de 10 bâtiments, nous constatons que la consommation annuelle totale par mètre carré du «Bâtiment 4» (127 kWh/m²) est moins élevée que la moyenne des bâtiments (166 kWh/m²). En fait, il affiche la meilleure performance de l'étude.

La consommation d'énergie de chauffage est inférieure aux moyennes par mètre carré, par logement et par personne. La figure 7.4.8 donne plus de détail sur la performance du bâtiment.

La consommation d'énergie attribuable à l'éclairage et aux électroménagers par personne est plus élevée que la moyenne des 10 bâtiments. Par contre, la consommation attribuable à ces charges par logement et par superficie est moins importante.

Si on tient compte de la superficie totale, du nombre de logements et du nombre d'occupants du bâtiment, la consommation d'eau chaude domestique est inférieure à la moyenne.

7.2.4.4 Conclusions et recommandations

Après avoir compilé les données recueillies et les résultats, nous affirmons que :

- Le taux d'infiltration naturel estimé pour ce bâtiment est de 0,24 CAH (incluant l'ouverture des fenêtres) comparativement à un taux de 0,16 lors de la modélisation des essais d'infiltrométrie, soit une différence de 33%. La différence de 0,08 CAH est attribuable en partie à l'ouverture des fenêtres en période de chauffage.

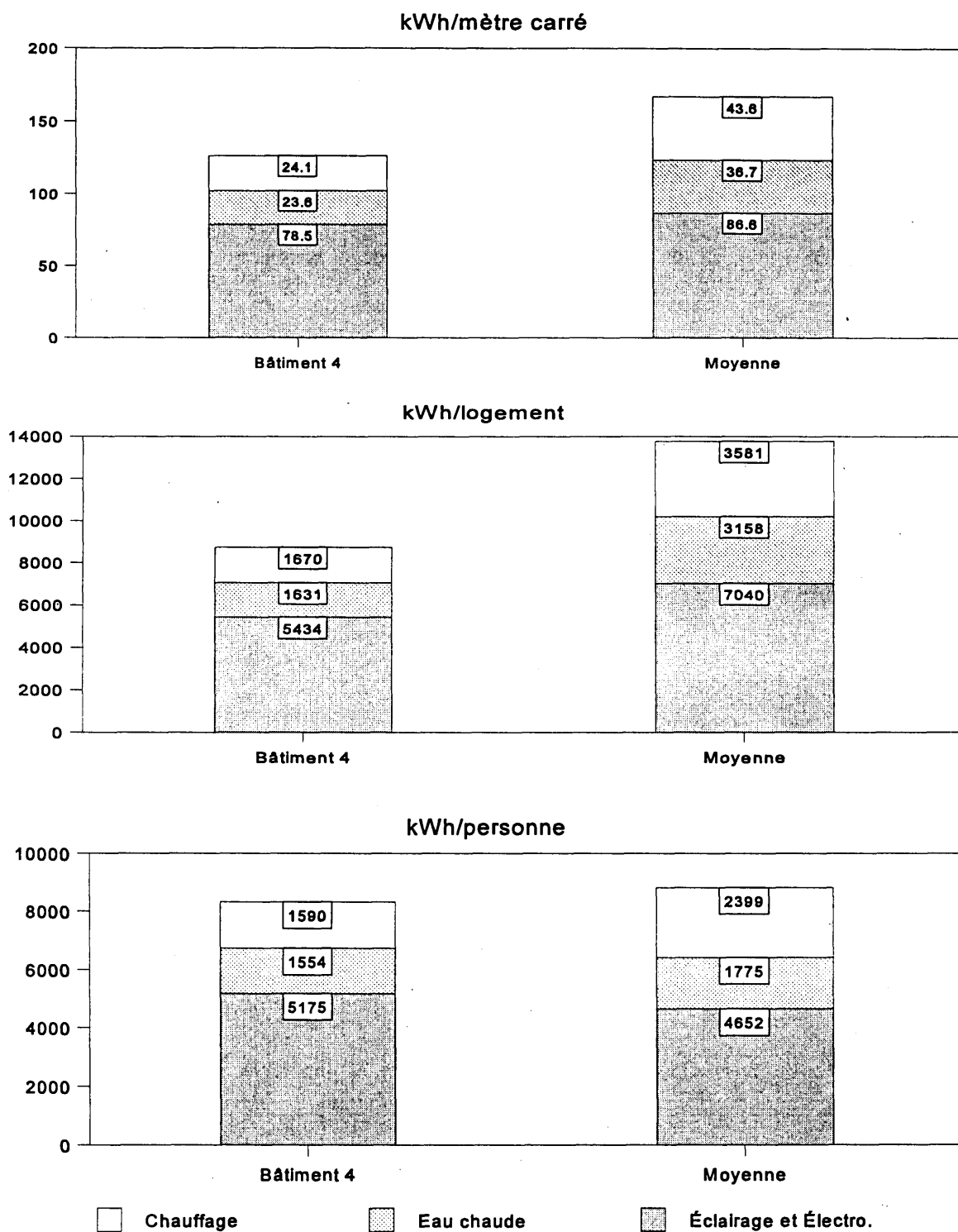


Figure 7.4.8: Comparaison énergétique

- Les différences de consommation par étage d'après les factures énergétiques et les simulations sans infiltration ont montré qu'il y a un effet de cheminée. Aucune mesure d'étanchéisation de l'enveloppe n'est proposée, mais le fait de compartimenter chaque étage aidera à réduire le mouvement d'air entre les étages et par conséquent, l'effet de cheminée. Une réduction de l'effet de cheminée occasionnera une distribution différente de l'énergie, ce qui devrait entraîner des économies.

- Ce bâtiment se classe au premier rang sur dix pour l'efficacité énergétique. Ce résultat n'est pas étonnant car la construction est récente et le bâtiment est occupé par des personnes à la retraite.

- L'approche utilisée pour la distribution des charges établit que la consommation d'énergie de chauffage est 46% inférieure à celle de la normalisation des factures selon les mois d'été.

- L'application d'une mesure d'économie d'énergie visant à améliorer l'enveloppe du bâtiment n'est pas justifiable (266 \$/an) étant donné la performance actuelle de l'enveloppe.

7.2.5 Bâtiment No 5

Année de construction :	1970
Nombre d'étages :	3
Nombre d'appartements :	16
Nombre d'occupants déclarés :	38
Nombre d'occupants ASHRAE ⁽⁶⁾ :	52
Période d'échantillonnage :	30 mars au 13 avril 1995

Chaque appartement de ce bâtiment possède son compteur électrique, donc l'approche de la distribution du changement d'air par étage a été utilisée. Les factures d'électricité et la modélisation démontraient que les logements dont les façades bénéficient d'un plus grand nombre d'heures d'ensoleillement ont une consommation énergétique plus faible que ceux du côté ombragé. On observait le même phénomène pour les logements situés à l'opposé des vents dominants (ouest). La figure 7.5.1 montre la distribution de la consommation annuelle totale par étage et la consommation annuelle moyenne par orientation de logement.

La facture de l'année de référence (1994) représente une consommation moyenne de 252 464 kWh et la simulation de base affiche une valeur de 254 615 kWh, pour une différence globale de +0,9%.

Une valeur de 0,30 CAH naturel a été estimée par la méthode L.B.L. Le taux d'infiltration par modélisation est estimé à 0,25 CAH. Ce taux inclus l'infiltration naturelle et l'ouverture des fenêtres puisqu'il a été déduit directement des factures énergétiques. La distribution de l'infiltration par étage est évaluée comme suit :

- Sous-sol : 0,27 CAH
- Rez de chaussé : 0,49 CAH
- Premier étage : 0 CAH

Avec une telle distribution de l'infiltration, on constate qu'il y a de l'infiltration au sous-sol et au rez-de-chaussé. Au premier étage, le déplacement d'air entre les étages (bas en haut) est plus important que le phénomène d'infiltration. Donc, les coûts de chauffage attribuable à l'infiltration d'air au premier étage sont comblés par le transfert de chaleur de l'air qui provient des étages inférieurs. Il nous a été possible d'arriver à cette conclusion par le fait que les résultats de la modélisation sans infiltration indiquaient une consommation totale plus élevée que les factures. Seulement le chauffage correspondant aux pertes par l'enveloppe faisait que la consommation modélisée était supérieure aux factures. C'est ce qui nous a permis de dire que le premier étage bénéficie d'une source de chauffage gratuite.

À cause de l'effet de cheminée, un appartement au rez-de-chaussé a une consommation énergétique de 2 671 kWh (environ \$ 129,00) plus élevée qu'un logement au premier étage et de 514 kWh (environ \$ 24,88) plus élevée qu'un logement au sous-sol.

7.2.5.1 Compilation énergétique

Le tableau 7.5.1 montre la répartition de la facture électrique par type d'utilisation. Les électroménagers représentent la plus grande portion de la facture d'énergie, soit 45,9% de la consommation totale du bâtiment. Cette forte consommation par les électroménagers génère beaucoup de gains internes et ces derniers contribuent à abaisser considérablement la charge de chauffage (15,5% du total).

Pour un bâtiment de cet âge, la consommation de chauffage semble faible. Donc, nous émettons l'hypothèse que lorsque l'effet de tirage est important, ce dernier a un impact sur la répartition de l'énergie de chauffage.

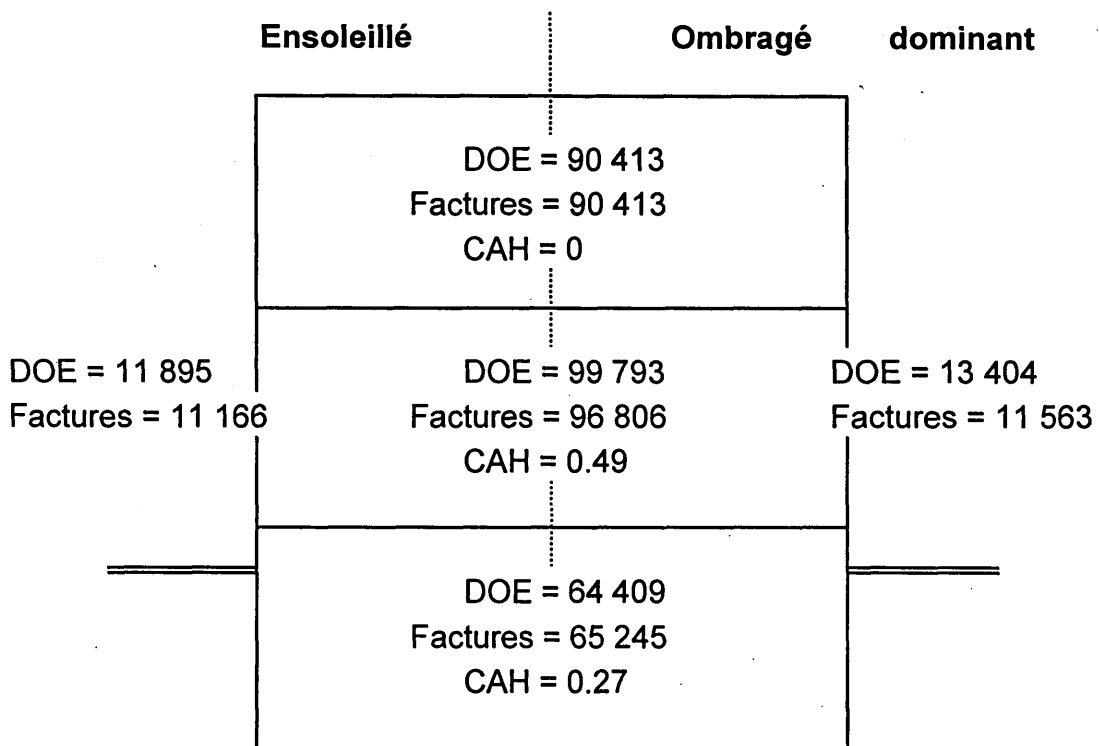


Figure 7.5.1 Distribution de la consommation (kWh/an)

Tableau 7.5.1 : Consommation d'énergie

USAGE	CONSOMMATION ANNUELLE (kWh)	POURCENTAGE (%)
Éclairage		
Intérieur	21 634	8,5
Extérieur	4 103	1,6
Électroménagers**	116 988	45,9
Chauffage	39 449	15,5
Eau chaude	67 906	26,7
Ventilateurs	1 698	0,7
Alimentation des corridors	1 829	0,7
Chauffe-moteurs	1 008	0,4
Total	254 615	100,0
(Total en dollars)*	(16 485 \$)	100,0

* Tarif domestique 1994

** La consommation de divers appareils est incluse

7.0 VÉRIFICATION ÉNERGÉTIQUE

Le tableau 7.5.2 montre en kWh la consommation annuelle moyenne normalisée d'eau chaude des logements et des espaces communs.

Tableau 7.5.2 : Consommation d'eau chaude

Consommation annuelle d'eau chaude				
Unités	Totale	Chauffe-eau Communs	Par logement*	Par personne*
kWh	67 906	10 363	4 244	1 787
Litres	1 127 084	159 194	70 443	29 660

* La consommation des chauffe-eau communs est incluse (occupants déclarés)

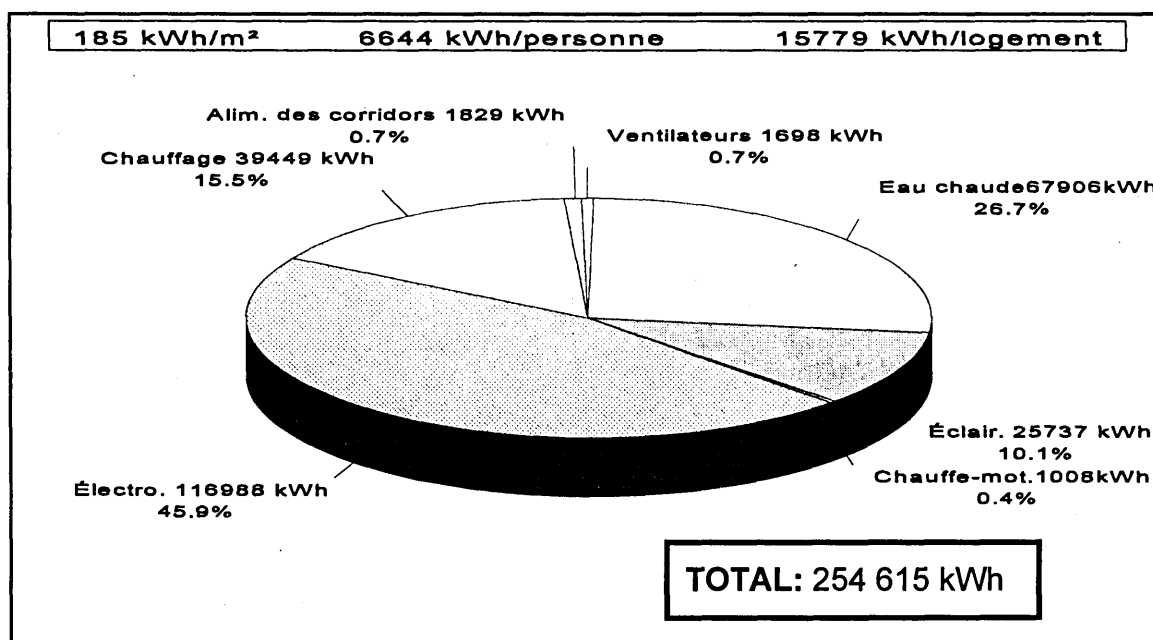


Figure 7.5.2 : Répartition de l'énergie achetée

Les figures 7.5.2 à 7.5.4 font la répartition des gains et des pertes thermiques. La catégorie «Alimentation des corridors» ne comprend que l'énergie du ventilateur.

La figure 7.5.3 montre la répartition des pertes thermiques de l'enveloppe. La contribution des surfaces vitrés est de 36,8% de la demande de chauffage. Pour sa part, l'infiltration représente 34,9% de la charge totale.

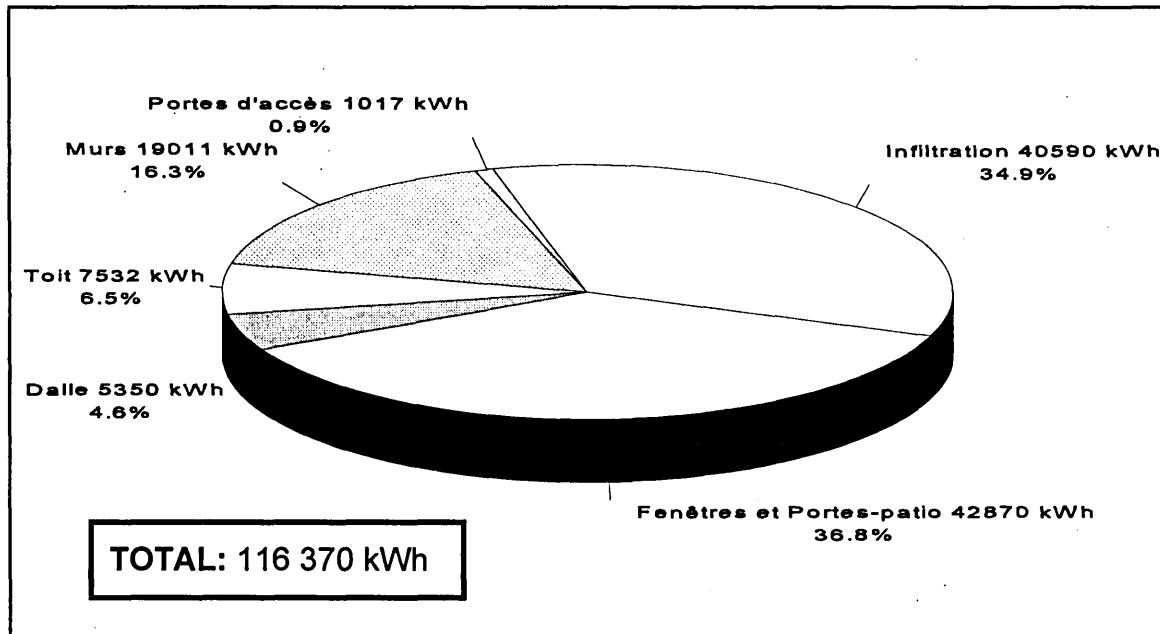


Figure 7.5.3 : Déperditions thermiques de l'enveloppe

La figure 7.4.4 présente les gains internes qui comblent la demande de chauffage selon les principales composantes. Le système de chauffage contribue à 33,9% de cette demande, soit 39 449 kWh. Les électroménagers arrivent en deuxième avec une contribution de 28,4% de l'ensemble des gains. L'item «effet de cheminée» correspond à la quantité d'énergie gratuite que le premier étage reçoit des étages inférieurs.

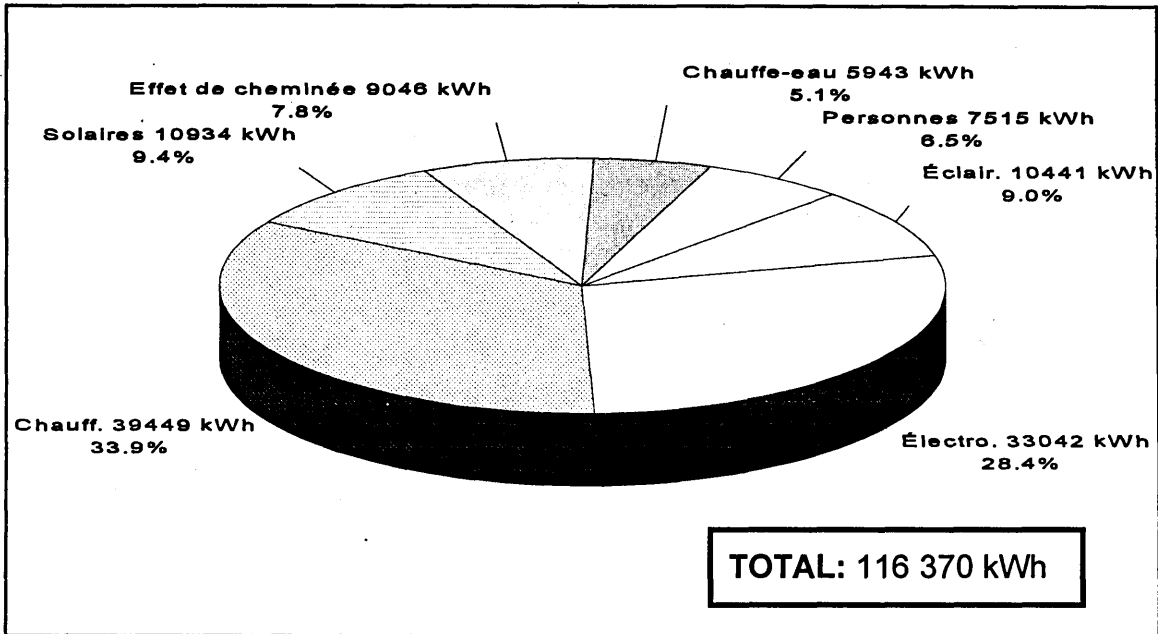


Figure 7.5.4 : Répartition des gains internes contribuant au chauffage

La figure 7.5.5 montre sur une même assiette toutes les dépenses énergétiques. La consommation énergétique annuelle due à l'infiltration naturelle (incluant l'ouverture des fenêtres) est de 24 655 kWh. La catégorie ventilation mécanique comprend l'énergie reliée au fonctionnement des ventilateurs et au chauffage de l'air neuf.

La figure 7.5.6 présente tous les revenus énergétiques annuels. La somme des revenus est égale à la somme des dépenses. La facture d'énergie correspond à 76,8% du bilan énergétique du bâtiment et les gains internes provenant des électroménagers arrivent au deuxième rang avec 10,0%.

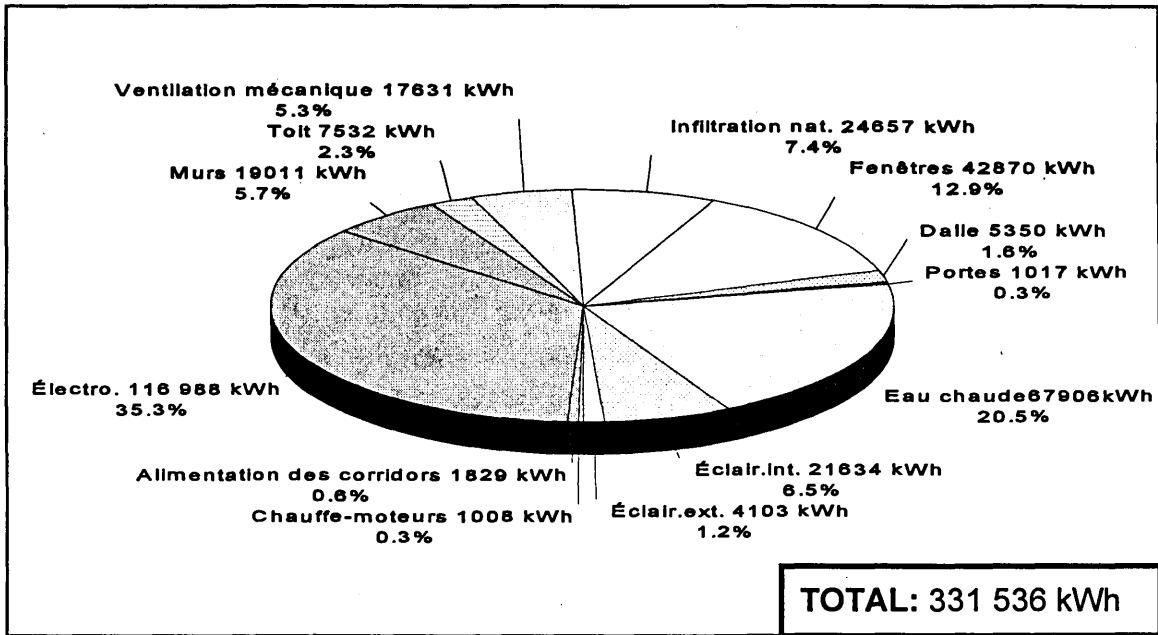


Figure 7.5.5 : Assiette des dépenses énergétiques

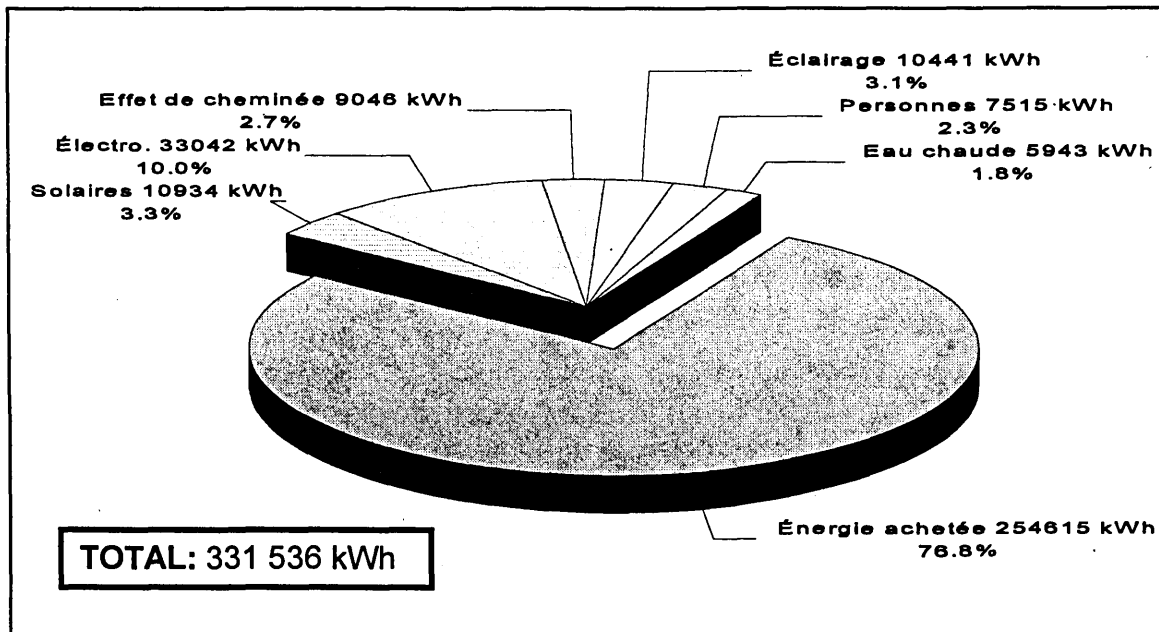


Figure 7.5.6 : Assiette des revenus énergétiques

La figure 7.5.7 montre la consommation énergétique mensuelle. La consommation de base regroupe la consommation attribuable à l'éclairage, aux appareils électroménagers et à l'eau chaude domestique pour les logements et les espaces communs. La figure démontre que l'énergie de chauffage ne représente que 16% de la facture. Avec cette approche, la consommation d'énergie pour le chauffage est de 39 449 kWh comparativement à 91 289 kWh lorsque l'énergie de chauffage est normalisée d'après les mois d'été. Notre approche représente une baisse de 57% de la consommation de chauffage comparativement à une normalisation simple.

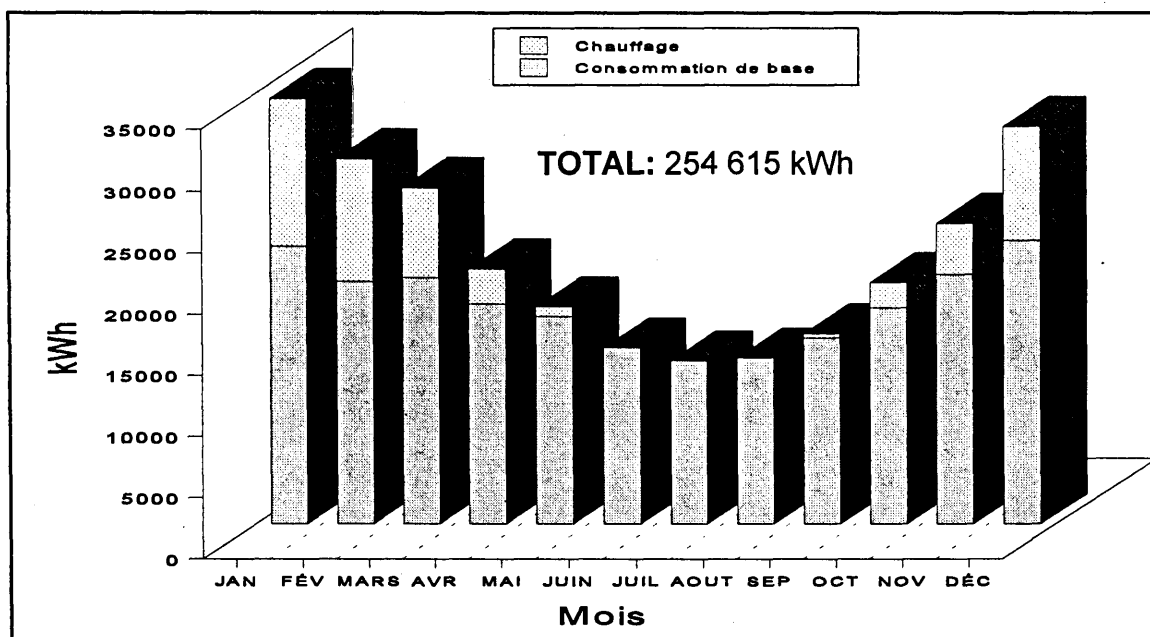


Figure 7.5.7 : Consommation énergétique mensuelle

7.2.5.2 Mesures d'économie d'énergie

L'amélioration de l'enveloppe du bâtiment a permis d'économiser 243\$/an. L'application d'une telle mesure n'est pas justifiable.

La mesure d'économie d'énergie concernant l'amélioration de l'étanchéité à l'air du bâtiment n'a pas été modélisée parce que les résultats avec le logiciel indiquaient que l'ouverture des fenêtres n'affectait pas la performance du bâtiment.

7.2.5.3 Synthèse des résultats

La consommation annuelle totale par mètre carré du «Bâtiment 5» est plus élevée que la moyenne des bâtiments. La figure 7.5.8 montre la distribution de la consommation énergétique des principaux systèmes. Le bâtiment se classe au 8^e rang. Une meilleure gestion de l'éclairage et des électroménagers contribuerait à améliorer ce classement.

La consommation d'énergie attribuable à l'éclairage et aux électroménagers par superficie et par logement est plus élevée que la moyenne des 10 bâtiments. Par contre, la consommation attribuable à ces charges par personne est moins importante.

Si on tient compte de la superficie totale, du nombre de logements et du nombre d'occupants du bâtiment, la consommation d'eau chaude domestique est supérieure à la moyenne.

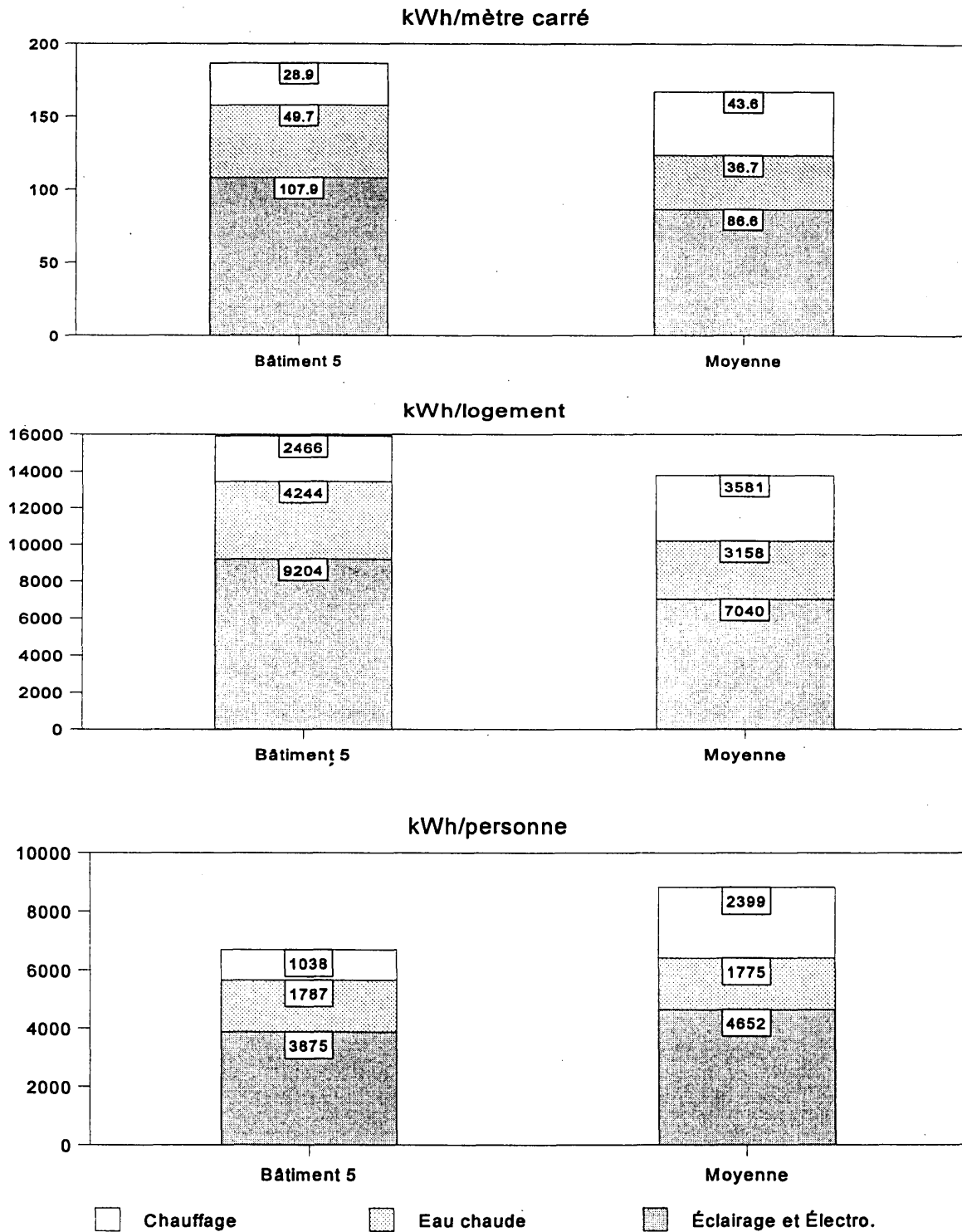


Figure 7.5.8 : Comparaison énergétique

7.2.5.4 Conclusions et recommandations

À la suite de la modélisation et de l'analyse des résultats, nous émettons les conclusions suivantes :

- Le taux d'infiltration naturel estimé pour ce bâtiment est de 0,25 CAH (incluant l'ouverture des fenêtres) comparativement à un taux de 0,30 lors de la modélisation des essais d'infiltrométrie, soit une différence de 17%. Il est possible de prétendre que le mouvement d'air dans le bâtiment est un facteur qui a pu influencer ce résultat.
- Les différences de consommation par étage d'après les factures énergétiques et les simulations sans infiltration ont montré qu'il y a un effet de cheminée. Aucune mesure d'étanchéisation de l'enveloppe n'est proposée, mais le fait de compartimenter chaque étage aidera à réduire le mouvement d'air entre les étages et occasionnera une redistribution de la charge de chauffage. Cependant, le manque d'information sur le mouvement de l'air entre les étages ne nous permet pas de prédire les effets de cette redistribution.
- Ce bâtiment se classe au huitième rang sur dix pour l'efficacité énergétique (selon la comparaison simple de la consommation annuelle par mètre carré).
- La consommation énergétique attribuable à l'éclairage, aux électroménagers et à l'eau chaude est élevée et des recherches de mesures d'économie d'énergie pouvant abaisser cette consommation sont recommandées.
- L'approche utilisée pour la distribution des charges établit que la consommation d'énergie de chauffage est 57% inférieure à celle de la normalisation des factures selon les mois d'été. Cette différence est importante et nous nous prononcerons

davantage sur cette donnée une fois que les dix bâtiments auront tous été évalués.

- L'application d'une mesure d'économie d'énergie visant à améliorer l'enveloppe du bâtiment n'est pas justifiable (243 \$/an) étant donné que les résultats indiquent une bonne performance de l'enveloppe.

7.2.6 Bâtiment No 6

Année de construction :	1982
Nombre d'étages :	4
Nombre d'appartements :	43
Nombre d'occupants déclarés :	78
Nombre d'occupants ASHRAE ⁽⁶⁾ :	81
Période d'échantillonnage :	23 mars au 06 avril 1995

Ce bâtiment possède un compteur électrique, donc le taux d'infiltration a été distribué également sur chaque étage. Les factures énergétiques des années 1992-93 ont servi de référence pour nos comparaisons puisque les moyennes des trois années (1991-92-93) ne reflétaient pas des résultats uniformes (la consommation de 91 étant plus basse). Les factures représentent une consommation moyenne de 649 735 kWh et la simulation de base affiche une valeur de 653 896 kWh, pour une différence globale de +0,6%.

Le taux d'infiltration moyen annuel calculé est de 0,23 CAH. Ce taux inclus l'infiltration naturelle et l'ouverture des fenêtres puisqu'il a été déduit directement des factures énergétiques. La méthode L.B.L a évalué un taux de changement d'air identique à notre approche.

7.2.6.1 Compilation énergétique

Le tableau 7.6.1 montre la répartition de la facture électrique par usage. Les électroménagers représentent la plus grande portion de la facture d'énergie, soit 37,3% de la consommation totale du bâtiment. Une importante consommation par les électroménagers jumelée aux gains internes, à la masse thermique et à une bonne enveloppe ont pour conséquence de maintenir la consommation de chauffage à 32,1% de la consommation totale. De ce nombre, plus de la moitié de l'énergie est utilisé par le

système de pressurisation des corridors.

Tableau 7.6.1 : Consommation d'énergie

USAGE	CONSUMMATION ANNUELLE (kWh)	POURCENTAGE (%)
Éclairage		
Intérieur	80 726	12,4
Extérieur	5 475	0,8
Électroménagers**	243 636	37,3
Chauffage		
Plinthes	91 688	14,0
Corridors	118 477	18,1
Eau chaude	107 143	16,4
Évacuation mécanique	1 243	0,2
Alimentation des corridors	5 508	0,8
Total	653 896	100,0
(Total en dollars)*	(37 803\$)	100,0

* Tarif domestique 1993 et 1994

**La consommation de divers appareils est incluse

Le tableau 7.6.2 exprime en kWh et en litres la consommation annuelle moyenne normalisée d'eau chaude des chauffe-eau communs.

Tableau 7.6.2 : Consommation d'eau chaude

Consommation annuelle d'eau chaude			
Unités	Totale	Par logement	Par personne
kWh	107 143	2 492	1 374
Litres	1 794 877	41 741	23 011

Les figures 7.6.1 à 7.6.3 font la répartition des gains et des pertes thermiques. La figure 7.6.1 est une représentation de la répartition de l'énergie annuelle consommée par usage (tableau 7.6.1). L'item «Alimentation des corridors» n'inclus que l'énergie du ventilateur.

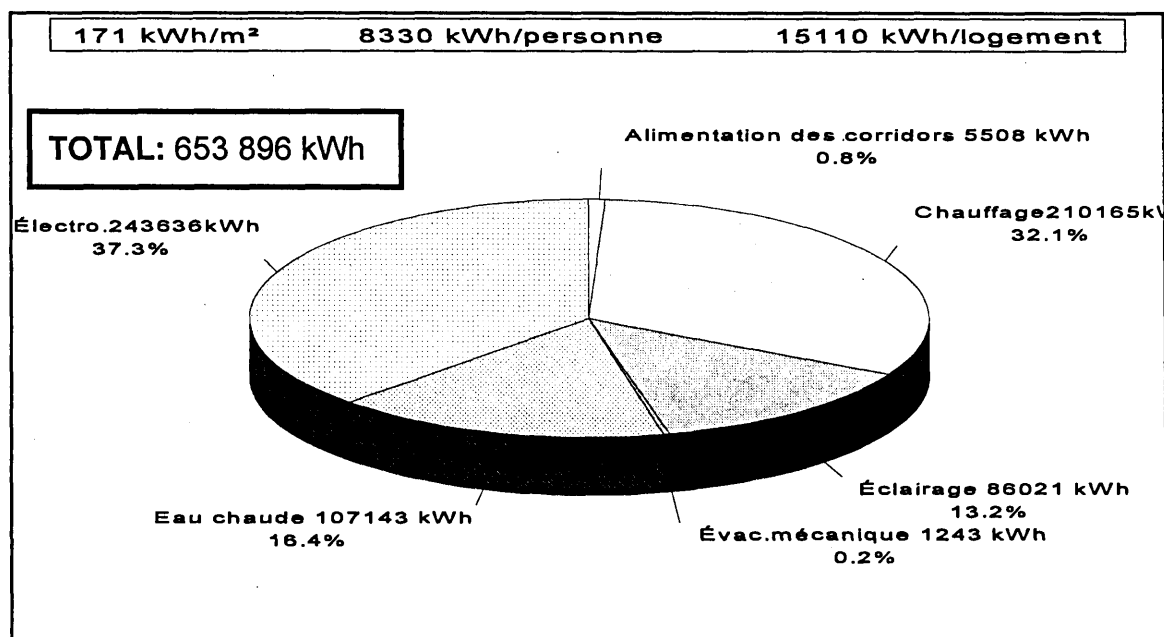


Figure 7.6.1 : Répartition de l'énergie achetée

La figure 7.6.2 montre la répartition de la charge de chauffage; il s'agit des déperditions thermiques de l'enveloppe et des corridors (air neuf). Le chauffage de l'air frais du système d'alimentation des corridors représente la demande de chauffage la plus importante avec 34,7% de la charge totale. Pour sa part, l'infiltration représente 19,0% de la demande de chauffage.

La figure 7.6.3 présente les gains internes qui comblient la demande de chauffage selon les principales composantes. Le système de chauffage contribue à 61,6% de cette demande, soit 210 165 kWh. Les gains des électroménagers arrivent en deuxième avec une contribution de 19,9% de l'ensemble des gains.

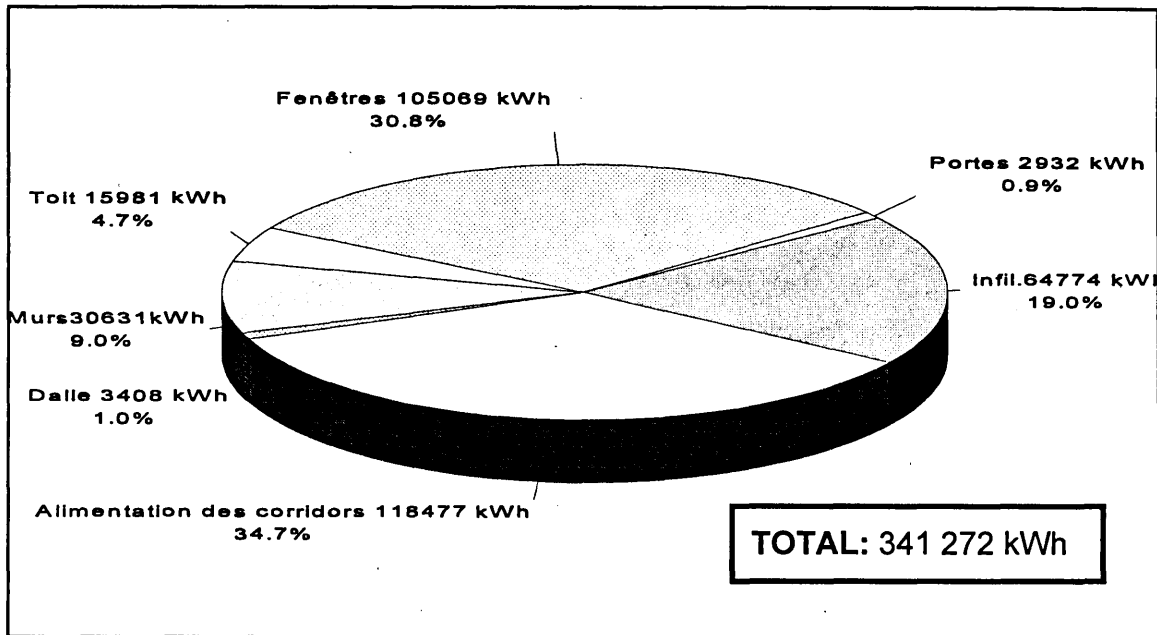


Figure 7.6.2 : Déperditions thermiques de l'enveloppe et des corridors

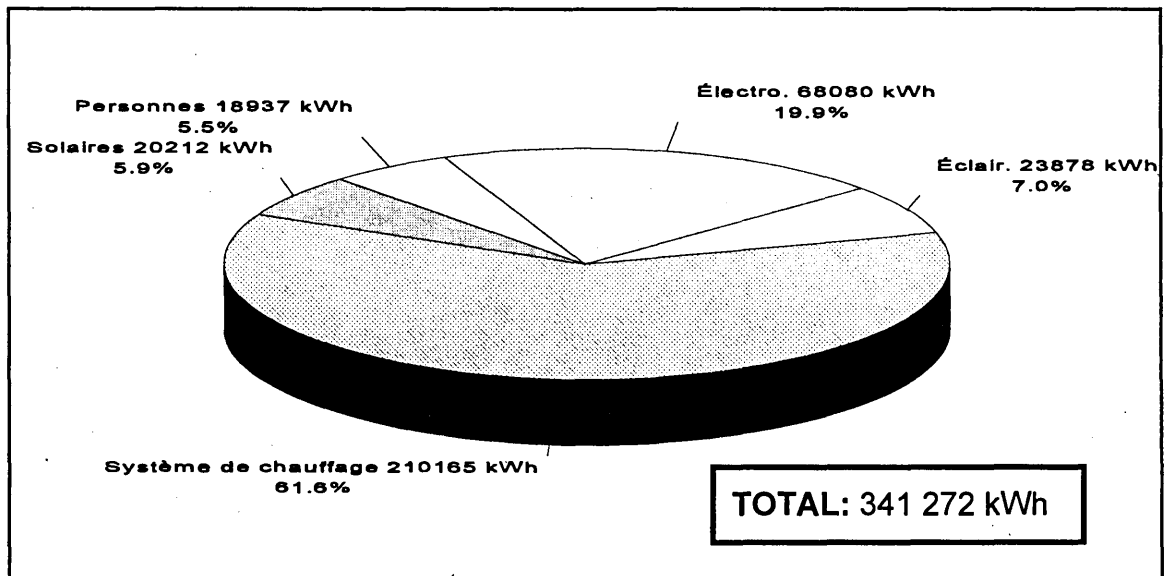


Figure 7.6.3 : Répartition des gains internes contribuant au chauffage

Le bilan énergétique du bâtiment est présenté par les figures 7.6.4 et 7.6.5. La figure 7.6.4 montre sur une même assiette toutes les pertes énergétiques. Comme pour les bâtiments précédents, les électroménagers sont les plus énergivores. La catégorie «Évacuation mécanique» comprend la consommation liée au fonctionnement des hottes de cuisine, des ventilateurs de salle de bain et l'énergie nécessaire au chauffage de l'air neuf. La catégorie «Alimentation des corridors» comprend l'énergie liée au fonctionnement du ventilateur ainsi que celle nécessaire pour chauffer l'air neuf.

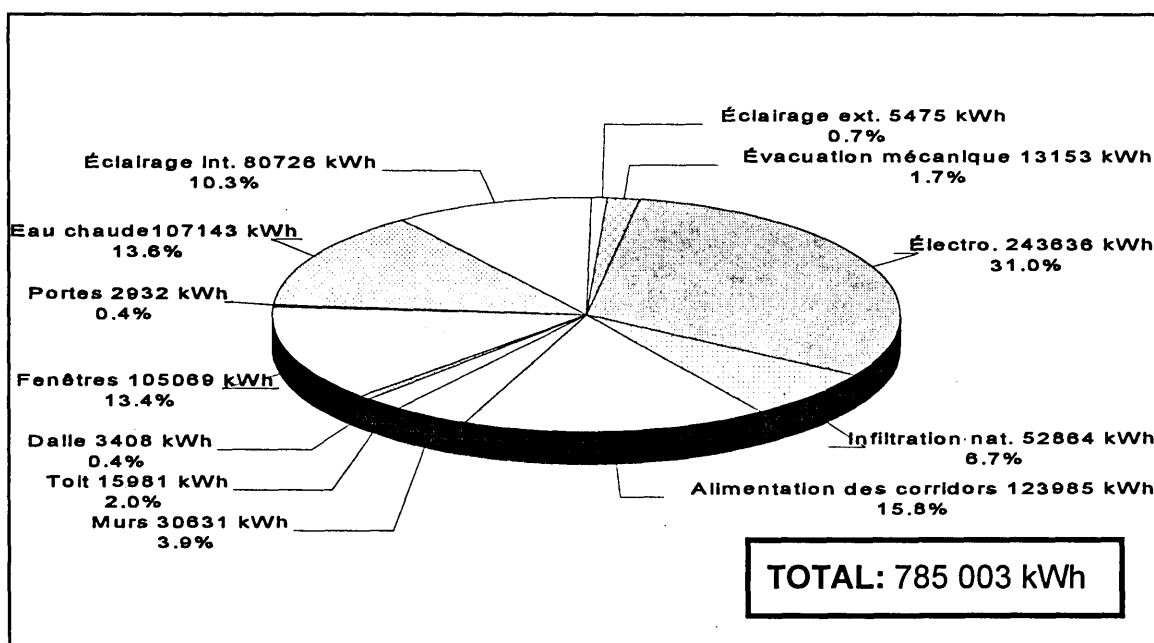


Figure 7.6.4 : Assiette des dépenses énergétiques

La figure 7.6.5 présente tous les revenus énergétiques annuels. Pour compléter cette section, la figure 7.6.6 montre la consommation énergétique mensuelle. Avec cette approche, la consommation d'énergie pour le chauffage est de 210 165 kWh comparativement à 258 346 kWh lorsque l'énergie de chauffage est normalisée d'après les mois d'été. Notre approche représente une baisse de 19% de la consommation de chauffage comparativement à une normalisation simple. Cette différence est en fait la plus faible que nous avons obtenue pour les dix bâtiments de l'étude.

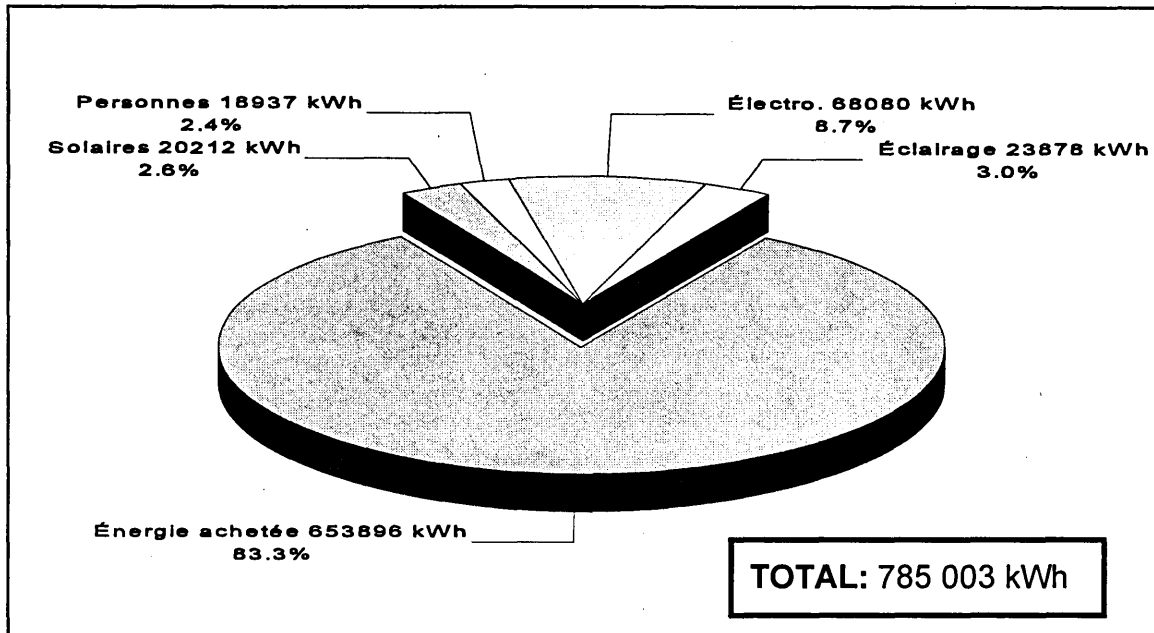


Figure 7.6.5 : Assiette des revenus énergétiques

7.2.6.2 Mesures d'économie d'énergie

Une mesure d'économie d'énergie a été envisagée pour ce bâtiment. Il s'agit d'améliorer l'enveloppe thermique selon le règlement québécois (dalle sur le sol non-modifiée). Cependant, le tableau 7.2 démontre que ce bâtiment possède déjà une bonne résistance thermique. Cette mesure a réduit de 1,7% la consommation annuelle d'électricité, soit une économie de 626\$ par année.

Une mesure d'économie d'énergie concernant l'amélioration de l'étanchéité à l'air du bâtiment n'a pas été envisagée parce que l'enveloppe du bâtiment est déjà très étanche avec un taux de 2,60 à 50 pascals.

7.2.6.3 Synthèse des résultats

Après avoir complété la vérification énergétique de 10 bâtiments, nous constatons que la consommation annuelle totale par mètre carré du «Bâtiment 6» (171 kWh/m²) est plus élevée que celle des autres bâtiments (166 kWh/m²). La figure 7.6.7 montre que le bâtiment correspond à la moyenne de l'étude (6^e rang).

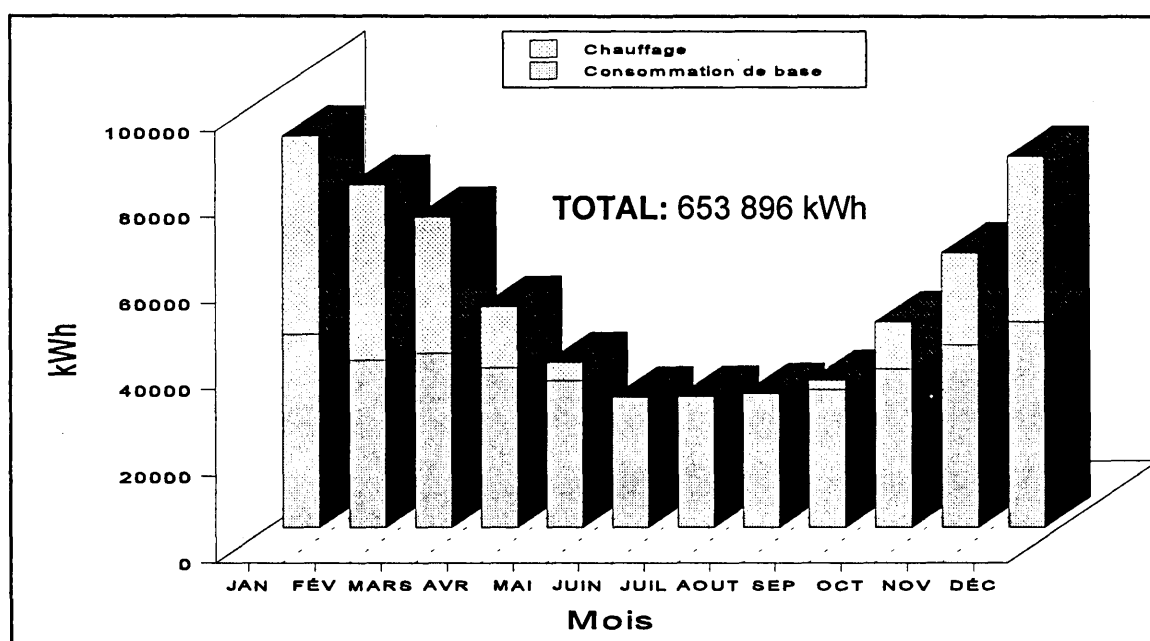


Figure 7.6.6 : Consommation énergétique mensuelle

La consommation d'énergie de chauffage est supérieure aux moyennes par mètre carré, par logement et par personne. Cette tendance est en certaine partie due au chauffage de l'air du système de pressurisation des corridors qui tire plus de la moitié de la charge de chauffage.

La consommation énergétique attribuable à l'éclairage et aux électroménagers par

personne est moins élevée que la moyenne des 10 bâtiments. Par contre, la consommation énergétique attribuable à ces charges par logement et par superficie est plus importante.

Finalement, la consommation d'eau chaude est inférieure à la moyenne et il s'agit du bâtiment habité par des familles qui a la plus faible consommation d'eau.

7.2.6.4 Conclusions et recommandations

D'après les résultats obtenus lors de l'enquête :

- Le taux d'infiltration naturel estimé pour ce bâtiment est de 0,23 CAH (incluant l'ouverture des fenêtres). Un taux de 0,23 a également été déduit par l'approche L.B.L. Il s'agit du quatrième bâtiment qui a un taux de CAH avec ouverture de fenêtres qui est égale ou inférieur à celui de la méthode L.B.L. Nous reviendrons sur ce point une fois que l'étude des dix bâtiments sera complétée.
- Selon l'évaluation annuelle par unité de superficie, la «Bâtiment 6» se classe au sixième rang sur dix.
- La consommation énergétique attribuable au chauffage est élevée, soit 32% de la consommation annuelle du bâtiment. L'alimentation des corridors représente 56% de la charge de chauffage et la capacité du système est de 988 L/s.
- La consommation énergétique attribuable à l'éclairage et aux électroménagers est élevée et les horaires d'utilisation démontraient qu'une meilleure gestion de l'éclairage commun réduirait la facture d'énergie.

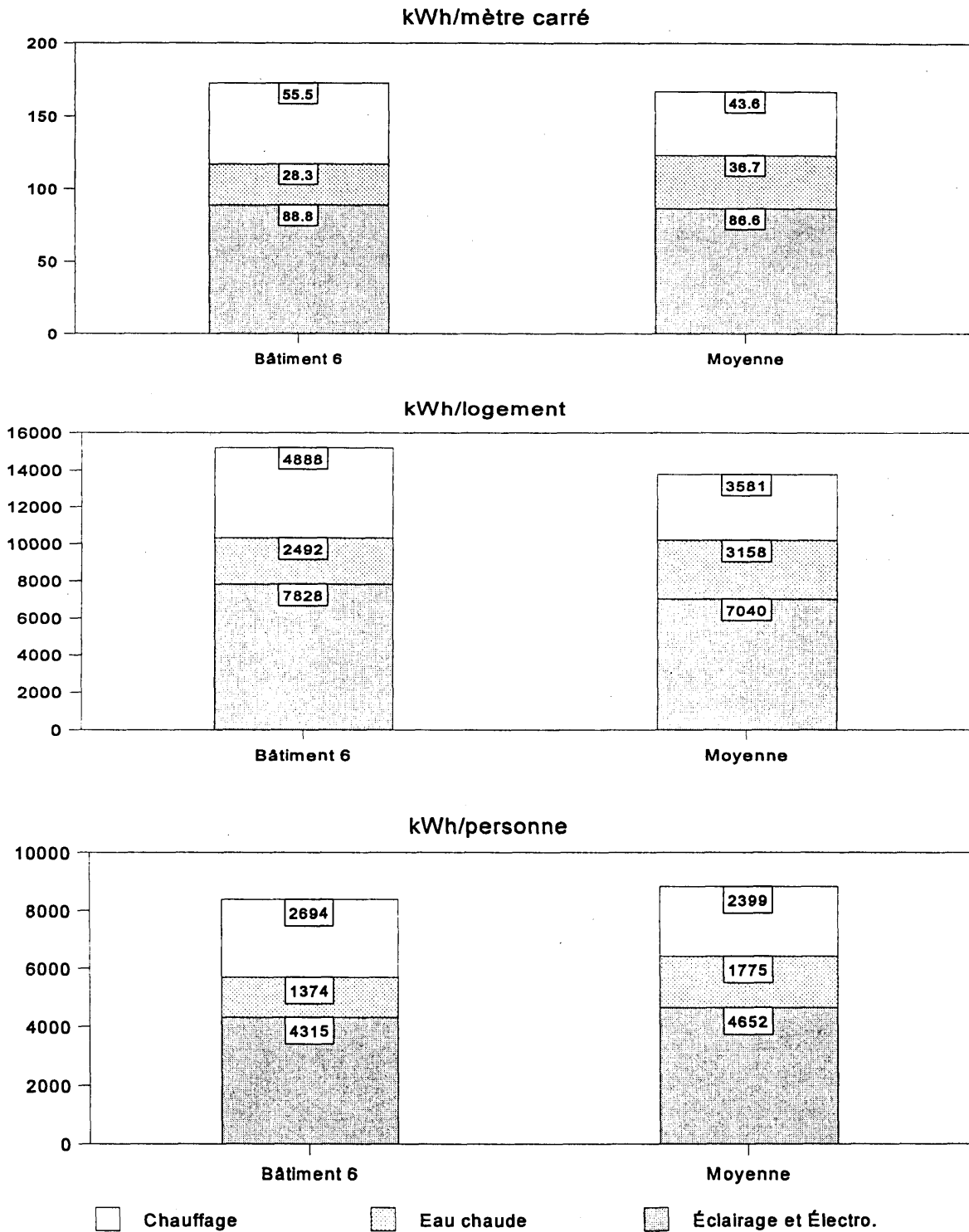


Figure 7.6.7: Comparaison énergétique

- La consommation d'eau chaude est inférieure à la moyenne des 10 bâtiments. De plus, il s'agit de la plus faible consommation des bâtiments occupés par des familles.

- L'approche utilisée pour la distribution des charges établit que la consommation d'énergie de chauffage est 19% inférieure à celle de la normalisation des factures selon les mois d'été.

- L'application d'une mesure d'économie d'énergie visant à améliorer l'enveloppe du bâtiment n'est pas justifiable étant donné la performance actuelle de l'enveloppe (626 \$/an).

7.2.7 Bâtiment No 7

Année de construction :	1973
Nombre d'étages :	3
Nombre d'appartements :	27
Nombre d'occupants déclarés :	28
Nombre d'occupants ASHRAE(6) :	54
Période d'échantillonnage :	22 mars au 05 avril 1995

L'infiltration a été distribuée également à chaque étage car le bâtiment est muni d'un seul compteur électrique. Les factures de 1991-92-93 ont été utilisées et elles représentaient une consommation moyenne de 276 752 kWh. La simulation de base affiche une valeur de 276 366 kWh, pour une différence globale de -0,1%.

Le taux d'infiltration annuel par modélisation est de 0,4 CAH. Si on considère la valeur de 0,18 CAH naturel estimé par la méthode L.B.L, qui n'inclut pas l'ouverture des fenêtres, on peut affirmer que la différence de 0,22 CAH est attribuable à une partie des 68% des gens qui ouvrent leurs fenêtres. La consommation totale d'une simulation avec un taux de 0,18 CAH était de 245 940 kWh, soit 30 426 kWh de moins (environ \$1 663) que la simulation de base. Donc, l'ouverture des fenêtres peut occasionner une consommation supplémentaire de 1 127 kWh (environ \$ 62) par logement.

7.2.7.1 Compilation énergétique

Comme pour les bâtiments précédents, les électroménagers représentent la plus grande portion de la facture, soit 44,7% de la consommation totale. Le tableau 7.7.1 montre la répartition de la facture électrique par usage.

Le tableau 7.7.2 présente en kWh et en litres la consommation annuelle moyenne d'eau chaude des chauffe-eau communs. Le «Bâtiment 7» est celui qui a la plus faible consommation d'eau en litre par personne (retraités).

Tableau 7.7.1 : Consommation d'énergie (voir figure 7.7.1)

USAGE	CONSOMMATION ANNUELLE (kWh)	POURCENTAGE (%)
Éclairage		
Intérieur	42 239	15,3
Extérieur	4 643	1,6
Électroménagers**	123 830	44,7
Chauffage	74 373	26,9
Eau chaude	31 206	11,3
Ventilation mécanique	583	0,2
Total (Total en dollars)*	276 874 (16 670\$)	100,0 100,0

* Tarif domestique 1993 et 1994

**La consommation de divers appareils est incluse

Tableau 7.7.2 : Consommation d'eau chaude

Consommation annuelle d'eau chaude			
Unités	Totale	Par logement	Par personne
kWh	31 206	1 156	1 115
Litres	493 314	18 271	17 618

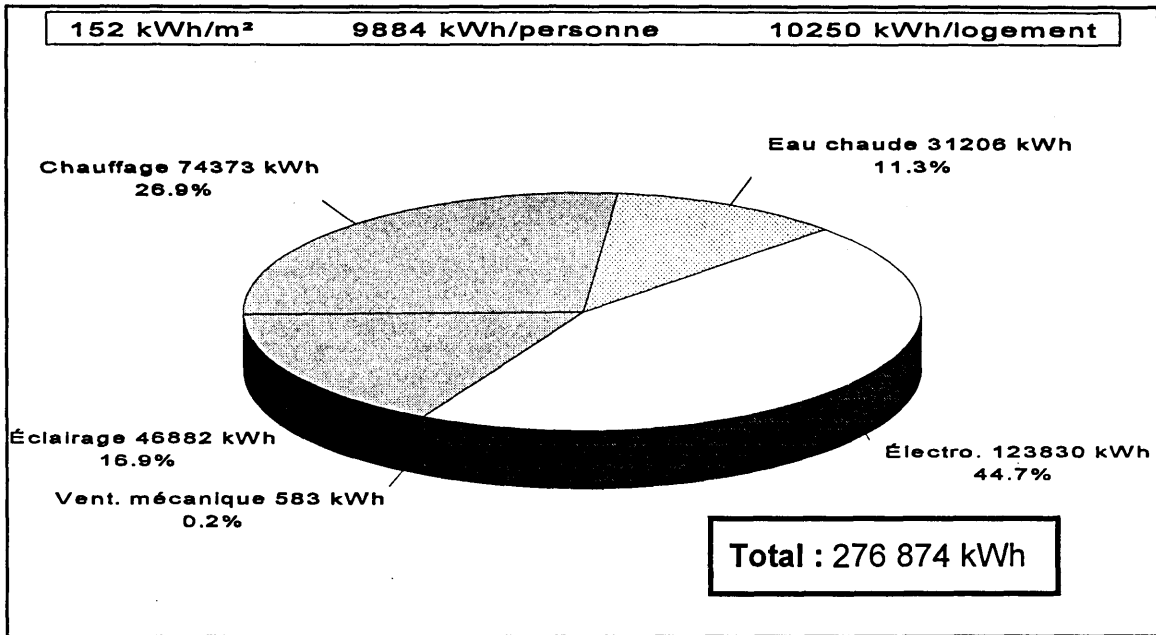


Figure 7.7.1 : Répartition de l'énergie achetée

La figure 7.7.2 montre la répartition de la charge de chauffage. L'infiltration (avec ouverture des fenêtres) représente la demande de chauffage la plus importante avec 41,0% de la charge totale. Pour sa part, les fenêtres représentent 24,1% de cette charge de chauffage.

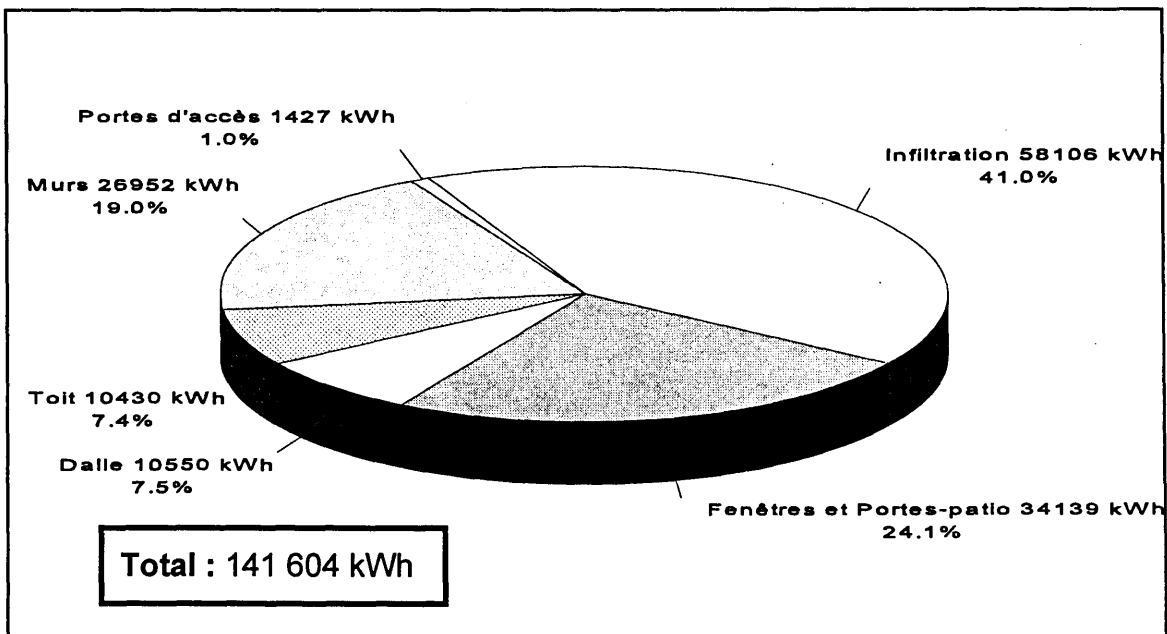


Figure 7.7.2 : Déperditions thermiques de l'enveloppe

La figure 7.7.3 présente les gains internes qui comblient la demande de chauffage selon les principales composantes. Le système de chauffage contribue à 52,5% à cette demande, soit 74 373 kWh. Les électroménagers contribuent à 24,8% à la charge de chauffage de ce bâtiment.

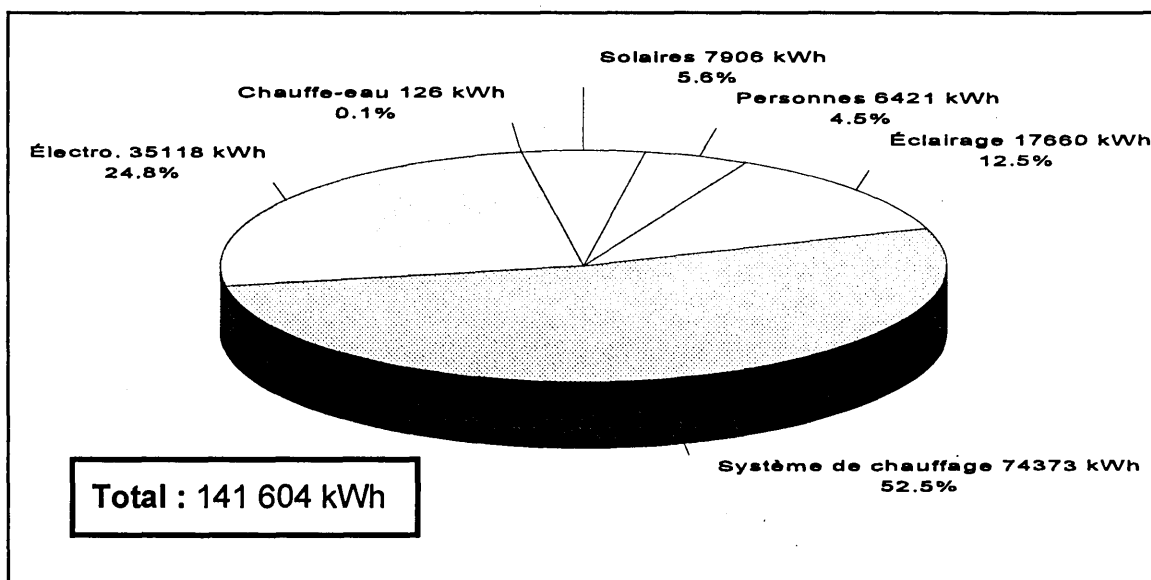


Figure 7.7.3 : Répartition des gains internes contribuant au chauffage

Les figures 7.7.4 et 7.7.5 représentent le bilan énergétique du bâtiment, soit ce qui sort du bâtiment et ce qui y entre, ou ce qui y est généré (gains). La catégorie «Ventilation mécanique» comprend l'énergie liée au fonctionnement des ventilateurs dans les logements et l'énergie pour chauffer l'air neuf qu'ils tirent.

La figure 8.7.5 présente tous les revenus énergétiques annuels. La somme des revenus est égale à la somme des dépenses. La facture d'énergie correspond à 81% du bilan énergétique du bâtiment. Les gains attribuables aux chauffe-eau sont évalués à 0,04%. Pour ce bâtiment, les chauffe-eau sont situés dans une zone qui a une faible demande en chauffage et les autres gains sont considérables. Donc lorsque le logiciel DOE2.1e fait le

bilan énergétique de cette zone, l'apport des gains des chauffe-eau sont négligeable.

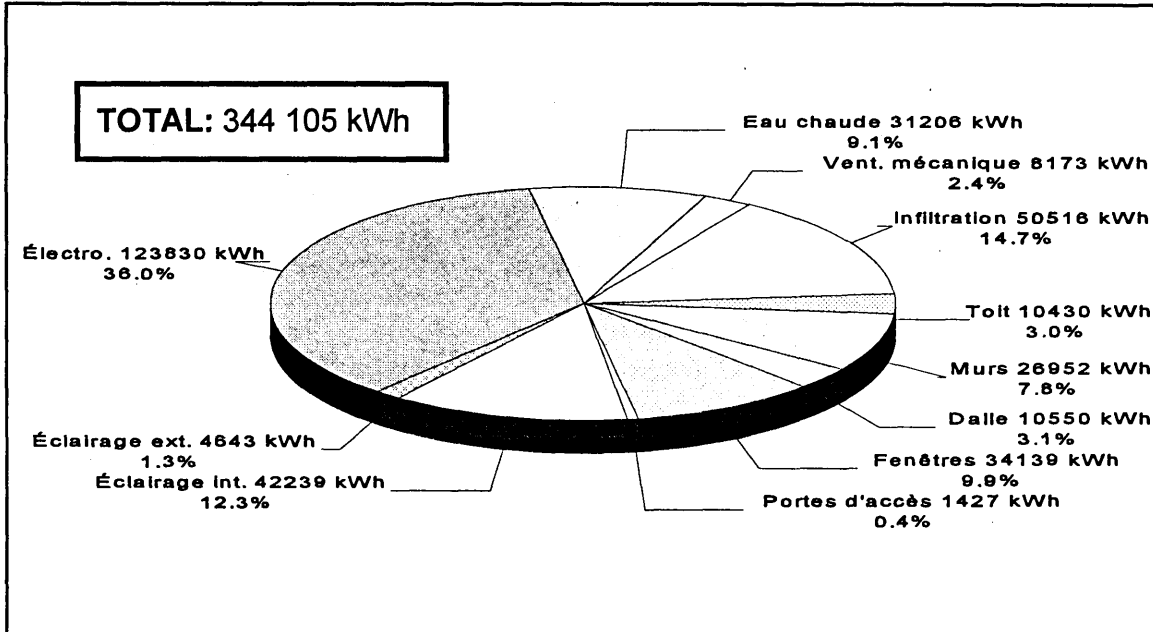


Figure 7.7.4 : Assiette des dépenses énergétiques

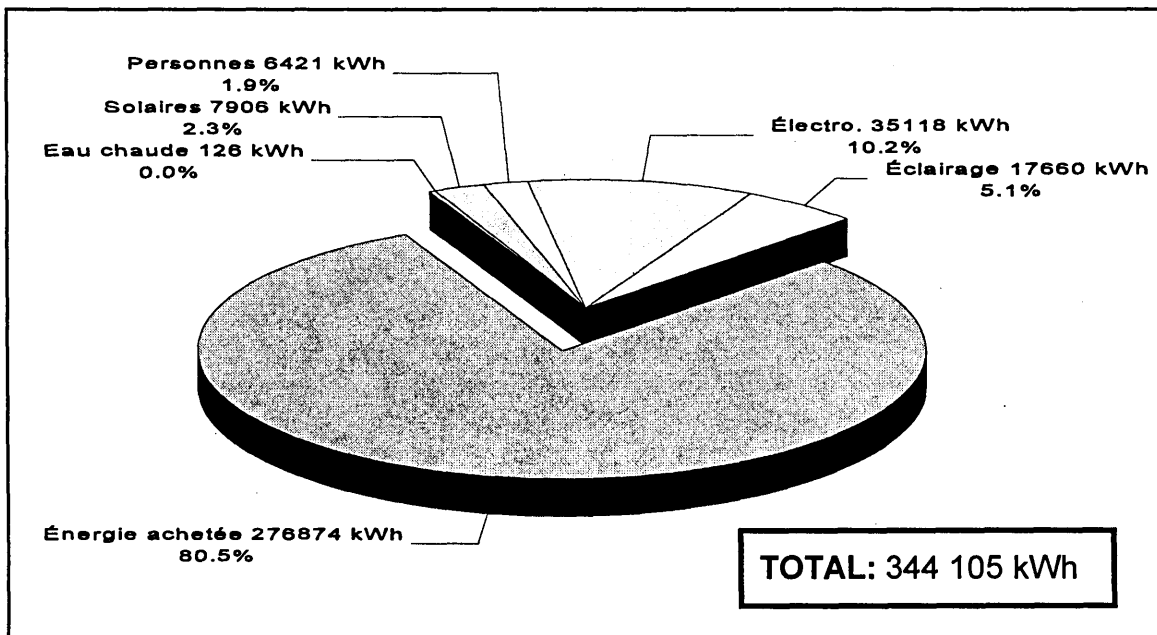


Figure 7.7.5 : Assiette des revenus énergétiques

La figure 7.7.6 montre le profil de la consommation énergétique mensuelle. Cette figure permet de visualiser l'impact de la température du sol dans les calculs de la consommation d'eau chaude et l'effet de la période d'ensoleillement mensuelle. Avec cette approche, la consommation d'énergie pour le chauffage est de 74 373 kWh comparativement à 109 838 kWh lorsque l'énergie de chauffage est normalisée d'après les mois d'été. Notre approche représente une baisse de 32% de la consommation comparativement à une normalisation standard.

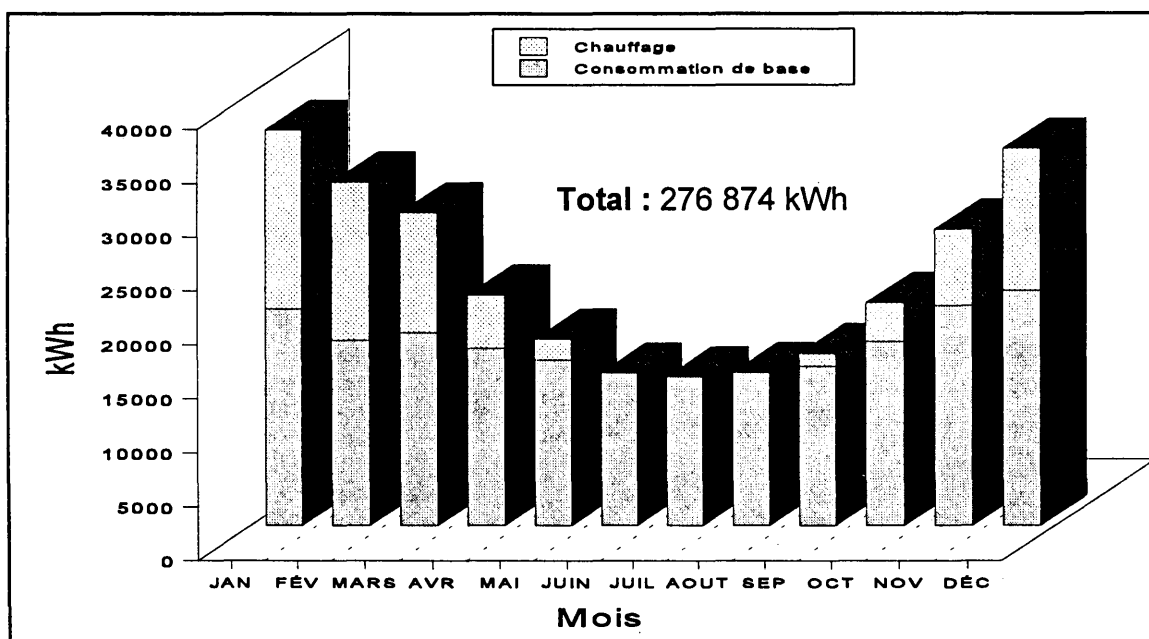


Figure 7.7.6 : Consommation énergétique mensuelle

7.2.7.2 Mesures d'économie d'énergie

La construction de ce bâtiment remonte à 1973, à ce moment les niveaux de résistances thermiques n'étaient pas aussi élevés qu'ils le sont maintenant. Donc, nous avons

envisagé d'améliorer l'enveloppe thermique selon le règlement québécois (dalle sur le sol non-modifiée). Cette mesure a réduit de 6,2% la consommation annuelle d'électricité (économie de 1 292\$/an).

Une mesure d'économie d'énergie concernant l'amélioration de l'étanchéité à l'air du bâtiment n'a pas été modélisée. Cependant, il est bon se rappeler que l'ouverture des fenêtres peut occasionner une consommation supplémentaire de 30 426 kWh (1 663\$).

7.2.7.3 Synthèse des résultats

La consommation annuelle par mètre carré du «Bâtiment 7» est moins élevée que la moyenne des bâtiments (152 kWh/m²). Par contre la consommation totale par personne est plus élevée que la moyenne. Le bâtiment se classe au quatrième rang et parmi les quatre premiers bâtiments, trois d'entre-eux sont habités par des retraités.

La consommation d'énergie de chauffage est inférieure aux moyennes des 10 bâtiments par mètre carré et par logement. Par contre, la consommation d'énergie de chauffage par personne est plus élevée que la moyenne.

Selon les trois modes de comparaison de la figure 7.7.7, la consommation d'eau chaude domestique est inférieure à la moyenne. De plus, elle est la plus basse de l'étude.

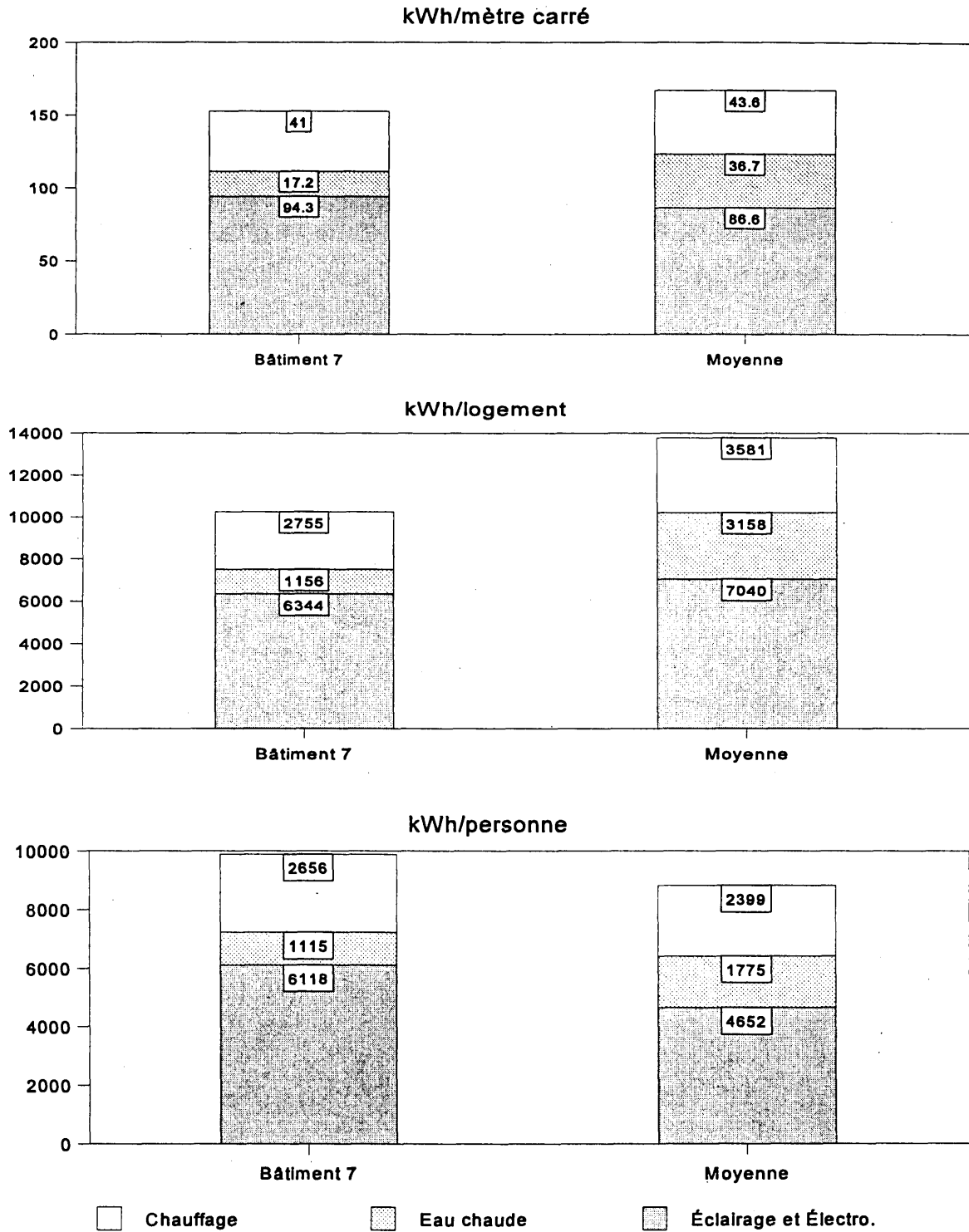


Figure 7.7.7: Comparaison énergétique

7.2.7.4 Conclusions et recommandations

Suite à l'analyse des données recueillies et des modélisations nous pouvons émettre que:

- Le taux d'infiltration naturel estimé pour ce bâtiment est de 0,40 CAH (incluant l'ouverture des fenêtres) comparativement à un taux de 0,18 avec la méthode L.B.L suivant les essais d'infiltrométrie, soit une différence de 55%. La différence de 0,22 CAH est attribuable en partie à l'ouverture des fenêtres en période de chauffage. Sous toute réserve, cette différence engendre des coûts de 1 663\$ supplémentaires par année.
- Ce bâtiment se classe au quatrième rang sur dix pour l'efficacité énergétique. Malgré ce classement, des économies pourraient être réalisées en réduisant le temps d'utilisation de l'éclairage commun (présentement, utilisation 24hr sur 24hr).
- La consommation énergétique attribuable au chauffage et à l'eau chaude domestique est inférieure à la moyenne des 10 bâtiments.
- L'application d'une mesure d'économie d'énergie visant à améliorer l'enveloppe du bâtiment permet d'économiser 1 292\$/an. Cependant avant d'appliquer cette mesure, il faudra évaluer les coûts des travaux à faire. La période de recouvrement sera l'élément qui justifiera l'application de cette mesure.

7.2.8 Bâtiment No 8

Année de construction :	1982
Nombre d'étages :	2
Nombre d'appartements :	9
Nombre d'occupants déclarés :	9
Nombre d'occupants ASHRAE ⁽⁶⁾ :	18
Période d'échantillonnage :	22 mars au 05 avril 1995

Ce bâtiment possède qu'un seul compteur électrique, donc le taux d'infiltration a été distribué également à chaque étage. Les factures des trois années de référence (1991-92-93) représentent une consommation moyenne de 131 466 kWh et la simulation de base affiche une valeur de 130 609 kWh, pour une différence globale de -0,7%. La différence entre la simulation du modèle de base et les factures a permis d'évaluer le taux d'infiltration à 0,55 CAH annuellement.

Si on considère la valeur de 0,24 CAH naturel estimé par la méthode L.B.L qui n'inclut pas l'ouverture des fenêtres, on obtient une différence de 0,31 CAH qui est attribuable à une partie des 43% des gens qui ouvrent leurs fenêtres. La consommation totale d'une simulation avec un taux de 0,24 CAH était de 102 028 kWh, soit 28 581 kWh de moins (environ \$1 562) que la simulation de base. Donc, l'ouverture des fenêtres peut occasionner une consommation supplémentaire de 3176 kWh (environ \$ 174) par appartement.

7.2.8.1 Compilation énergétique

Le tableau 7.8.1 montre la répartition de la facture électrique par type d'utilisation. Le chauffage représente la plus grande portion de la facture d'énergie, soit 39,4% de la consommation totale du bâtiment. Il s'agit du premier bâtiment qui a cette tendance. Pour

les autres bâtiments de l'étude, les électroménagers et l'eau chaude arrivaient en première place.

Tableau 7.8.1 : Consommation d'énergie

USAGE	CONSOMMATION ANNUELLE (kWh)	POURCENTAGE (%)
Éclairage		
Intérieur	11 223	8,6
Extérieur	2 125	1,6
Électroménagers**	50 840	38,9
Chauffage	51 399	39,4
Eau chaude	14 311	11,0
Ventilation mécanique	133	0,1
Chauffe-moteurs	578	0,4
Total (Total en dollars)*	130 609 (7 618\$)	100,0 100,0

* Tarif domestique 1993 et 1994

**La consommation de divers appareils est incluse

Le tableau 7.8.2 montre en kWh et en litres la consommation annuelle moyenne normalisée d'eau chaude. Comme il s'agit d'un bâtiment pour personnes âgées, le profil de consommation est très peu prononcé.

Tableau 7.8.2 : Consommation d'eau chaude

Consommation annuelle d'eau chaude			
Unités	Totale	Par logement	Par personne
kWh	14 311	1 590	1 590
Litres	205 108	22 790	22 790

7.0 VÉRIFICATION ÉNERGÉTIQUE

Les figures 7.8.1 à 7.8.3 font la répartition des gains et des pertes thermiques. La figure 7.8.1 est une représentation de la répartition de l'énergie annuelle consommée par usage du tableau 7.8.1.

La figure 7.8.2 montre que l'infiltration représente la demande de chauffage la plus importante avec 53,7% de la charge totale. La figure 7.8.3 présente les gains internes qui combient la demande de chauffage. Le système de chauffage contribue à 53,3% de cette demande, soit 51 399 kWh.

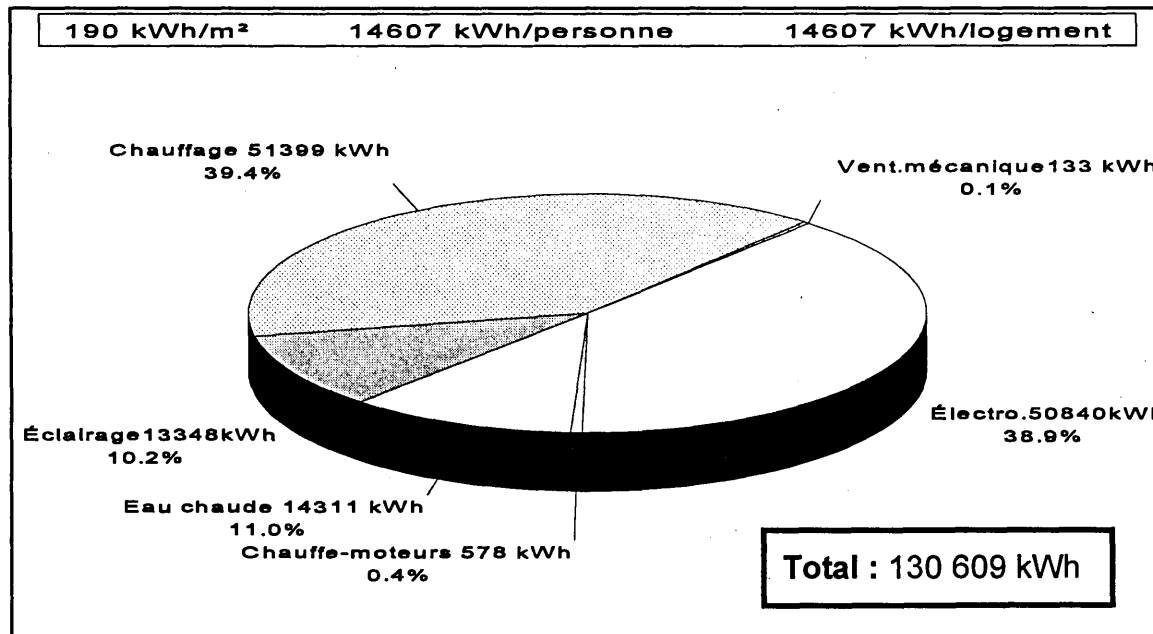


Figure 7.8.1 : Répartition de l'énergie achetée

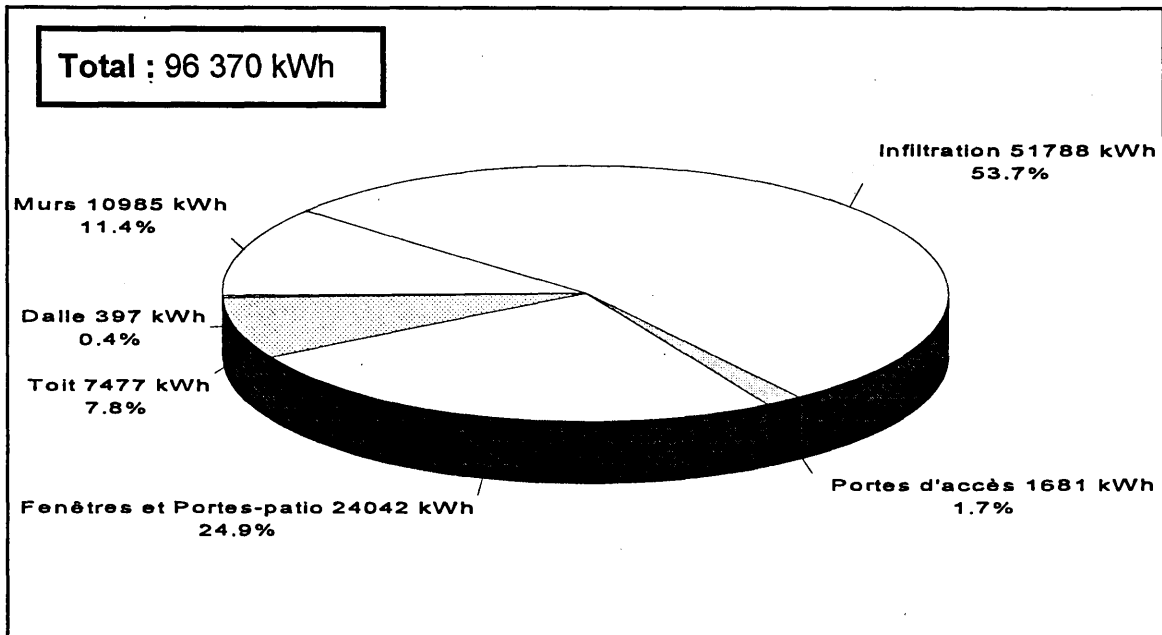


Figure 7.8.2 : Déperditions thermiques de l'enveloppe

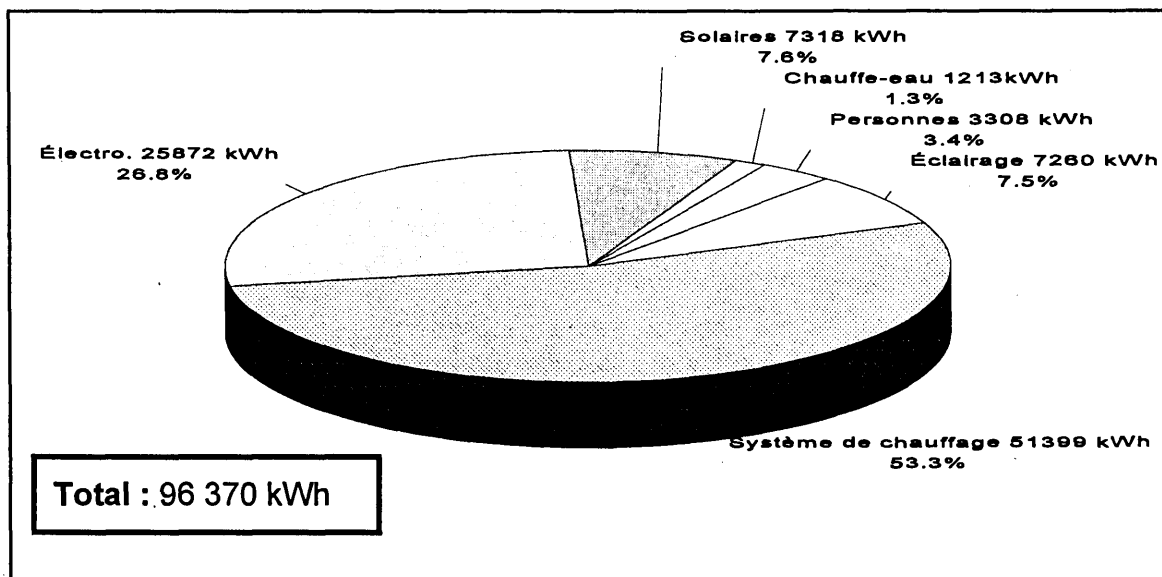


Figure 7.8.3 : Répartition des gains internes contribuant au chauffage

7.0 VÉRIFICATION ÉNERGÉTIQUE

La figure 7.8.4 montre sur une même assiette toutes les pertes du bilan énergétique. La consommation énergétique annuelle due à l'infiltration naturelle (incluant l'ouverture des fenêtres) est de 45 294 kWh. La catégorie «Ventilation mécanique» comprend les coûts liés au fonctionnement des ventilateurs et les coûts pour chauffer l'air neuf.

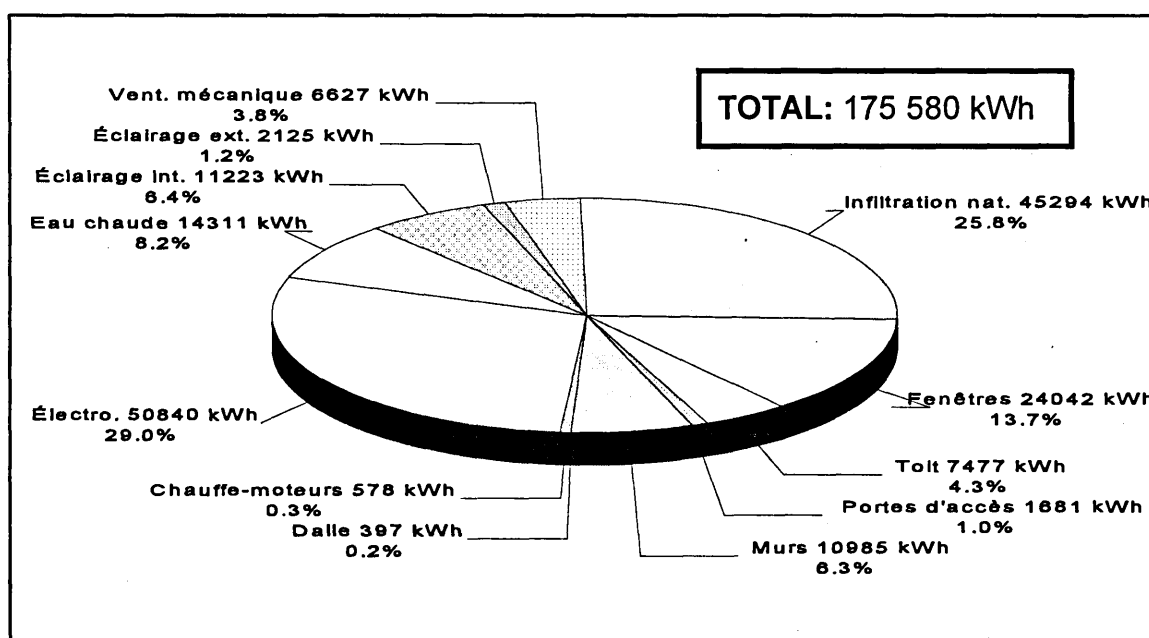


Figure 7.8.4 : Assiette des dépenses énergétiques

La figure 7.8.5 présente tous les revenus énergétiques annuels. La somme des revenus est égale à la somme des dépenses. La facture d'énergie correspond à 74,4% du bilan énergétique du bâtiment et les gains internes provenant des électroménagers correspondent à 15%.

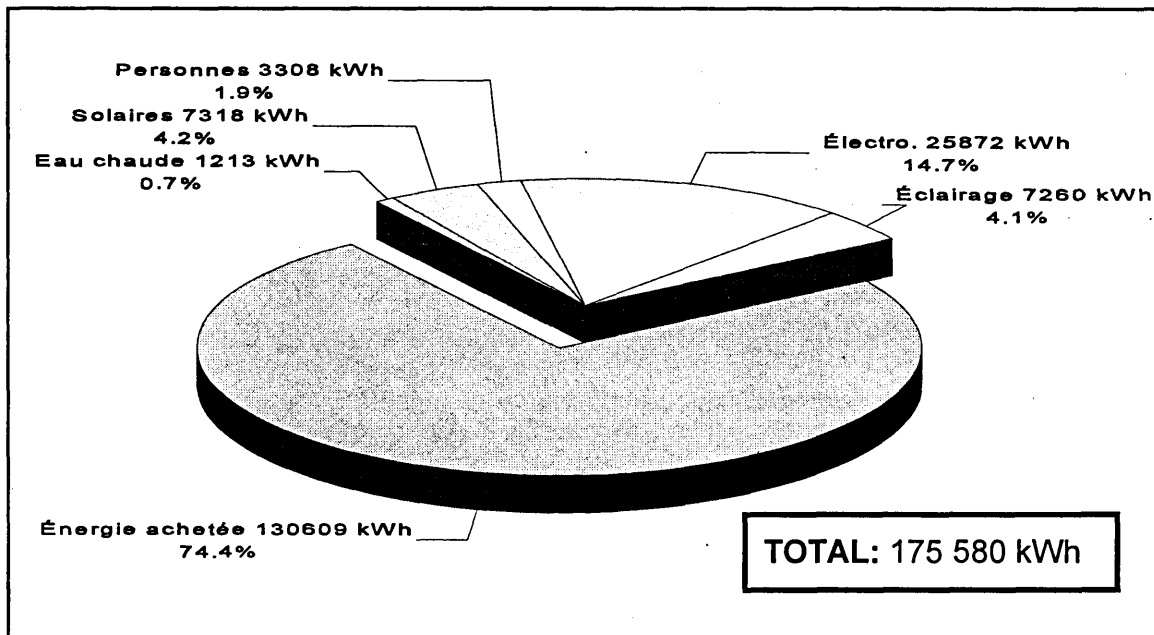


Figure 7.8.5 : Assiette des revenus énergétiques

La figure 7.8.6 montre la consommation énergétique mensuelle. La consommation de base correspond à 60,6% de la facture totale. Cette figure permet de visualiser l'impact de la température du sol dans les calculs de la consommation d'eau chaude et l'effet de la période d'ensoleillement mensuelle. Avec cette approche, la consommation d'énergie pour le chauffage est de 51 399 kWh comparativement à 65 190 kWh lorsque l'énergie de chauffage est normalisée d'après les mois d'été. L'approche que nous avons favorisée représente une baisse de 21% de la consommation de chauffage comparativement à une normalisation simple.

7.2.8.2 Mesures d'économie d'énergie

La mesure d'économie d'énergie visant à améliorer l'enveloppe thermique selon le règlement québécois (dalle sur le sol non-modifiée) a permis de réduire la facture énergétique d'un faible 3,2%, soit une économie de 228\$/année.

7.0 VÉRIFICATION ÉNERGÉTIQUE

Une mesure d'économie d'énergie concernant l'amélioration de l'étanchéité à l'air du bâtiment n'a pas été envisagée parce que l'enveloppe du bâtiment est déjà très étanche avec un taux de 3,43 à 50 pascals. Par contre, l'approche utilisée démontre que la différence entre le taux de CAH selon L.B.L et DOE2.1e correspond à une augmentation de la facture de 1 562\$ par année.

7.2.8.3 Synthèse des résultats

Après avoir complété la vérification énergétique des 10 bâtiments, nous constatons que la consommation annuelle totale par mètre carré du «Bâtiment 8» (190 kWh/m²) est plus élevée que la moyenne des bâtiments (166 kWh/m²). La figure 7.8.7 nous donne plus d'information sur le profil de ce bâtiment.

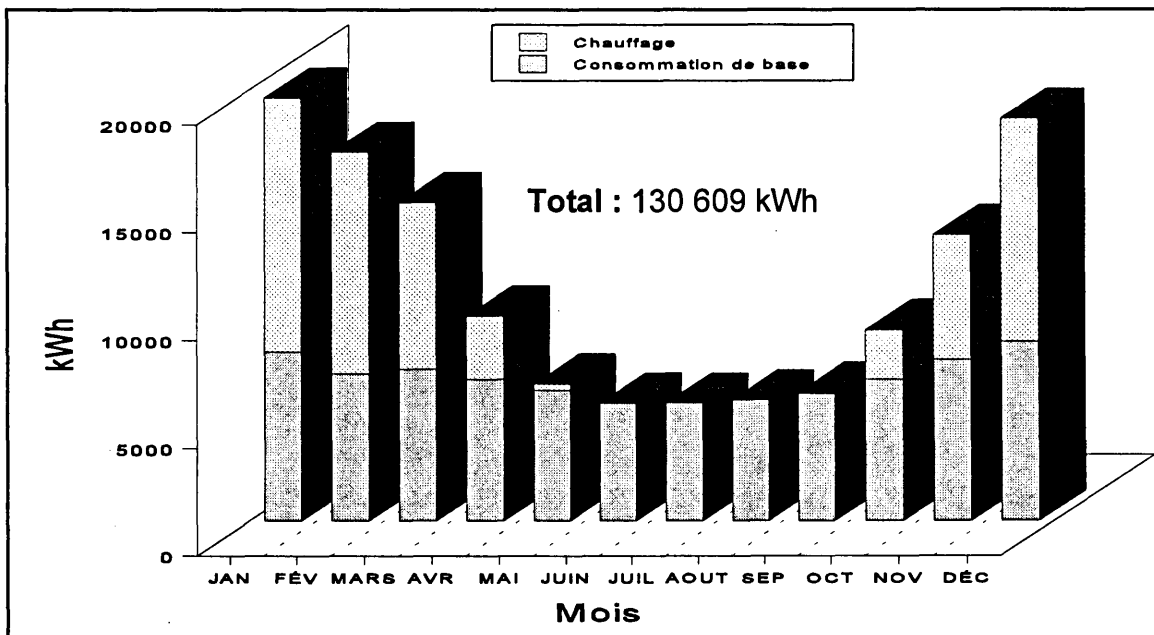


Figure 7.8.6 : Consommation énergétique mensuelle

La consommation d'énergie de chauffage est supérieure aux moyennes par mètre carré, par logement et par personne. Ce bâtiment ne contient que 9 logements, ce qui implique que la masse thermique est plus faible que celle des autres bâtiments.

Si on tient compte de la superficie totale, du nombre de logements et du nombre d'occupants du bâtiment, la consommation énergétique attribuable à l'éclairage et aux électroménagers est supérieure à la moyenne. Pour les personnes retraitées, il semble que c'est un comportement normal. Cette donnée fluctue également en fonction du degré d'occupation.

La tendance des deux bâtiments de retraités précédent se maintient, la consommation d'eau chaude est sous la moyenne de l'étude.

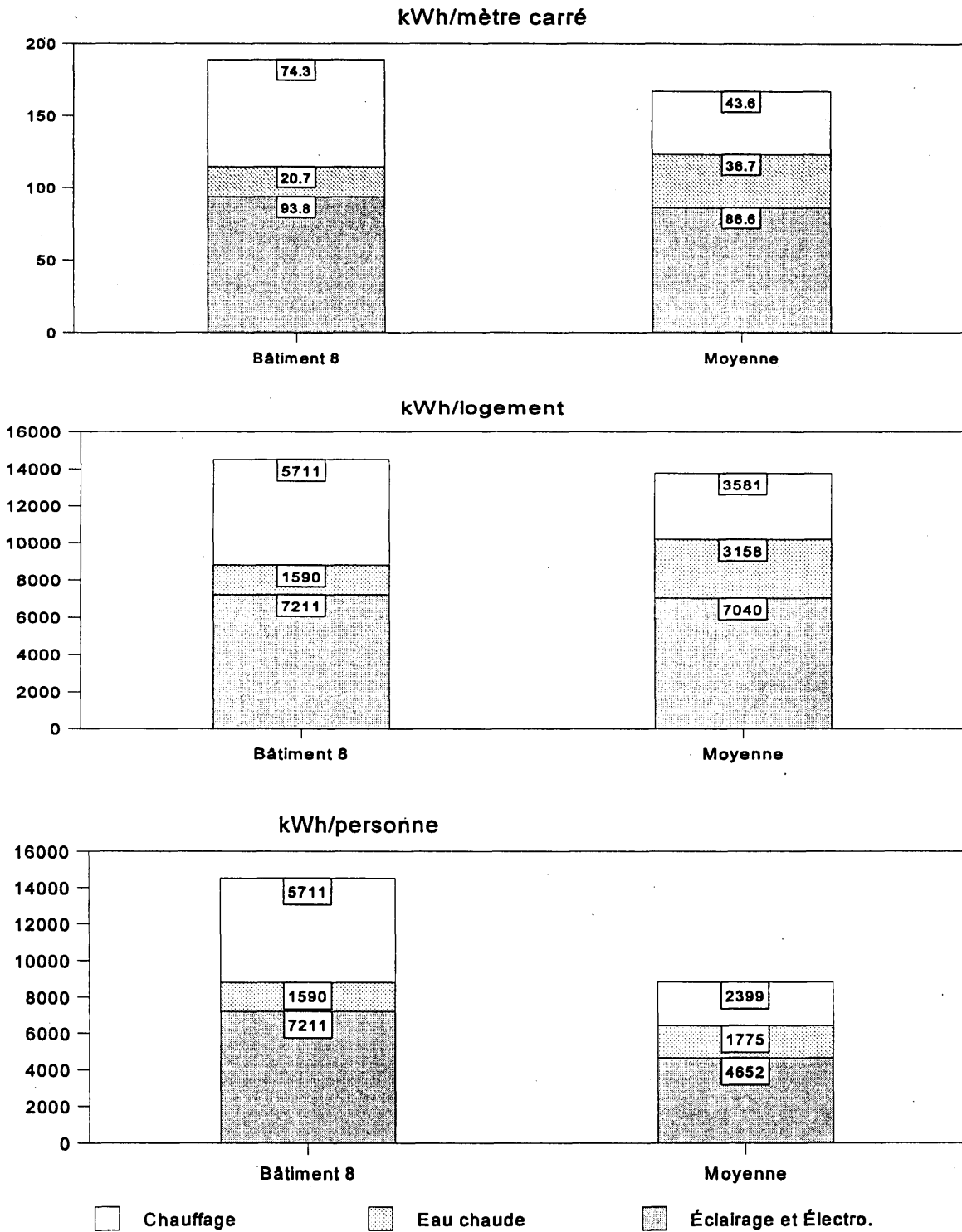


Figure 7.8.7: Comparaison énergétique

7.2.8.4 Conclusions et recommandations

Suite à la vérification énergétique du «Bâtiment 8», nous pouvons énoncé que :

- Le taux d'infiltration naturel estimé pour ce bâtiment est de 0,55 CAH (incluant l'ouverture des fenêtres) comparativement à un taux de 0,24 CAH par la méthode L.B.L., soit une différence de 56%. La différence de 0,31 CAH est attribuable en partie à l'ouverture des fenêtres en période de chauffage, ce qui représente une consommation supplémentaire équivalente à 1 562 \$ par année.
- Ce bâtiment se classe au neuvième rang sur dix pour l'efficacité énergétique selon l'échelle des kWh/m². La petite taille du bâtiment fait augmenter la consommation de chauffage qui a pour effet de réduire la performance globale du bâtiment par rapport aux autres.
- La consommation attribuable à l'éclairage et aux électroménagers pour ce bâtiment est supérieure à la moyenne des 10 bâtiments et elle pourrait être réduite par l'ajout de minuteries ou d'autres composantes sur les circuits d'éclairage.
- L'application d'une mesure d'économie d'énergie visant à améliorer l'enveloppe du bâtiment n'est pas justifiable (228 \$/an) étant donné la performance actuelle de l'enveloppe. De plus, il s'agit de modeste économie pour des travaux majeurs.

7.2.9 Bâtiment No 9

Année de construction :	1989
Nombre d'étages :	3
Nombre d'appartements :	10
Nombre d'occupants déclarés :	25
Nombre d'occupants ASHRAE(6) :	36
Période d'échantillonnage :	30 mars au 13 avril 1995

Chaque logement possède son compteur électrique, donc l'approche de la distribution du changement d'air par étage a été utilisée. Les factures des trois années de référence (1991-92-93) représentent une consommation moyenne de 181 210 kWh et la simulation de base affiche une valeur de 180 212 kWh, pour une différence globale de -0,6%.

Le taux d'infiltration moyen annuel calculé est de 0,62 CAH comparativement 0,22 CAH par la méthode L.B.L. La distribution de l'infiltration par étage est évaluée comme suit :

- Premier étage : 0,93 CAH
- Deuxième étage : 0,61 CAH
- Troisième étage : 0,25 CAH

Avec une telle distribution, on peut conclure qu'il y a un effet de cheminée dans ce bâtiment. Lorsque l'on compare les simulations avec 0,62 et 0,22 CAH, un appartement du deuxième étage a une consommation énergétique de 2 379 kWh (environ 127\$) plus élevée qu'un logement du troisième étage. Un appartement au premier étage a une consommation énergétique de 2 704 kWh par logement (environ 143\$) plus élevée qu'un appartement au deuxième étage. Le taux d'infiltration représente la portion d'air frais qui doit être chauffé par étage. La figure 7.9.1 montre la distribution de la consommation moyenne d'un logement par étage et par orientation.

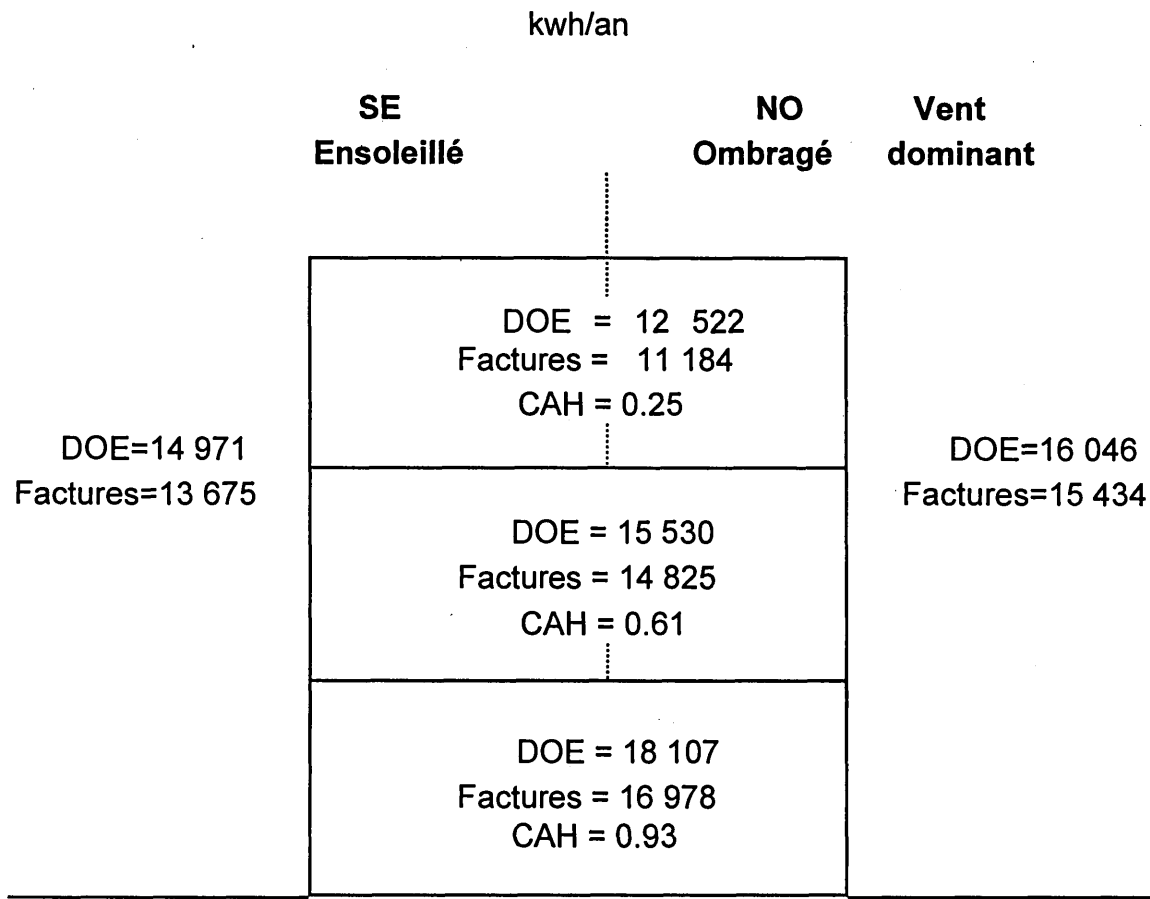


Figure 7.9.1 : Distribution de la consommation

Si on considère la valeur de 0,22 CAH naturel estimé par la méthode L.B.L qui n'inclut pas l'ouverture des fenêtres, on peut dire que la différence de 0,4 CAH est attribuable à une partie de occupants qui ouvrent leurs fenêtres. La consommation totale d'une simulation avec un taux de 0,22 CAH était de 149 243 kWh, soit 30 969 kWh de moins (environ 1 652\$) que la simulation de base. Donc, l'ouverture des fenêtres peut occasionner une consommation supplémentaire de 3097 kWh par appartement (environ \$ 165).

7.2.9.1 Compilation énergétique

Le tableau 7.9.1 montre la répartition de la facture électrique par usage. Une importante consommation par les électroménagers jumelée aux gains internes, à la masse thermique et à une bonne enveloppe ont pour conséquence de maintenir une charge de chauffage qui ne dépasse pas 24% de la facture annuelle.

Tableau 7.9.1 : Consommation d'énergie (figure 7.9.2)

USAGE	CONSOMMATION ANNUELLE (kWh)	POURCENTAGE (%)
Éclairage		
Intérieur	17 344	9,6
Extérieur	3 209	1,8
Électroménagers**	71 984	39,9
Chauffage	42 080	23,4
Eau chaude	45 181	25,1
Ventilateurs	414	0,2
Total (Total en dollars)*	180 212 (11 658 \$)	100,0 100,0

* Tarif domestique 1993 et 1994

**La consommation de divers appareils est incluse

Le tableau 7.9.2 présente la consommation annuelle moyenne normalisée d'eau chaude des logements et des chauffe-eau communs. La méthode utilisée est celle décrite dans la section «Méthodologie» et tient compte de l'utilisation et de la température d'entrée d'eau.

Tableau 7.9.2 : Consommation d'eau chaude

Consommation annuelle d'eau chaude				
Unités	Totale	Chauffe-eau Communs	Par logement*	Par personne*
kWh	45 181	3 258	4 518	1 807
Litres	684 526	21 889	68 453	27 381

* La consommation des chauffe-eau communs est incluse (occupants déclarés)

La figure 7.9.3 montre la répartition des déperditions thermique de l'enveloppe. L'infiltration représente la demande de chauffage la plus importante avec 57,2% de la charge totale. La plus faible déperdition est celle par les portes métalliques.

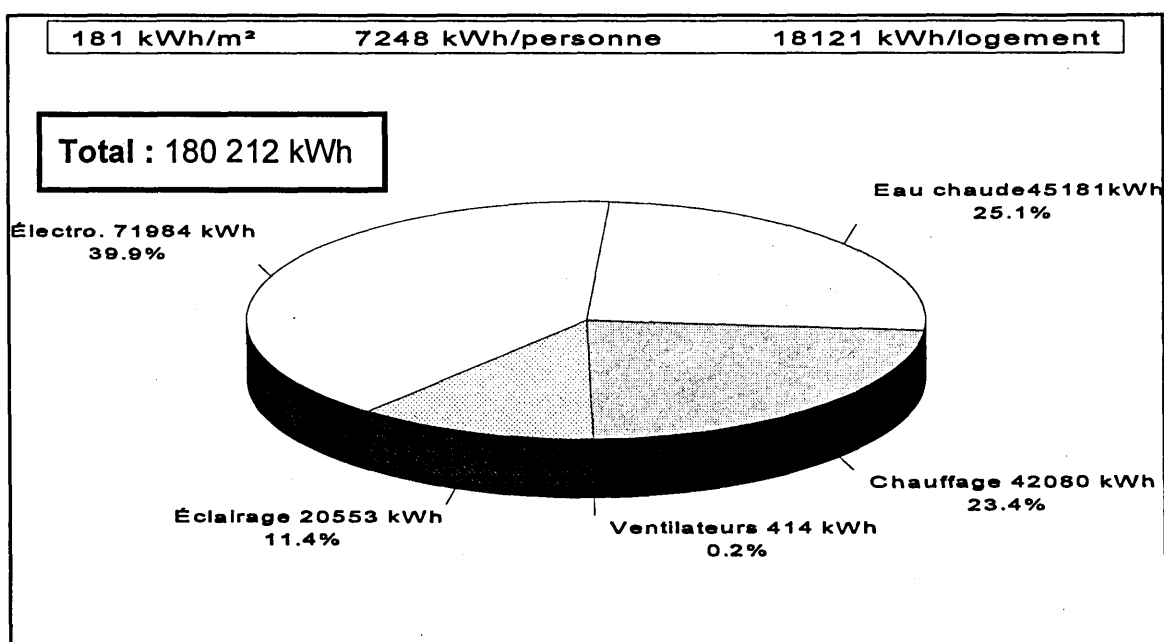


Figure 7.9.2 : Répartition de l'énergie achetée

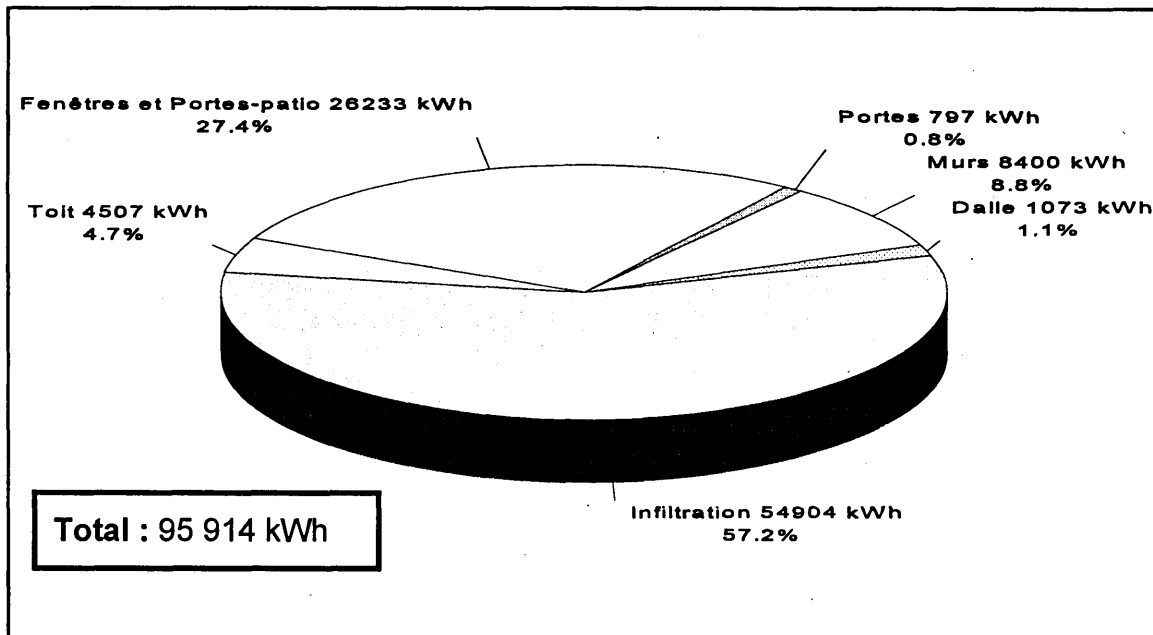


Figure 7.9.3 : Déperditions thermiques de l'enveloppe

De son côté, la figure 7.9.4 présente les gains internes qui combtent la demande de chauffage selon les principaux systèmes. Le système de chauffage contribue à 43,9% de cette demande, soit 42 080 kWh. Les gains des électroménagers et des chauffe-eau apportent une contribution considérable à la charge de chauffage avec 32,4% de cette dernière.

Les figures 7.9.5 et 7.9.6 représentent le bilan énergétique du bâtiment, soit ce qui sort du bâtiment et ce qui y entre. La figure 7.9.5 montre sur une même assiette toutes les pertes énergétiques. La catégorie «Ventilation mécanique» comprend les coûts liés au fonctionnement des ventilateurs et les coûts pour chauffer l'air neuf. La figure 7.9.6 présente tous les revenus énergétiques annuels. L'énergie achetée correspond à l'énergie facturée. La facture d'énergie correspond à 77% du bilan énergétique du bâtiment.

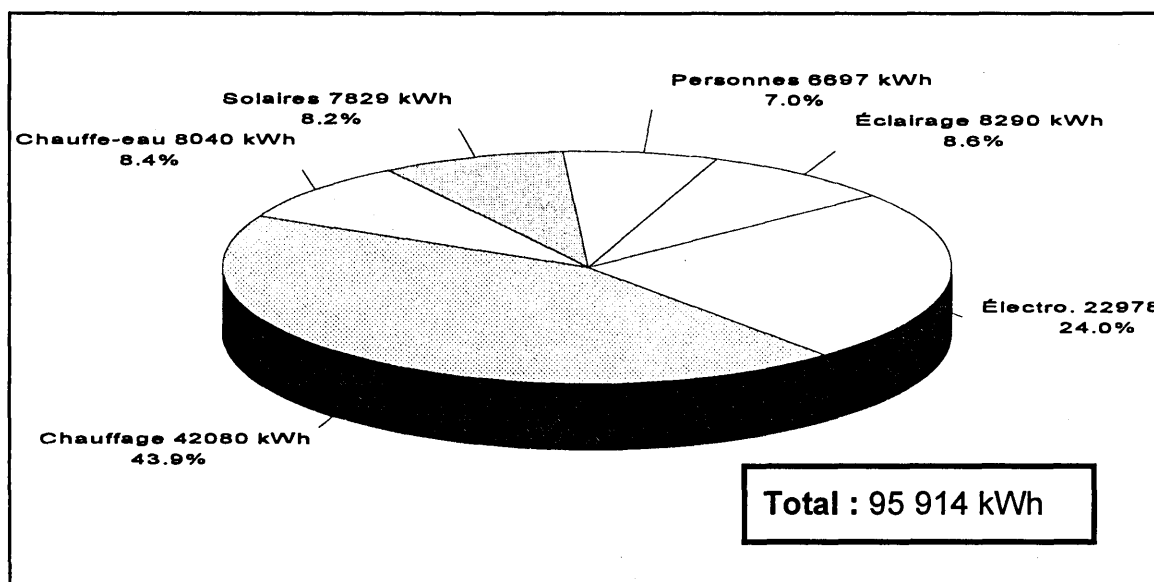


Figure 7.9.4 : Répartition des gains internes contribuant au chauffage

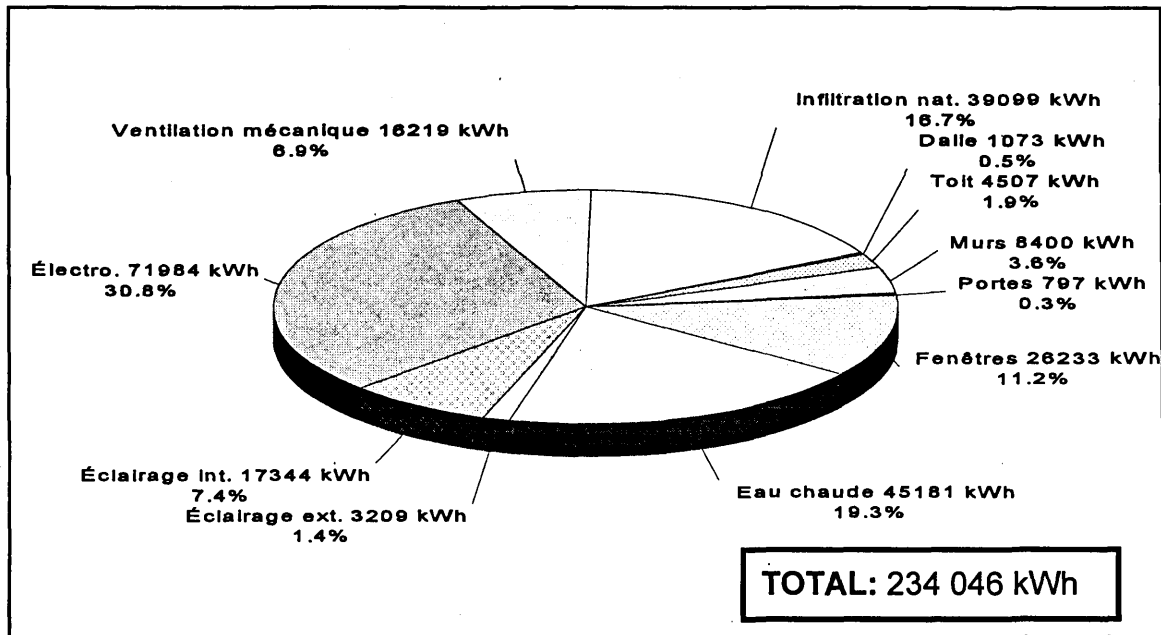


Figure 7.9.5 : Assiette des dépenses énergétiques

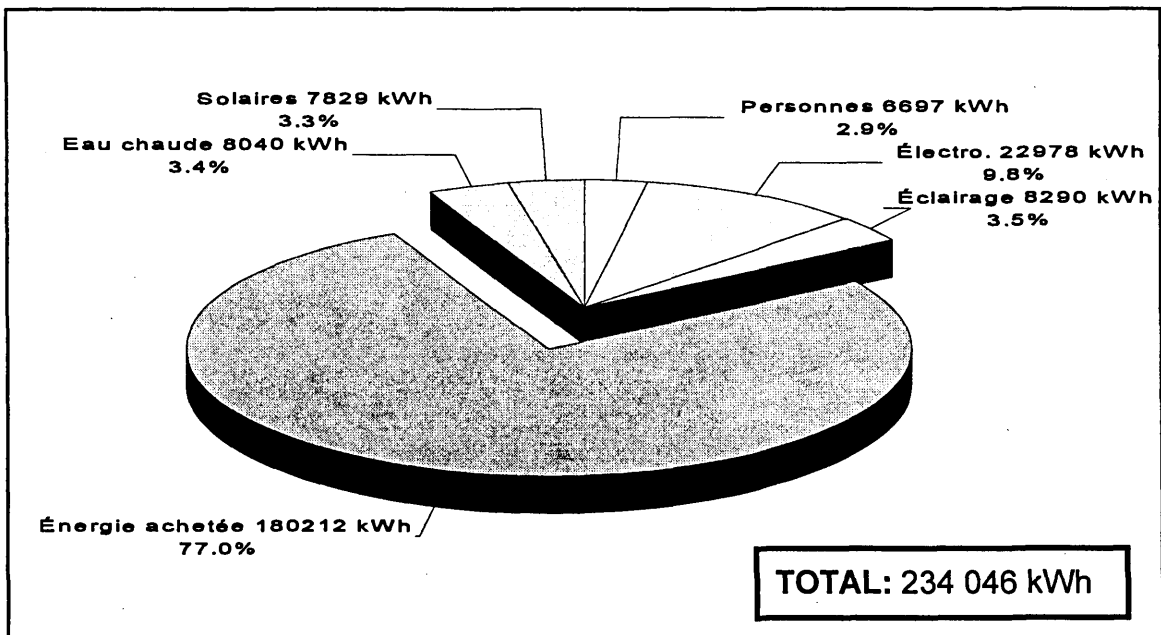


Figure 8.9.6 : Assiette des revenus énergétiques

La figure 8.9.7 montre la distribution de la consommation mensuelle d'après son utilisation (consommation de base ou de chauffage). La consommation de base regroupe la consommation attribuable à l'éclairage, aux appareils électroménagers et à l'eau chaude domestique pour les logements et les espaces communs. Avec l'approche favorisée au cours de cette étude, la consommation d'énergie pour le chauffage est de 42 080 kWh comparativement à 76 760 kWh lorsque l'énergie de chauffage est normalisée d'après les mois d'été. Notre approche représente une baisse de 45% de la consommation de chauffage comparativement à une normalisation simple.

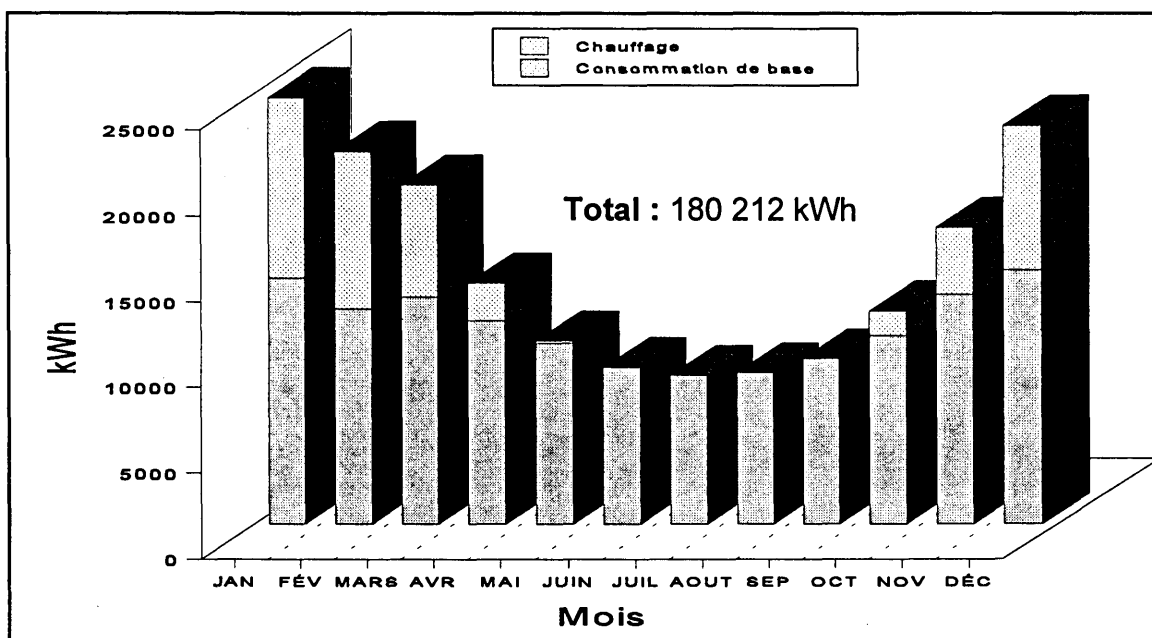


Figure 7.9.7 : Consommation énergétique mensuelle

7.2.9.2 Mesures d'économie d'énergie

Aucune mesure d'économie d'énergie a été envisager pour ce bâtiment. La construction de ce bâtiment remonte à 1989 et l'enveloppe thermique a été construite en conformité avec le règlement québécois sur l'économie de l'énergie.

L'impact de l'étanchéisation est difficilement évaluable car le bâtiment est déjà très étanche avec un taux de 2,78 à 50 pascals. Cependant, si l'on demande aux occupant de ne pas ouvrir les fenêtres en période de chauffage, il serait possible d'économiser environ 1 600\$.

7.2.9.3 Synthèse des résultats

Après avoir complété la vérification énergétique des 10 bâtiments, nous constatons que la consommation annuelle totale par mètre carré du «Bâtiment 9» (181 kWh/m²) est plus élevée que la moyenne des bâtiments. La figure 7.9.8 donne plus de détails sur le comportement énergétique du bâtiment.

La consommation d'énergie de chauffage est inférieure aux moyennes par mètre carré et par personne. Par contre, la consommation d'énergie de chauffage par logement est plus élevée que la moyenne.

Si on tient compte de la superficie totale, du nombre de logements et du nombre d'occupants du bâtiment, la consommation d'eau chaude domestique est supérieure à la moyenne.

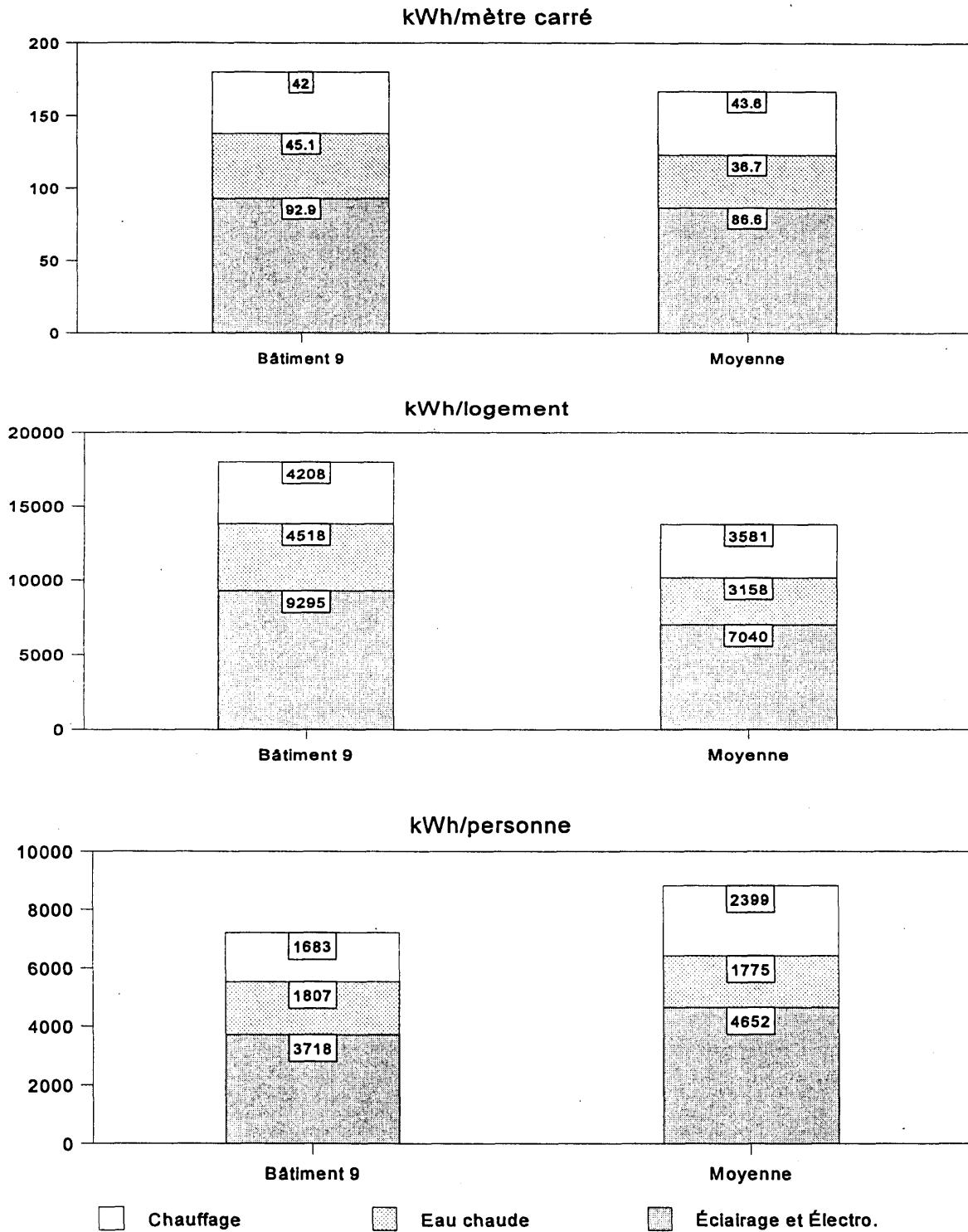


Figure 7.9.8: Comparaison énergétique

7.2.9.4 Conclusions et recommandations

D'après les résultats obtenus par modélisation, nous arrivons aux conclusions suivantes:

- Le taux d'infiltration estimé pour ce bâtiment est de 0,62 CAH (incluant l'ouverture des fenêtres) comparativement à un taux de 0,22 lors des essais d'infiltrométrie, soit une différence de 64%. La différence de 0,4 CAH est attribuable en partie à l'ouverture des fenêtres en période de chauffage.
- Les différences de consommation par étage d'après les factures énergétiques et les simulations sans infiltration ont montré qu'il y a un effet de cheminée. Aucune mesure d'étanchéisation de l'enveloppe n'est proposée, mais le fait de compartimenter chaque étage aidera à réduire le mouvement d'air entre les étages et par conséquent, l'effet de cheminée. Une réduction de l'effet de cheminée permettra de réaliser des économies.
- Ce bâtiment se classe au septième rang des dix pour l'efficacité énergétique (selon la comparaison simple de la consommation annuelle par mètre carré). La consommation énergétique attribuable au chauffage est inférieure à la moyenne de l'étude.
- La consommation attribuable à l'eau chaude domestique, à l'éclairage et aux électroménagers est élevée et des recherches pouvant abaisser cette consommation sont recommandées.
- Aucune mesure d'économie d'énergie n'a été envisagée étant donné qu'il s'agit d'un bâtiment récent qui se conforme au règlement québécois sur l'économie d'énergie.

7.2.10 Bâtiment No 10

Année de construction :	1981 et 1994
Nombre d'étages :	3
Nombre d'appartements :	57
Nombre d'occupants déclarés :	61
Nombre d'occupants ASHRAE ⁽⁶⁾ :	114
Période d'échantillonnage :	juillet 1995

Ce bâtiment possède un compteur électrique, donc le taux d'infiltration a été distribué également à chaque étage. Les factures énergétiques de janvier 1995 à juillet 1995 ont servi de référence pour nos comparaisons. La simulation de base prévoit une consommation annuelle de 583 072 kWh. Nous avons utilisé ces factures, car elles étaient les seules qui prenaient en considération la consommation énergétique du fonctionnement du système de pressurisation des corridors de la nouvelle partie.

Le taux d'infiltration moyen annuel calculé est de 0,36 CAH. La méthode L.B.L avait estimé l'infiltration à la moitié de la modélisation, soit 0,18 CAH sans ouverture de fenêtres. On peut conclure que la différence de 0,18 CAH est attribuable en partie à l'ouverture des fenêtres. La consommation totale d'une simulation avec un taux de 0,18 CAH était de 512 782 kWh, soit 70 290 kWh de moins (environ 3 244\$) que la simulation de base. Donc, l'ouverture des fenêtres peut occasionner une consommation supplémentaire de 1 233 kWh (environ 57\$) par appartement. Cependant, il n'est pas possible de répartir l'infiltration d'après les sections, car les essais ont été réalisés pour la nouvelle et l'ancienne section simultanément.

7.2.10.1 Compilation énergétique

Le tableau 7.10.1 montre la répartition de la facture électrique par usage. Étant donné que la modélisation a pris en considération que le système de pressurisation était en marche de janvier à mars, sa contribution à la facture n'est que de 3,9%. Ce bâtiment est occupé par des gens à la retraite et la consommation d'eau chaude est la plus importante pour ce type d'occupation (23% de la consommation totale).

Tableau 7.10.1 : Consommation d'énergie (figure 7.10.1)

USAGE	CONSOMMATION ANNUELLE (kWh)	POURCENTAGE (%)
Éclairage		
Intérieur	62 482	10,7
Extérieur	5 583	1,0
Électroménagers	215 981	37,0
Chauffage		
Plinthes	141 424	24,2
Corridors	21 940	3,8
Eau chaude	134 403	23,1
Évacuation mécanique	845	0,1
Alimentation des corridors	414	0,1
Total	583 072	100,0
(Total en dollars)*	(42 212\$)	100,0

* Tarif domestique 1993 et 1994

Le tableau 7.10.2 présente la consommation annuelle moyenne normalisée d'eau chaude des logements et des chauffe-eau communs.

Tableau 7.10.4 : Consommation d'eau chaude

Consommation annuelle d'eau chaude			
Unités	Totale*	Par logement	Par personne
kWh	134 403	2 358	2 203
Litres	2 224 447	39 025	36 466

* La consommation des chauffe-eau communs et des chauffe-eau des logements est incluse dans ce totale.

La figure 7.10.1 correspond à la représentation graphique de la facture énergétique du tableau 7.10.3.

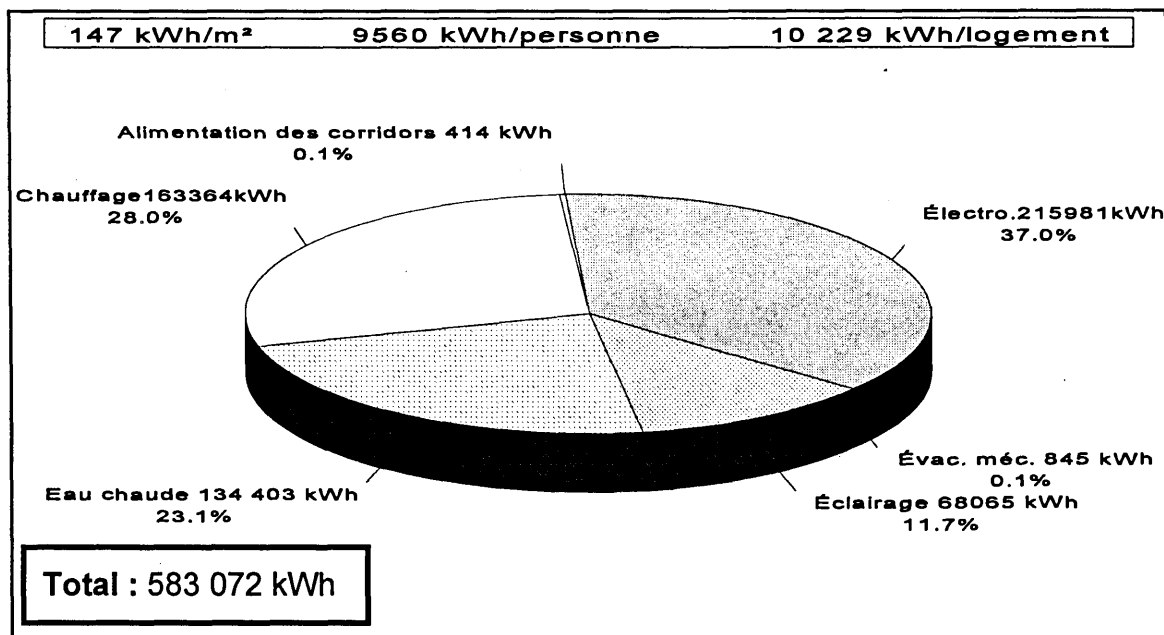


Figure 7.10.1 : Répartition de l'énergie achetée

La figure 7.10.2 présente la distribution des déperditions thermiques de l'enveloppe. Les fenêtres (portes-patio incluses) et l'infiltration contribuent à plus de 75% à la charge de chauffage.

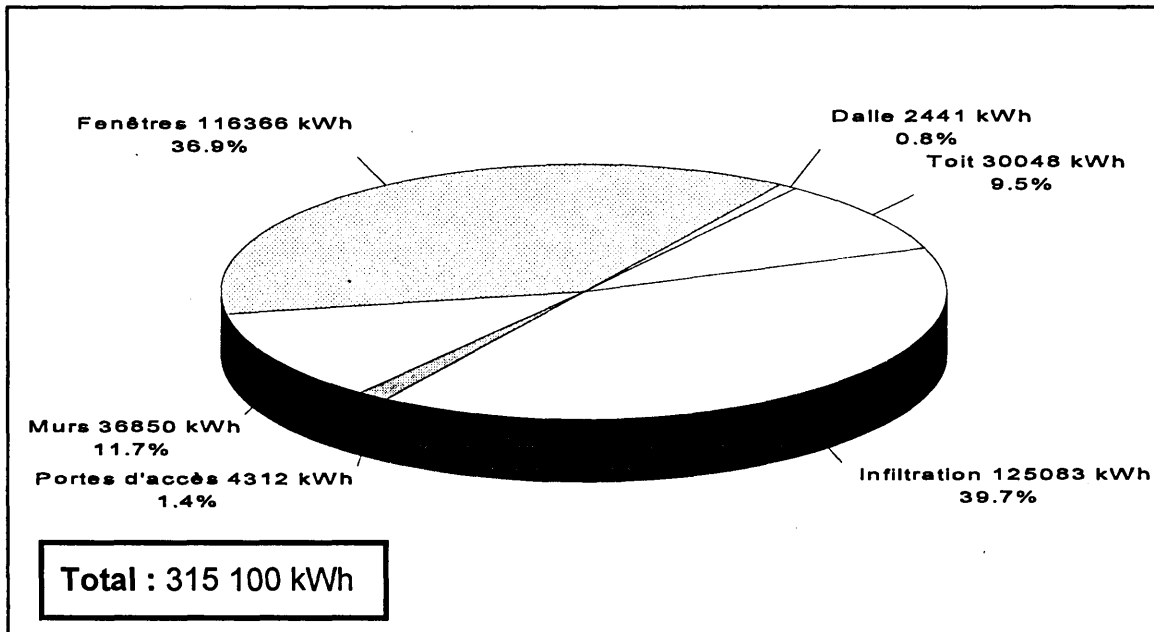


Figure 7.10.2 : Déperditions thermiques de l'enveloppe

La répartition des gains internes est présente par la figure 7.10.3. Le système de chauffage contribue à 51,8% de cette demande, soit 163 364 kWh. L'énergie récupérée des électroménagers comble 20,3% de la charge de chauffage.

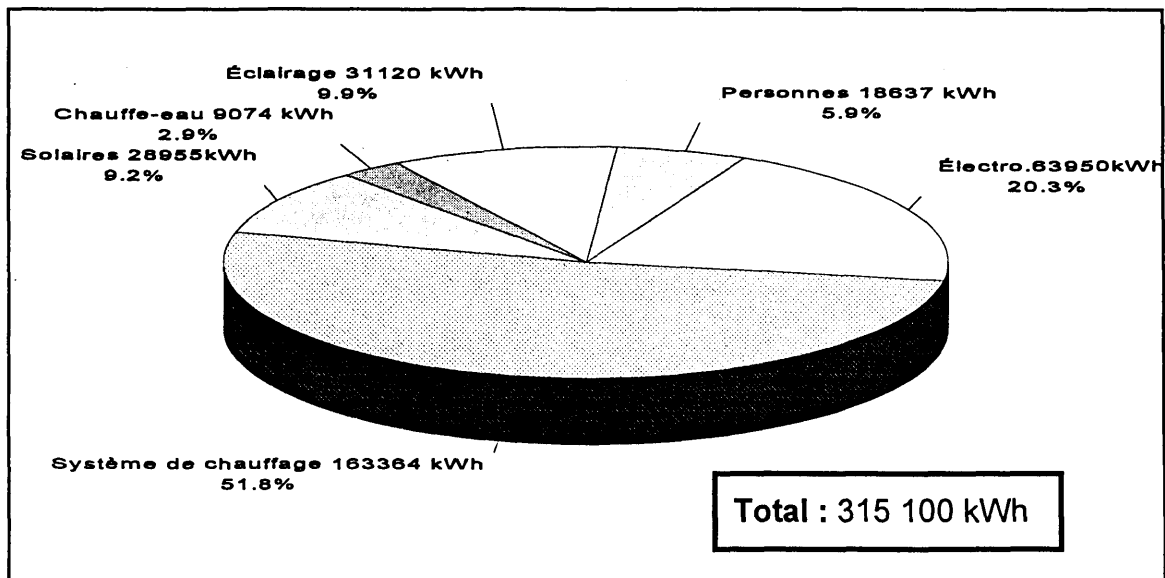


Figure 7.10.3 : Répartition des gains internes contribuant au chauffage

Les figures 7.10.4 et 7.10.5 représentent le bilan énergétique du bâtiment. La figure 7.10.4 montre sur une même assiette toutes les pertes énergétiques. La consommation énergétique annuelle due à l'infiltration naturelle (incluant l'ouverture des fenêtres) est de 106 827 kWh. La catégorie «Évacuation mécanique» comprend l'énergie liée au fonctionnement des hottes de cuisine et des ventilateurs de salle de bain et l'énergie pour chauffer l'air neuf.

La figure 7.10.5 présente tous les revenus énergétiques annuels. La facture d'énergie correspond à 79,4% du bilan énergétique du bâtiment et les gains internes provenant des électroménagers arrivent au deuxième rang avec 8,7%. Les deux assiettes sont caractéristiques de celles obtenues lors de l'étude des autres bâtiments.

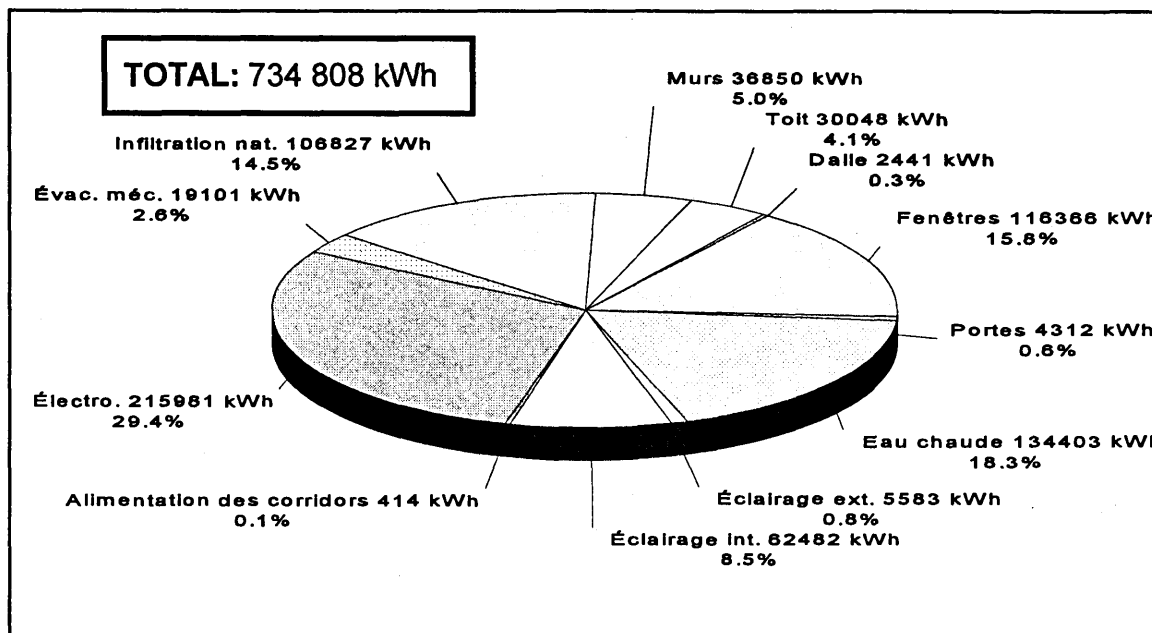


Figure 7.10.4 : Assiette des dépenses énergétiques

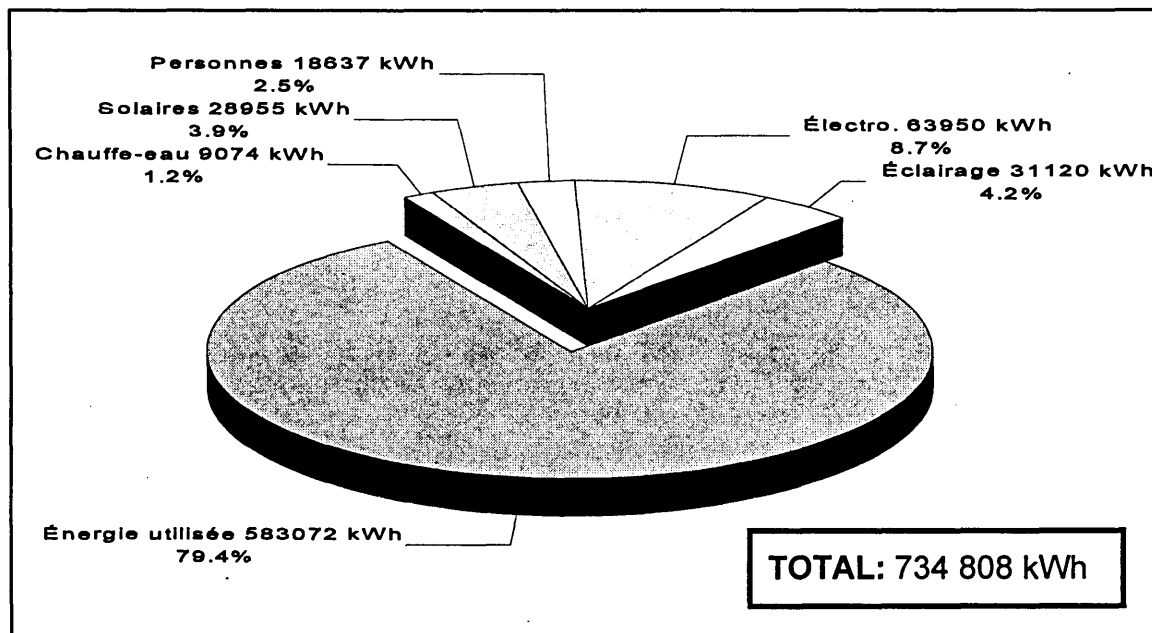


Figure 7.10.5 : Assiette des revenus énergétiques

La figure 7.10.6 montre la fluctuation de la consommation d'énergie selon les mois de l'année. Cette figure nous permet de visualiser l'impact de la température d'entrée d'eau et l'effet de la période d'ensoleillement mensuelle sur la consommation de base. Avec cette approche, la consommation d'énergie pour le chauffage est de 163 364 kWh comparativement à 264 280 kWh lorsque l'énergie de chauffage est normalisée d'après les mois d'été. Notre approche représente une baisse de 38% de la consommation de chauffage comparativement à une normalisation simple.

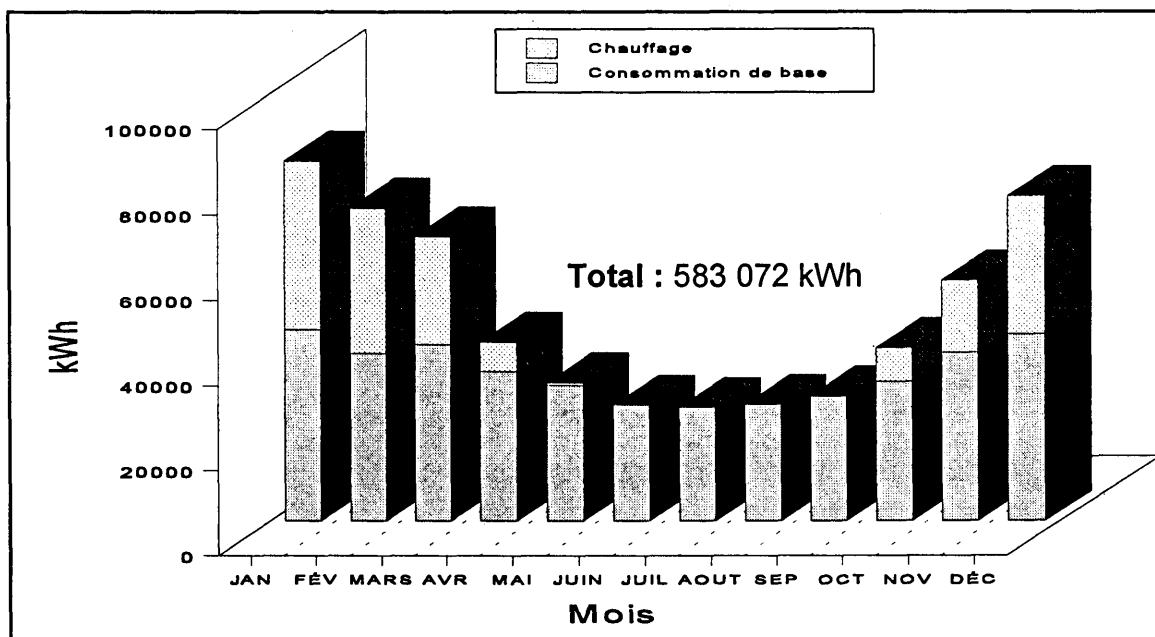


Figure 7.10.6 : Consommation énergétique mensuelle

7.2.10.2 Mesures d'économie d'énergie

Nous avons modélisé le bâtiment après avoir amélioré l'enveloppe de l'ancienne section. Cette mesure a réduit de 4,4% la consommation annuelle d'électricité, soit une économie de 1 220\$/an. Toutefois, ce bâtiment a une superficie imposante et l'investissement nécessaire à cette amélioration déterminera s'il est avantageux d'aller de l'avant avec cette mesure.

Nous n'avons pas effectué de simulation avec un taux d'infiltration inférieur à 0,36 CAH en guise de mesure d'économie possible. Comment aurions-nous distribué cette réduction en fonction de la nouvelle et de l'ancienne section du bâtiment. Par contre, il est important de mentionner à nouveau que la simulation avec le taux d'infiltration L.B.L affichait une économie de 3 244\$ par année. Donc, il semble que les 98% des occupants qui ouvrent leurs fenêtres l'hiver apporteraient une certaine contribution à la réduction des coûts de chauffage.

7.2.10.3 Synthèse des résultats

La consommation annuelle totale par mètre carré du «Bâtiment 10» permet de le classer au troisième (147 kWh/m²) rang des bâtiment de l'étude. La consommation d'énergie de chauffage est inférieure aux moyennes par mètre carré et par logement. Par contre, la consommation d'énergie de chauffage par personne est plus importante. Étant donné que le système de pressurisation n'a pas fonctionné pendant une saison complète, nous ne pouvons nous avancer davantage sur son impact.

Si on tient compte de la superficie totale et du nombre de logements de ce bâtiment, la consommation énergétique attribuable à l'éclairage et aux électroménagers est inférieure à la moyenne. Par contre, la consommation énergétique attribuable à ces charges par personne est plus élevée que la moyenne.

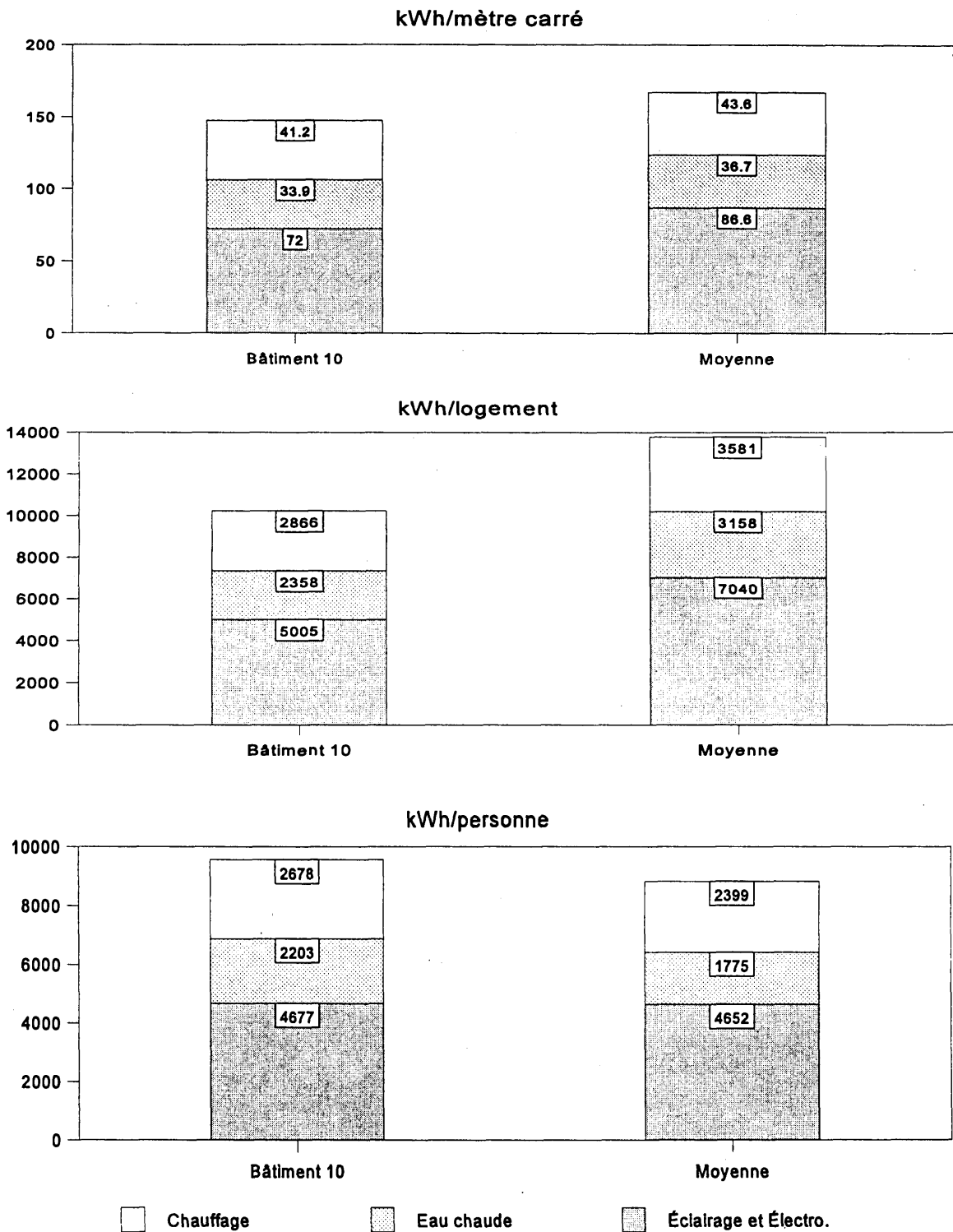


Figure 7.10.7: Comparaison énergétique

La consommation d'eau chaude domestique par personne est plus élevée que la moyenne des 10 bâtiments. De plus, elle est la plus importante de tous les bâtiments de retraités.

7.2.10.4 Conclusions et recommandations

Les caractéristiques de la validation énergétique du «Bâtiment 10» sont les suivantes :

- Le taux d'infiltration estimé pour ce bâtiment est de 0,36 CAH (incluant l'ouverture des fenêtres) comparativement à un taux de 0,18 CAH lors de la modélisation des essais d'infiltrométrie, soit une différence de 50%. La différence de 0,18 CAH est attribuable en partie à l'ouverture des fenêtres en période de chauffage. La réduction de l'ouverture des fenêtres contribuerait à réduire la facture de chauffage, soit de 3 244\$ annuellement.
- Ce bâtiment se classe au troisième rang sur dix pour l'efficacité énergétique (kWh/m²). Par logement, la consommation énergétique attribuable au chauffage, à l'eau chaude domestique, à l'éclairage et aux électroménagers pour ce bâtiment est inférieure à la moyenne des 10 bâtiments.
- L'application d'une mesure d'économie d'énergie visant à améliorer l'enveloppe du bâtiment n'est pas justifiable (1 220\$/an) étant donné la performance actuelle de l'enveloppe et que l'investissement de base serait important.

7.3 Conclusion

À la suite de vérification énergétique dans dix bâtiments de taille moyenne appartenant à la Société d'Habitation du Québec, les résultats démontrent que le profil des occupants affecte le bilan énergétique du bâtiment qu'ils habitent.

- Le taux d'occupation des logements était élevé, soit entre 71% et 100%. Ce facteur est directement relié à la forte consommation d'énergie par le groupe des électroménagers (en moyenne 38,7% de la consommation totale). Selon l'étude de comportements des ménagers québécois, les électroménagers consomment 26,6% de l'énergie totale. Il y a sans doute une proportionnalité entre l'occupation et l'utilisation des électroménagers.
- Les résultats démontrent que les personnes âgées consomment moins d'énergie que les autres personnes. Trois des quatre bâtiments les moins énergivores sont occupés par des gens à la retraite.
- Dans le résidentiel de petite taille (toutes catégories confondues³), environ plus de 40% de l'énergie est consacrée au chauffage. Nous nous attendions à un taux inférieur à ce dernier et nos attentes se sont avérées juste avec un taux moyen de près de 26% pour l'ensemble des bâtiments. Cependant, le Bâtiment 5 affichait un surprenant 15,5%.
- L'évaluation des charges de base selon la température d'entrée d'eau, la période d'ensoleillement et des horaires d'utilisation est concluante. Néanmoins, le facteur d'incertitude relié aux affirmations des occupants est important et difficilement évaluable. C'est pourquoi il serait intéressant de faire le monitoring de certains bâtiment pour raffiner le modèle.

- L'approche utilisée pour évaluer la consommation d'énergie de chauffage était en fonction des gains internes des appareils, électroménagers et autres facteurs réajustés mensuellement. Cette approche et les fluctuations obtenues entre la méthode utilisée et la normalisation des factures selon les mois d'été nous amène à dire que les mouvements d'air entre les logements et les étages ont un impact sur la charge de chauffage.

- L'évaluation de l'infiltration avec les factures et les modélisations nous permettait de savoir si l'ouverture des fenêtres avait une influence sur les coûts de chauffage (plus précis lorsque chaque logement a son compteur). Lorsque l'infiltration selon les factures était plus élevée que celle évaluée par la méthode L.B.L, l'ouverture des fenêtres occasionnaient une hausse de chauffage. Cependant, les bâtiments 2, 3, 5 et 6 ne respectent pas cette tendance, même si les occupants affirmaient ouvrir les fenêtres à plus de 55%. Il s'agit là d'une raison supplémentaire pour pousser davantage le projet vers une étude exhaustive des mouvements d'air dans quelques bâtiments.

- Les bâtiments mentionnés dans le paragraphe précédent ont des planchers de bois, ce qui devrait normalement favoriser l'effet de cheminée dans un bâtiment. Donc, il semble que l'ouverture des fenêtres affecte davantage l'équilibre entre les étages plutôt que les échanges énergétiques entre l'intérieur et l'extérieur.

- L'amélioration de l'enveloppe des bâtiments entraînerait des économies entre 116\$ et 1 300\$. Les bâtiments étudiés sont performants et de telles économies justifient difficilement cette mesure.

- Pour tous les bâtiments, l'étanchéisation n'a pas été recommandée. Les raisons sont les suivantes :

La norme ASHRAE recommande un minimum de 0,35 changement d'air par heure et les taux de CAH par la méthode L.B.L ont tous été inférieurs.

Selon la méthode de modélisation, nous avons obtenu des taux d'infiltration (avec ouverture de fenêtres) supérieur à 0,35 pour certains bâtiments. Cependant, lorsqu'il a été possible de distribuer les CAH par étage, il y avait toujours un étage qui n'avait pas le taux minimum. Par le fait même, il est difficile de recommander de fermer les fenêtres.

- Finalement, avant de pouvoir prendre une décision définitive à savoir si il faut fermer les fenêtres en période de chauffage, il faut :

S'assurer que les équipements (ventilateurs et évacuateurs) en place peuvent fournir les débits d'air frais suffisants et à des coûts moindres (analyse plus poussée du mouvement d'air et modélisation pour l'impact des coûts).

Être assuré que la qualité de l'air sera maintenue dans les bâtiments où il serait possible de garder les fenêtres fermées.

BIBLIOGRAPHIE

1. Gouvernement du Québec, «*Loi sur l'économie d'énergie dans le bâtiment*» Bibliothèque nationale du Québec, ISBN-2-551-15354-9, Québec, 1992.
2. Service Planification commercial, «*Comportements des ménages québécois 1990, Volume 2 : Analyse de segmentation et de consommation*», Hydro-Québec, novembre 1992.
3. Service Communication commerciale, «*Hydro-Guide*», Hydro-Québec, ISBN-2-550-27875-5, 1993.
4. Gerbasi, D., «*Évaluation d'un appareil de récupération de chaleur pour une sècheuse*», préparé pour Hydro-Québec, mai 1993.
5. Gerbasi, D., «*Estimation de la consommation énergétique de différents types de ventilation*», préparé pour Hydro-Québec, SIRICON, octobre 1993.
6. The Energy Conservatory, «*Notes de séminaire*», Affordable Comfort 95 (Investing in our Energy Future), Pittspergh, PA, 26 - 31 mars 1995.

Documents supplémentaires

- a- Cotation énergétique
- b- Ventilation mécanique dans un bâtiment

Cotation énergétique des maisons québécoises

consommation de base

Taille du ménage

1 pers. ___ 2 pers. ___ 3 pers. ___ 4 pers. ___ 5 pers. ___ 6+ pers. ___

Vous arrive-t-il de vous absenter pour une longue période? Oui ___ Non ___

Si oui, combien de temps et en quelle saison: _____

Électroménagers

Cuisinière Nombre ___

Réfrigérateur Nombre ___

Congélateur Nombre ___

Lave-vaisselle Nombre ___

Laveuse Nombre ___

Sécheuse Nombre ___

Eau chaude

Avez-vous adopté des mesures pour réduire la consommation d'eau chaude? Oui ___ Non ___

Si oui, indiquez les types de mesures adoptés:

- | | |
|--|--------------|
| (1) Pomme de douche à faible débit | Oui ___ (40) |
| (2) Toilette avec réservoir de faible volume | Oui ___ (10) |
| (3) Réduction générale de la consommation | Oui ___ (50) |
| | Total : |

Éclairage

Éclairage extérieur Oui ___ Non ___

Avez-vous adopté des mesures d'économie en matière d'éclairage? Oui ___ Non ___

Si oui, indiquez les types de mesures adoptées:

- | | |
|--|--------------|
| (1) Enlèvement en permanence de certaines fixtures d'éclairage | Oui ___ (10) |
| (2) Remplacement de certaines ampoules par des fluorescents | Oui ___ (10) |
| (3) Remplacement de certaines ampoules par des ampoules à faible voltage | Oui ___ (30) |
| (3) Réduction générale de l'éclairage | Oui ___ (30) |
| (4) Installation de gradateurs | Oui ___ (10) |
| (5) Installation de minuteries | Oui ___ (10) |
| | Total : |

Autres usages

Piscine Oui ___ Non ___ Chauffée ___

Pompe à eau Oui ___ Non ___

Cotation énergétique des maisons québécoises

- consommation de base -

Usage ou équipement	Constante	Taille	Superficie (tranche de 100 p.c.)	Ménage économiseur
Eau chaude :				
Usages pers.		500 litres/semaine		- 0.7 par point litres/sem./occupant
Lave-vaisselle		50 litres/semaine		
Total :				
Électroménagers :				
Cuisinière		400 kWh		
Réfrigérateur	1 400 kWh			
Lave-vaisselle	60 kWh	70 kWh		
Congelateur	1 300 kWh			
Machine à laver	25 kWh	35 kWh		
Sécheuse	200 kWh	350 kWh		
Total :				
Éclairage :				
Éclairage intérieure	400 kWh	100 kWh	15 kWh	- 2.5 kWh par point
Éclairage extérieure	470 kWh			
Total :				
Autres :				
Piscine: filtre	2 000 kWh			
Piscine: chauffage	7 000 kWh			
Pompe à eau	1 800 kWh			
Divers appareils	450 kWh	60 kWh	10 kWh	
Total :				

Pour Hot2000

Eau chaude (litres/jour) :

Éclairage intérieure (kWh/jour)

Éclairage extérieure (kWh/année) :

Électroménagers/autres (kWh/jour) :

STACK EFFECT WITH 2 ORIFICES

- Stack Pressure at top and bottom of house = 2.7 Pa.
- Flow through each hole = $1.07 \times 144 \text{ sq. in.} \times \sqrt{2.7} = \underline{253 \text{ cfm.}}$

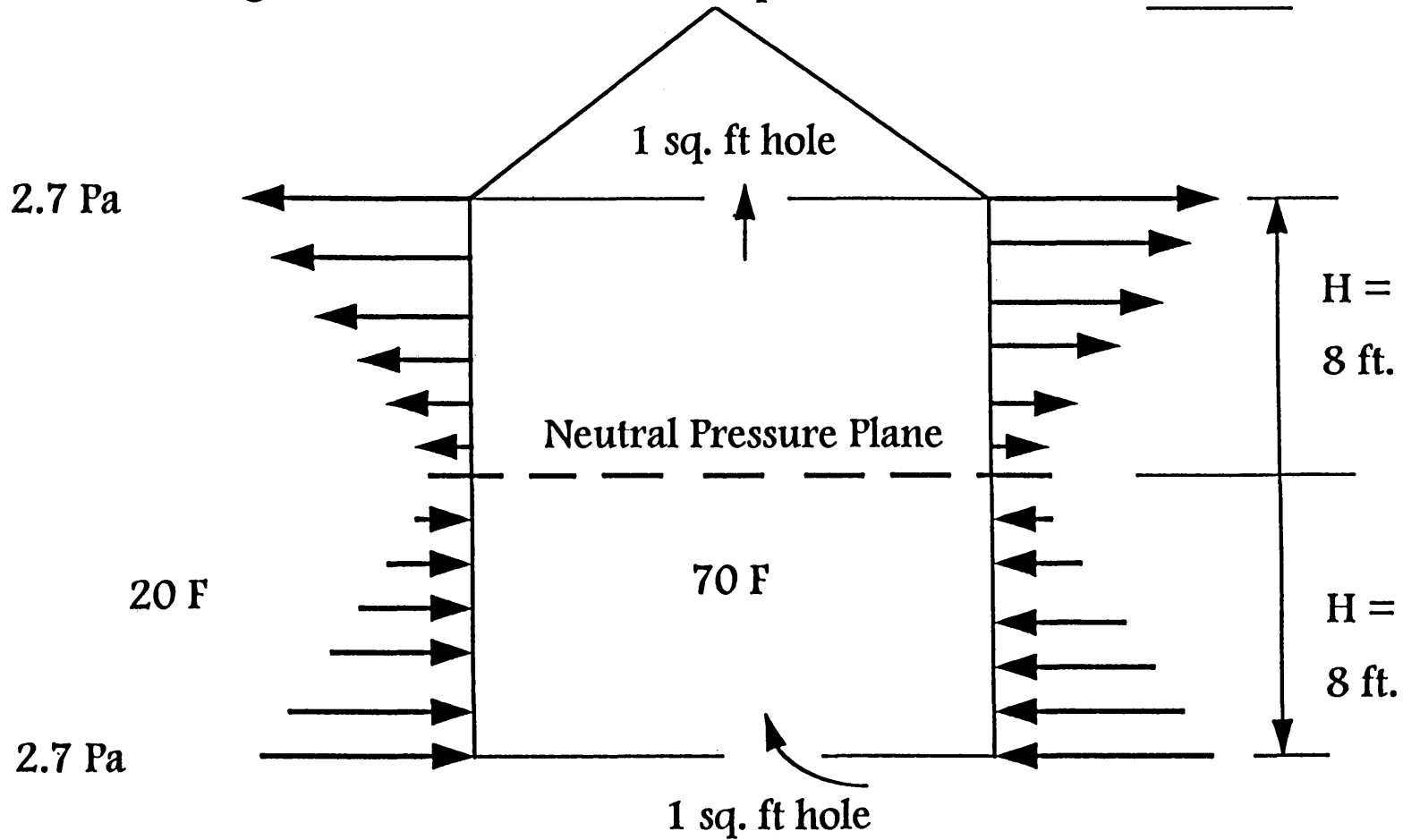
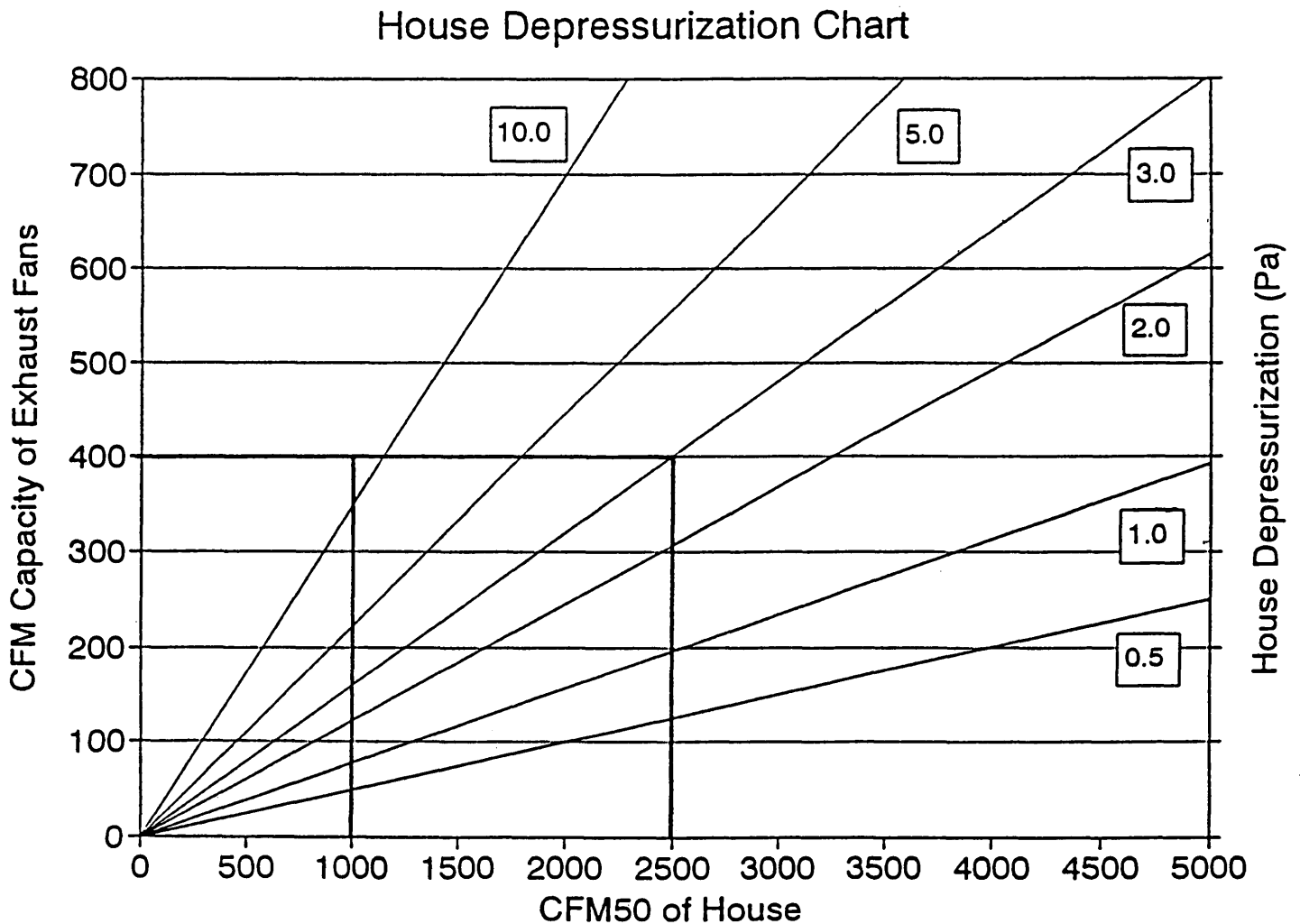


Figure 21



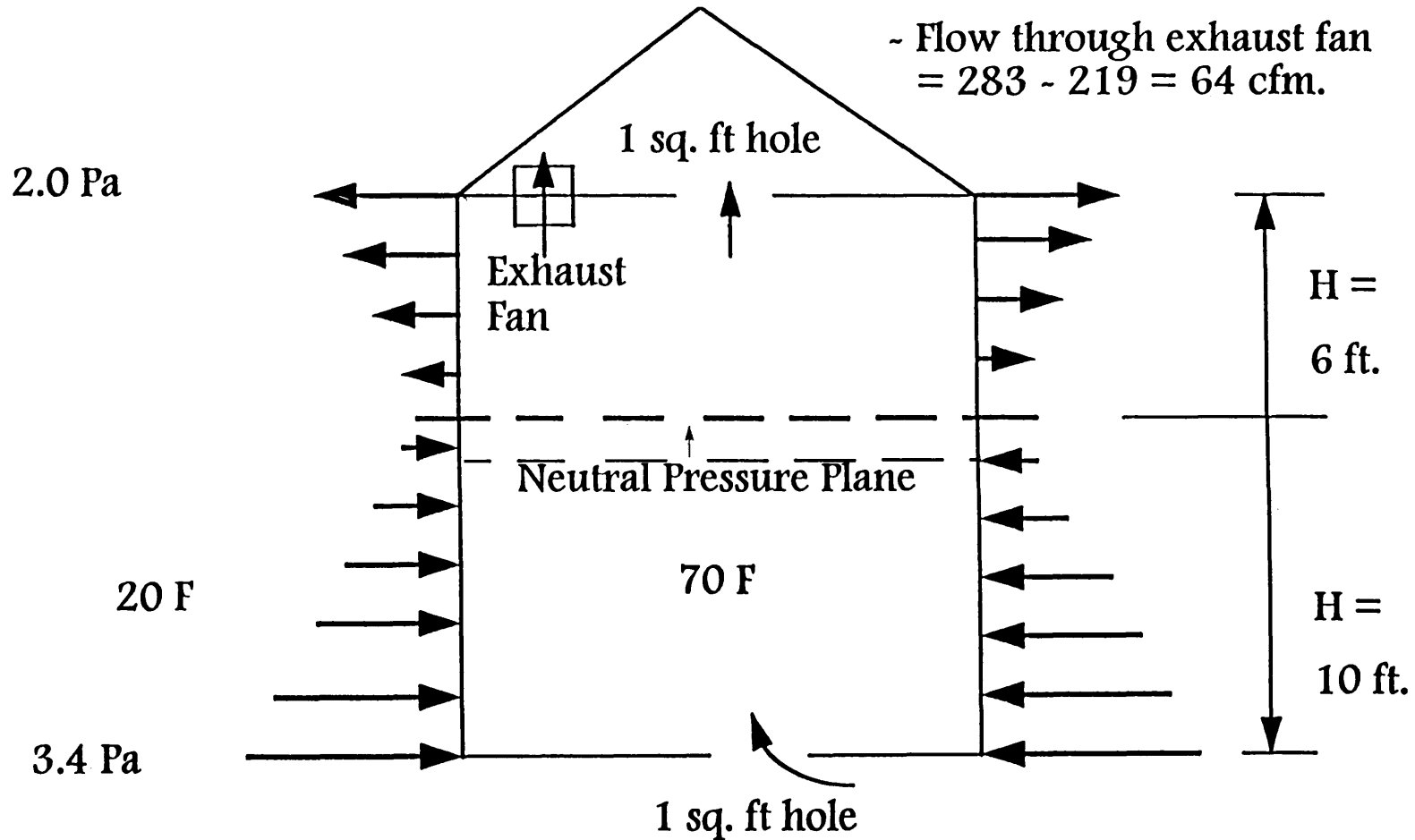
This chart can be used to estimate the amount of house depressurization caused by operating exhaust fans. To use the chart, find the intersection between the airtightness (CFM50) of the house and the cfm capacity of the exhaust fans in question. The amount of depressurization caused by the fan(s) is read off the diagonal house depressurization lines. For example, a 400 cfm kitchen range hood operating in a house with an airtightness level of 2,500 CFM50 would depressurize the house by approximately 3 Pa relative to the outside. This same fan operating in a 1,000 CFM50 house would produce over 10 Pa of depressurization.

Note: This chart was generated by assuming that all houses have a "House Leakage Curve" with an exponent (or slope) of $n = 0.65$,

Adding an Exhaust Fan Raises the Neutral Pressure Plane

- Flow through top hole = 219 cfm. - Flow through bottom hole = 283 cfm.

- Flow through exhaust fan
= $283 - 219 = 64$ cfm.



Added Ventilation From Exhaust Fan

- Before fan was installed, natural ventilation was 253 cfm.
- Exhaust fan was installed which moved 64 cfm.
- Total ventilation for house increased from 253 to 283 cfm.
- Added ventilation = $283 - 253 = 30$ cfm.
This is approximately one-half of the exhaust fan flow.

