



AMÉLIORER L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR DES ÉDIFICES PATRIMONIAUX

Guide abrégé des pratiques exemplaires
en matière d'essais d'étanchéité à l'air appliqués
aux édifices patrimoniaux

septembre 2026



Services publics et
Approvisionnement Canada

Public Services and
Procurement Canada

Canada



Also available in English under the title: *Making Heritage Buildings More Airtight | A Condensed Best Practice Guide for Airtightness Testing of Heritage Buildings - 2026*

© Sa Majesté le Roi du Canada, représenté par le ministre de la Transformation du gouvernement, des Travaux publics et de l'Approvisionnement, 2026.

Publié par Services publics et Approvisionnement Canada (SPAC), 2026.

La présente publication peut être reproduite à des fins non commerciales seulement. Veuillez au préalable obtenir une permission écrite de SPAC si vous désirez faire usage de ce document à toute autre fin.

Pour obtenir de plus amples renseignements, communiquez avec la :
Direction générale de la Cité parlementaire
SPAC.DGCPEngagement-PPBEngagement.PSPC@tpsgc-pwgsc.gc.ca

Cat. : P4-191/2026F-PDF
ISBN : 978-1-100-00319-1

REMERCIEMENTS

Ce guide a été élaboré par la Direction générale de la Cité parlementaire de Services publics et Approvisionnement Canada (SPAC) grâce au soutien financier du Fonds pour un gouvernement vert. Il s'agit d'une version abrégée du guide technique intitulé *Améliorer l'étanchéité à l'air des édifices patrimoniaux : Guide des pratiques exemplaires en matière d'essais d'étanchéité à l'air pour les édifices patrimoniaux* publié par le Conseil national de recherches Canada en 2025. La version technique et la version abrégée de ce guide ont toutes deux été élaborées en collaboration avec les groupes suivants :

- Le Conseil national de recherches Canada (CNRC)
- Services immobiliers de SPAC (SI)
- Commission de la capitale nationale (CCN)
- Ressources naturelles Canada (RNCan)
- Gendarmerie royale du Canada (RCMP)
- La Ville d'Ottawa
- Le Musée Bytown



Toutes les images sont soumises au droit d'auteur de © Services publics et Approvisionnement Canada (SPAC), sauf indication contraire.

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements	i
1. Introduction	1
1.1 Contexte	1
1.2 Objectif	1
1.3 Survol	5
2. Essais d'étanchéité à l'air pour les édifices patrimoniaux	7
2.1 Essais qualitatifs d'étanchéité à l'air	8
2.1.1 Imagerie thermographique infrarouge	8
2.1.2 Essais d'étanchéité à l'air à l'aide d'un dépisteur de fumée et d'une machine à fumée	9
2.2 Essais quantitatifs d'étanchéité à l'air	10
2.2.1 Essai d'étanchéité à l'air de l'ensemble du bâtiment	10
2.2.2 Essais par segments	12
2.2.2.1 Essais d'étanchéité à l'air par compartimentation (essais non gardés)	12
2.2.2.2 Essais d'étanchéité à l'air par neutralisation des pressions (essais gardés)	12
2.2.2.3 Essais d'étanchéité à l'air localisés ou par composant	14
3. Pratiques exemplaires	15
3.1 Les résultats des essais d'étanchéité à l'air comme base pour la modélisation énergétique ...	15
3.2 Réalisation d'essais d'étanchéité à l'air à l'échelle du bâtiment	15
3.3 Réalisation d'essais localisés ou par composant dans des situations précises	16
3.4 Réalisation simultanée des essais qualitatifs et quantitatifs	16
4. Considérations relatives aux essais d'étanchéité à l'air	17
4.1 Considérations générales	17
4.1.1 Conditions météorologiques	17
4.1.1.1 Température de l'air extérieur	17
4.1.1.2 Vitesse du vent et rafales	17
4.1.2 Personnel requis et durée de la présence sur place	18
4.1.3 Détermination du nombre de configurations d'infiltromètres nécessaires à un essai	19
4.1.4 Exigences en matière de réseau	20
4.1.5 Exigences relatives au transport de l'équipement	21
4.1.6 Opérateurs du bâtiment	21

4.1.7	Occupants.....	21
4.1.8	Effet « moulin à vent » des infiltromètres	21
4.1.9	Sécurité.....	22
4.1.10	Unités et conventions de mesure	22
4.2	Considérations relatives aux essais pour les édifices patrimoniaux	22
4.2.1	Cibles.....	22
4.2.2	Niveaux de fuite	23
4.2.3	Géométries et caractéristiques uniques	23
4.2.4	Présence de substances désignées.....	25
4.2.5	Alimentation électrique.....	25
5.	Conclusions et perspectives	26
	Références	27
	Glossaire	28

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Échéancier du projet pour les essais d'étanchéité à l'air.....	6
Figure 2 : Types d'essais d'étanchéité à l'air	7
Figure 3 : Balayage thermographique sous pressurisation du centre communautaire Glebe.....	8
Figure 4 : Balayage thermographique sous dépressurisation du centre communautaire Glebe	8
Figure 5 : Photo de référence de l'emplacement du centre communautaire Glebe.....	8
Figure 6 : Essai à la fumée.....	9
Figure 7 : Brouillard théâtral visible depuis l'extérieur.....	9
Figure 8 : Configuration de l'infiltromètre pour la pressurisation et la dépressurisation.....	10
Figure 9 : Configuration des systèmes mécaniques lors des essais en conditions réelles d'exploitation	11
Figure 10 : Configuration des essais de l'enveloppe avec ventilation obturée	11
Figure 11 : Effet de cheminée	11
Figure 12 : Édifice Sir-John-A.-Macdonald	13
Figure 13 : Essais localisés par composant.....	14
Figure 14 : Estimation du temps et du nombre de personnes nécessaires aux essais d'étanchéité à l'air .	18
Figure 15 : Configuration des ventilateurs de l'infiltromètre	19
Figure 16 : Configuration des ventilateurs où un seul ventilateur est utilisé.....	19
Figure 17 : Réseau câblé pour les essais d'étanchéité à l'air.....	20
Figure 18 : Réseau câblé connecté à un ordinateur portable pour les essais d'étanchéité à l'air	20
Figure 19 : Cibles d'étanchéité à l'air définies dans les normes	23
Figure 20 : Observatoire fédéral d'Ottawa	24
Figure 21 : Alimentation électrique des ventilateurs de l'infiltromètre	25

1. INTRODUCTION

1.1 Contexte

Le gouvernement du Canada a fixé d'ambitieux objectifs en matière de réduction des gaz à effet de serre (GES) des activités fédérales dans le cadre de la Stratégie d'écologisation du gouvernement. Cette stratégie vise à réduire les émissions de GES des activités gouvernementales de 40 % moins que les niveaux de 2005 d'ici 2025 et d'atteindre la carboneutralité d'ici 2050 [1]. Par conséquent, les ministères fédéraux devront incorporer la réduction des émissions et la résilience climatique à la gestion de leurs portefeuilles immobiliers et de leurs projets de grande envergure.

La nécessité d'améliorer la performance des bâtiments existants est un élément central de ces efforts. Cela comprend les édifices patrimoniaux, et leur signification historique et culturelle rend leur préservation particulièrement importante. Cela dit, les édifices patrimoniaux sont souvent dépourvus de *pare-airs*, ce qui entraîne des taux plus élevés de *fuites d'air*. Les *essais d'étanchéité à l'air* aident les concepteurs à améliorer *l'enveloppe du bâtiment* lors de projets de modernisation. L'optimisation de *l'étanchéité à l'air* et le contrôle de l'alimentation d'air frais permettent d'améliorer la performance énergétique du bâtiment et réduisent les émissions de GES, ce qui contribue au respect des objectifs en matière de durabilité et de *conservation*.

1.2 Objectif

Fondé sur une collaboration antérieure entre le Conseil national de recherches Canada et Services publics et Approvisionnement Canada, le guide *Améliorer l'étanchéité à l'air des édifices patrimoniaux : Guide des pratiques exemplaires en matière d'essais d'étanchéité à l'air pour les édifices patrimoniaux* aborde les enjeux relatifs aux essais d'étanchéité à l'air dans les édifices patrimoniaux, ainsi que la façon dont les résultats des essais d'étanchéité à l'air peuvent éclairer et faire progresser la modélisation énergétique dans le cadre d'un projet de réhabilitation. Ce guide abrégé a pour but de :

1. Décrire les différents types d'essais d'étanchéité à l'air et leurs méthodes;
2. Identifier les pratiques exemplaires en matière d'essais d'étanchéité à l'air dans les édifices patrimoniaux, et;
3. Souligner les défis spécifiques et proposer des stratégies d'atténuation afin de garantir l'exactitude des résultats des essais d'étanchéité à l'air dans les édifices patrimoniaux.

Ce guide abrégé sert d'accompagnement au guide technique et contient des études de cas et des résultats d'essais d'étanchéité à l'air recueillis de bâtiments à travers le Canada. Ce guide abrégé est destiné aux gestionnaires de projets qui travaillent sur des projets de réhabilitation majeurs afin de les aider à comprendre les avantages qu'apportent

des essais d'étanchéité à l'air à leur projet et de leur présenter les principaux éléments à prendre en compte lors de la réalisation de tels tests. Pour de l'information plus détaillée, veuillez consulter le guide technique complet produit par le Conseil national de recherches Canada.

Ce guide ne comprend pas de conseils au sujet de procédures ou de protocoles de sécurité. Il est recommandé aux organismes et aux personnes responsables des essais de suivre les recommandations selon les normes en vigueur, les directives du propriétaire du bâtiment et les directives en vigueur au sein de l'*organisme responsable* lors de la réalisation des essais d'étanchéité à l'air.



Les pratiques exemplaires tirées de la recherche, de l'analyse des données, des experts et des normes de l'industrie

Ce guide est le fruit d'une étude approfondie sur les essais d'étanchéité à l'air pour les édifices patrimoniaux. L'objectif de cette étude consistait à examiner l'incidence des fuites d'air sur la performance énergétique des édifices patrimoniaux, à déterminer les sources courantes de fuites et les stratégies d'atténuation, à établir des pratiques exemplaires et à définir des objectifs réalistes en matière d'étanchéité à l'air qui peuvent être atteints après un projet de modernisation.

Les données ont été recueillies auprès de diverses sources, notamment des enquêtes menées auprès de l'industrie, des normes de tests existantes et un examen complet des résultats de tests antérieurs. L'étude comprenait également une série d'analyses de l'étanchéité à l'air de neuf édifices patrimoniaux situés à travers le Canada. Au total, 150 essais d'étanchéité à l'air ont été réalisés : 126 essais d'étanchéité à l'air pour les bâtiments et 24 essais d'étanchéité à l'air pour les fenêtres. Lors de ces essais, les procédures et les normes ont été volontairement poussées à leurs limites afin de mieux comprendre comment différentes conditions et approches pouvaient influencer les résultats.

Les bâtiments évalués dans le cadre de cette étude incluaient notamment :

- L'édifice Sir John A. Macdonald Building à Ottawa
- L'édifice Connaught à Ottawa
- L'édifice Victory à Winnipeg
- 330, rue de la Gare-du-Palais à Québec
- L'Observatoire fédéral d'Ottawa
- L'édifice de la GRC à Regina
- Le musée Bytown à Ottawa
- Pinhey's Point à Ottawa
- Le Centre communautaire Glebe à Ottawa

Ces bâtiments ont été sélectionnés en fonction de leur emplacement, de leur taille, de leur complexité architecturale et de leur âge afin de refléter la diversité des édifices patrimoniaux au Canada, ce qui a permis d'élaborer des recommandations applicables à l'échelle nationale.

Cette étude a permis de tirer quatre conclusions principales :

1. Les projets de modernisation majeurs devraient inclure des essais d'étanchéité à l'air réalisés sur place et intégrer ces résultats au modèle énergétique du

bâtiment afin d'établir des objectifs réalistes en matière de fuites d'air après les travaux, plutôt que de se baser sur des valeurs supposées.

2. Les essais d'étanchéité à l'air de l'ensemble du bâtiment constituent l'approche recommandée pour les tests quantitatifs d'étanchéité à l'air pour les édifices patrimoniaux, car ils fournissent un moyen fiable de mesurer les fuites d'air.
3. Les tests localisés sur les composantes peuvent être réalisés pour vérifier l'étanchéité à l'air d'une fenêtre individuelle pendant ou après son installation.
4. Les tests qualitatifs d'étanchéité à l'air doivent être réalisés en complément des tests quantitatifs. L'utilisation simultanée de ces deux approches permet d'identifier plus facilement les principales sources de fuites d'air.

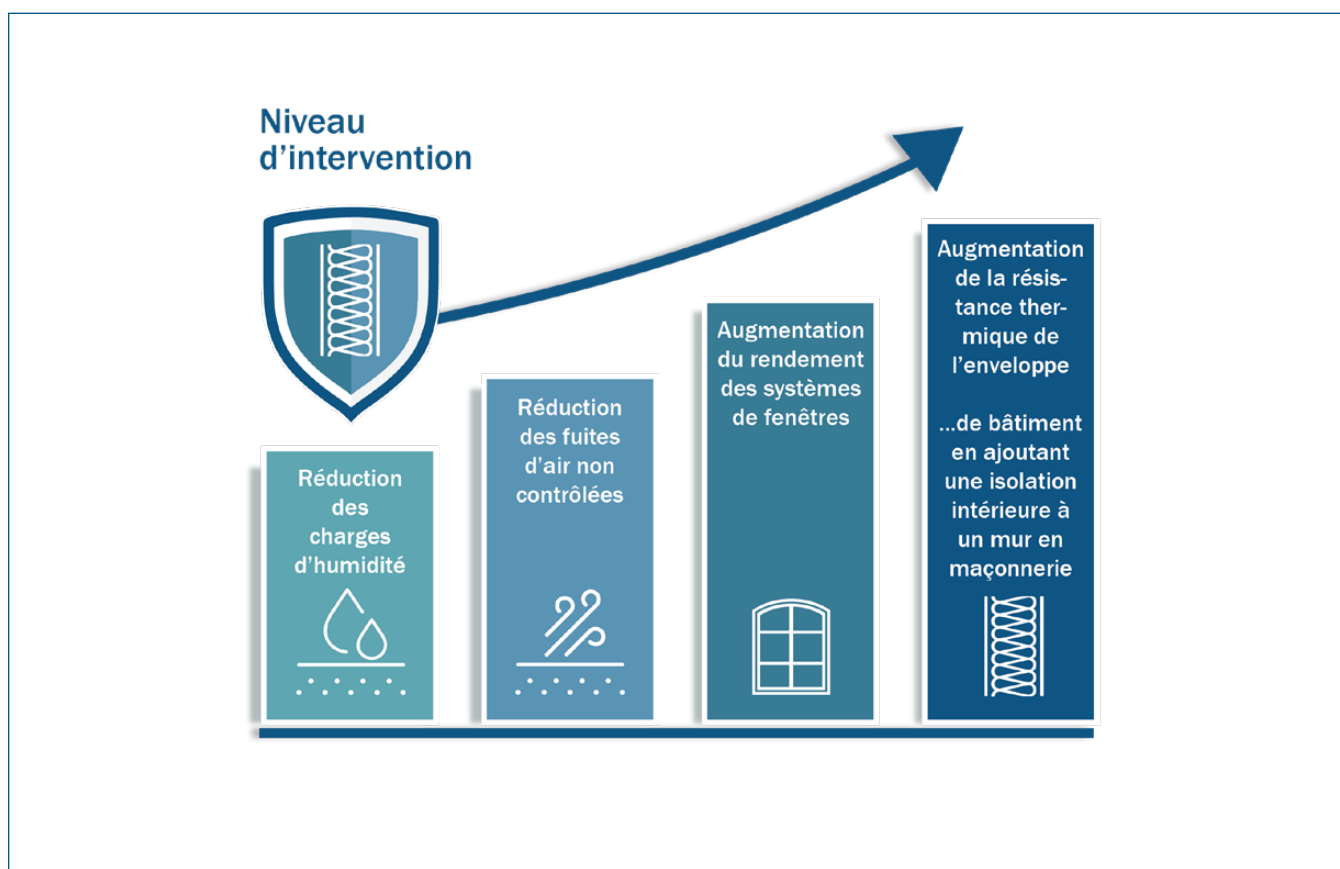
Ces conclusions sont à la base de ce guide et sont examinées plus en détail dans les sections suivantes, accompagnées de données à l'appui, d'études de cas et de considérations spécifiques relatives aux essais d'étanchéité à l'air.

Les termes du glossaire sont indiqués en italique dans le guide lors de leur première apparition afin d'être facilement identifiés. Un glossaire complet de ces termes est disponible à la page 24.

1.3 Survol

Il y a quatre stratégies recommandées pour les édifices patrimoniaux. Ces stratégies visent à améliorer la performance énergétique de l'enveloppe du bâtiment, réduire les émissions de GES et améliorer le confort des occupants. Les recommandations suivantes sont présentées par ordre croissant du niveau d'intervention :

1. Réduire au minimum les taux d'humidité extérieurs
2. Réduire au minimum les fuites d'air non contrôlées
3. Améliorer les performances du ou des systèmes de fenêtres
4. Augmenter la résistance thermique de l'enveloppe du bâtiment grâce à l'ajout d'une isolation intérieure à un mur en maçonnerie



Afin de réduire efficacement les fuites d'air, les essais d'étanchéité à l'air doivent être effectués à différents moments au cours d'un projet de *modernisation* :

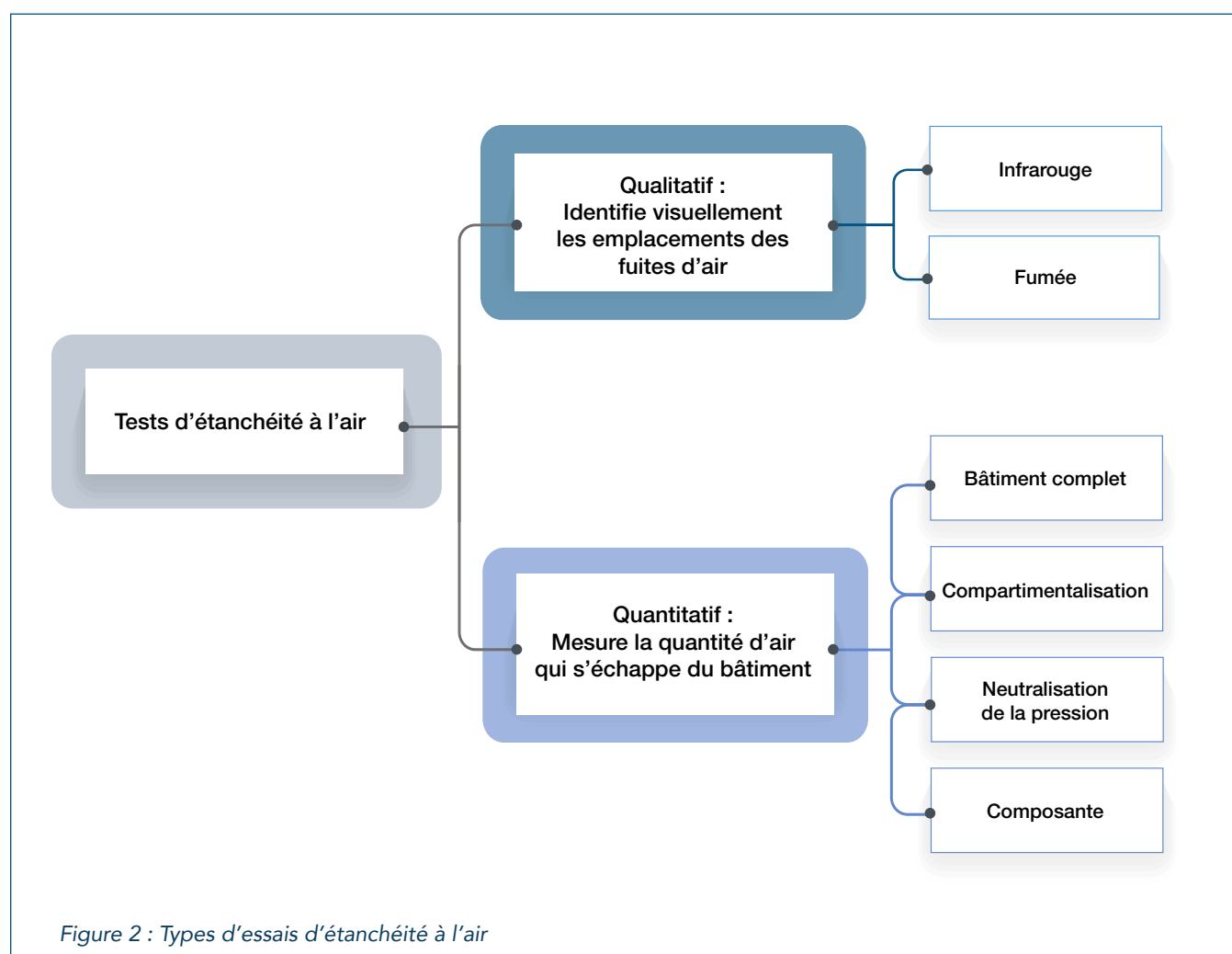
- ii. Au cours de la réalisation du projet
 - a. Permet d'assurer que les taux de fuites sont conformes aux *spécifications* de conception
- iii. Une fois le projet achevé
 - a. Mesure les taux de fuite finaux
 - b. Vérifie l'efficacité des travaux de modernisation et;
 - c. Permet d'assurer que le bâtiment atteint ses objectifs en matière d'efficacité énergétique.



2. ESSAIS D'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR POUR LES ÉDIFICES PATRIMONIAUX

Les essais d'étanchéité à l'air peuvent être divisés en deux catégories : qualitatifs et quantitatifs. Les tests qualitatifs d'étanchéité à l'air se composent de différentes méthodes d'inspection visuelle qui servent à identifier l'emplacement des fuites d'air. Les tests

quantitatifs d'étanchéité à l'air déterminent la quantité d'air qui s'échappe à travers l'enveloppe ou les composantes d'un bâtiment. Les tests qualitatifs et quantitatifs d'étanchéité à l'air comprennent différents types de tests.



2.1 Essais qualitatifs d'étanchéité à l'air

Des stratégies d'essais qualitatifs peuvent être utilisées pour identifier visuellement les emplacements des fuites d'air. Les essais qualitatifs sont particulièrement efficaces en

tant qu'indicateurs visuels lors des premières étapes des projets de modernisation. L'imagerie thermographique infrarouge et les tests à la fumée sont deux des techniques les plus courantes et les plus rentables utilisées.

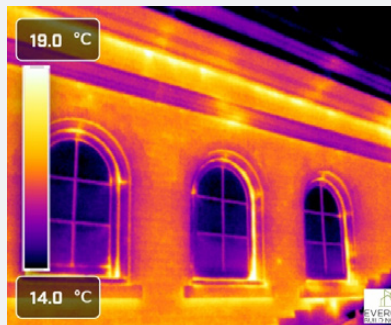


Figure 3 : Balayage thermographique sous pressurisation du centre communautaire Glebe

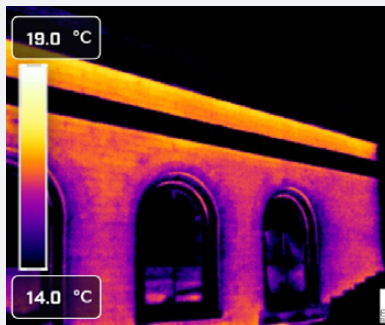


Figure 4 : Balayage thermographique sous dépressurisation du centre communautaire Glebe



Figure 5 : Photo de référence de l'emplacement du centre communautaire Glebe

2.1.1 Imagerie thermographique infrarouge

L'imagerie thermographique infrarouge (IR) peut aider à identifier les emplacements des fuites d'air dans l'enveloppe du bâtiment. L'imagerie infrarouge capture les variations de température à la surface, fournissant une image thermique qui montre les différentes températures sous forme de couleurs. Le balayage thermographique de l'enveloppe du bâtiment (intérieure et extérieure) doit être effectuée conformément à la norme ASTM E1186 « *Standard Practices for Air Leakage Site Detection in Building Envelopes and Air Barrier Systems* » [2].

Afin de différencier les fuites d'air des autres sources de chaleur dans une image IR, deux images IR comparatives sont prises :

1. Pendant que les ventilateurs pressurisent le bâtiment (figure 3),

2. Pendant que les ventilateurs dépressurisent (figure 4).

La comparaison de ces deux images permet de mettre en évidence les sources de fuites d'air.

Lors de la pressurisation du bâtiment, des ventilateurs calibrés sont utilisés pour insuffler de l'air à l'intérieur du bâtiment. L'air ajouté augmente la pression interne, ce qui provoque une fuite d'air par les voies de fuite existantes dans l'enveloppe du bâtiment. Cet air qui s'échappe apparaît sous forme de panaches sur les images IR, permettant ainsi d'identifier l'emplacement des fuites d'air.

La dépressurisation du bâtiment utilise des ventilateurs calibrés pour expulser l'air intérieur et réduire la pression à l'intérieur. L'air extérieur pénètre alors dans le bâtiment par les zones non étanches, accentuant davantage

la différence de température aux points de fuite d'air.

L'idéal est d'utiliser des ventilateurs calibrés pour créer la différence des pressions nécessaire à l'obtention d'images IR valides qui indiquent les fuites d'air. Il est toutefois parfois possible d'obtenir la différence des pressions requise en utilisant uniquement les systèmes mécaniques du bâtiment si le budget du projet ne permet pas l'utilisation de ventilateurs calibrés. Un ingénieur en science du bâtiment sera en mesure de fournir des conseils à ce sujet.

L'imagerie thermographique infrarouge nécessite une différence thermique entre la température intérieure et extérieure, ce qui peut rendre son utilisation difficile pendant les mois d'été. Selon la norme *Air Leakage Site Detection in Building Envelopes and Air Barrier Systems* (ASTM 1186-17), la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur doit être d'au moins 5 °C. Le meilleur moment pour réaliser des images IR est le matin avant le lever du soleil, afin que la chaleur du soleil absorbée par le bâtiment ait eu le temps de se dissiper. Pour garantir des résultats IR précis, il est recommandé de faire appel à un thermographe infrarouge certifié de niveau II pour effectuer l'essai.

2.1.2 Essais d'étanchéité à l'air à l'aide d'un dépisteur de fumée et d'une machine à fumée

Lors d'un essai à l'aide d'un dépisteur de fumée, on utilise une machine à fumée ou un crayon fumigène afin de détecter les sources de fuites d'air; cette méthode fournit des résultats immédiats faciles à interpréter (figure 6). Ces essais sont réalisés

conformément à la norme ASTM E1186 *Standard Practices for Air Leakage Site Detection in Building Envelopes and Air Barrier Systems*. Pour les essais à l'aide de fumée à grande échelle, l'espace d'essai intérieur est rempli de brouillard théâtral et le bâtiment est mis sous pression, ce qui pousse la fumée hors du bâtiment par les sources de fuites d'air (figure 7). Depuis l'extérieur, ces sources sont identifiées par la fumée qui s'échappe.

Pour les essais à la fumée à petite échelle, un stylo à fumée peut être utilisé pour identifier les sources de fuites. Le stylo à fumée est approché des sources de fuites d'air suspectées et de la fumée y est libérée en petites quantités. En fonction de la manière dont cette fumée se déplace dans l'air, les sources de fuites d'air peuvent être identifiées.



Figure 6 : Essai à la fumée



Figure 7 : Brouillard théâtral visible depuis l'extérieur

2.2 Essais quantitatifs d'étanchéité à l'air

Pour les essais quantitatifs d'étanchéité à l'air, des ventilateurs sont utilisés afin de pressuriser et de dépressuriser une zone d'essai. Le débit d'air nécessaire au maintien des pressions spécifiques est mesuré, ce qui permet de calculer les fuites d'air. Les conditions aux limites de la zone d'essai dépendent du type d'essai quantitatif d'étanchéité à l'air réalisé. Les types d'essais quantitatifs d'étanchéité à l'air comprennent :

1. Ensemble du bâtiment
2. Par segments
 - a. Compartimentation (essais non gardés)
 - b. Neutralisation de la pression (essais gardés)
 - c. Essai localisé ou sur des composantes

2.2.1 Essai d'étanchéité à l'air de l'ensemble du bâtiment

L'essai d'étanchéité à l'air de l'ensemble du bâtiment est un processus utilisé pour évaluer le niveau d'étanchéité à l'air de l'ensemble de l'enveloppe du bâtiment. Ce type d'essai consiste à installer temporairement des ventilateurs étalonnés au niveau des ouvertures (généralement les portes extérieures). Ces ventilateurs servent à contrôler la pression à l'intérieur du bâtiment (figure 8). Lors d'un essai de pressurisation, les ventilateurs augmentent la pression intérieure du bâtiment, ce qui provoque la fuite de l'air intérieur par les zones de l'enveloppe qui ne sont pas étanches à l'air. Lors d'un essai de dépressurisation, les ventilateurs réduisent la pression intérieure du bâtiment, aspirant ainsi l'air extérieur à l'intérieur du bâtiment par ces mêmes voies de fuite.

Il existe deux types d'essais d'étanchéité à l'air de l'ensemble du bâtiment : les essais de l'enveloppe opérationnelle et les essais de l'enveloppe du bâtiment.



Figure 8 : Configuration de l'infiltromètre pour la pressurisation et la dépressurisation

Les essais de l'enveloppe opérationnelle mesurent les fuites d'air à travers l'ensemble de l'enveloppe du bâtiment et les systèmes mécaniques. La ventilation mécanique est fermée par les registres du système pendant les essais opérationnels (figure 9). Les essais de l'enveloppe du bâtiment mesurent les fuites d'air à travers l'enveloppe du bâtiment uniquement; la ventilation mécanique est obturée par des moyens externes (figure 10).

La réalisation simultanée des essais opérationnels et des essais de l'enveloppe du bâtiment permet de quantifier les performances de l'enveloppe du bâtiment et de déterminer la part des fuites d'air qui proviennent des systèmes mécaniques du bâtiment.

L'un des défis des essais pour l'ensemble du bâtiment est l'*effet de cheminée*. L'effet de cheminée se produit dans les grands bâtiments lorsque la pression s'accumule aux étages supérieurs en raison de la montée de la chaleur (figure 11). Cette différence des pressions rend difficile le maintien d'une pression intérieure uniforme de 75 Pa, nécessaire pour l'essai d'étanchéité à l'air, car la pression sera plus élevée aux étages supérieurs. Il est possible d'y remédier en utilisant des *prises des pressions* aux étages supérieurs pour réduire la pression, ce qui facilitera le maintien d'une pression uniforme.

Les essais d'étanchéité à l'air de l'ensemble du bâtiment doivent être réalisés par l'organisme d'essai conformément à la norme ASTM E3158 — *Standard Test Method for Measuring the Air Leakage Rate of a Large or Multi-zone Building* [3]. La norme ASTM E3158 traite des défis liés aux essais pour les grands bâtiments, en proposant des méthodes pour évaluer l'étanchéité à l'air tout en tenant

compte des conditions extérieures et de la taille du bâtiment. Elle inclut des essais à pression équilibrée pour l'étanchéité à l'air par zone et décrit deux conditions limites d'essai : l'enveloppe du bâtiment (à l'exclusion des ouvertures de CVC) et l'enveloppe opérationnelle (y compris les ouvertures de CVC).



Figure 9 : Configuration des systèmes mécaniques lors des essais en conditions réelles d'exploitation



Figure 10 : Configuration des essais de l'enveloppe avec ventilation obturée

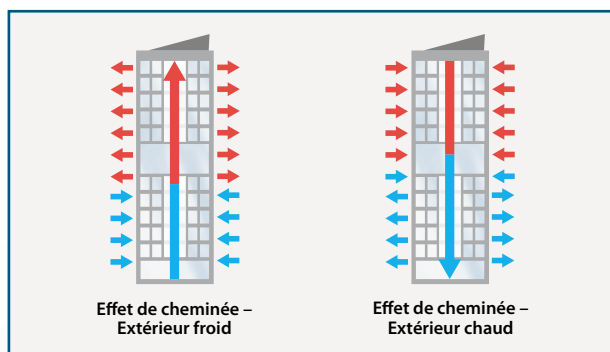


Figure 11 : Effet de cheminée

Si nécessaire, la norme CAN/CGSB 149.15 — *Determination of the Overall Envelope Airtightness of Buildings by the Fan Pressurization Method* peut être utilisée pour tester les maisons et les petits bâtiments équipés de systèmes de traitement de l'air. La norme convient aux bâtiments à zone unique. Elle ne requiert qu'un essai de dépressurisation et ne précise pas de méthodes d'évaluation qualitative.

2.2.2 Essais par segments

Il existe différents types d'essais par segments qui peuvent être réalisés : les essais d'étanchéité à l'air par compartimentation (essais non gardés), les essais d'étanchéité à l'air par neutralisation des pressions (essais gardés) et les essais d'étanchéité à l'air localisés ou sur des composantes.

2.2.2.1 Essais d'étanchéité à l'air par compartimentation (essais non gardés)

Les essais d'étanchéité à l'air par compartimentation consistent à isoler une zone d'essai (par exemple, un étage ou une pièce) du reste du bâtiment en fermant toutes les portes et fenêtres et en colmatant toute ouverture susceptible de provoquer un flux d'air entre les zones, comme les événements ou les conduits.

L'une des difficultés de ce type d'essai réside dans le fait que les résultats de fuite d'air incluent à la fois les fuites à travers l'enveloppe du bâtiment et celles au niveau des cloisons intérieures. Bien que l'objectif de ce type d'essai soit d'isoler complètement une partie du bâtiment, cela n'est pas entièrement

possible dans la pratique et peut entraîner des valeurs de fuite d'air plus élevées enregistrées à travers l'enveloppe du bâtiment. Cet essai s'applique davantage aux immeubles d'habitation à logements multiples où un certain niveau d'étanchéité à l'air est requis.

Lorsqu'il effectue des essais de compartimentation, l'organisme de contrôle doit réaliser les essais conformément à la norme ASTM E3158 : *Standard Test Method for Measuring the Air Leakage Rate of a Large or Multi-zone Building*.

2.2.2.2 Essais d'étanchéité à l'air par neutralisation des pressions (essais gardés)

Les essais d'étanchéité à l'air par neutralisation des pressions visent à pallier les limites des essais d'étanchéité par compartimentation. Ces essais consistent à ajouter des zones « de contrôle » adjacentes autour de la zone à isoler (souvent un étage entier) afin de quantifier les fuites d'air vers l'enveloppe. Les zones « de contrôle » adjacentes sont mises sous pression à la même valeur que la zone d'essai afin d'annuler les fuites d'air vers ces zones et de ne mesurer que les fuites d'air vers l'enveloppe. Les valeurs d'étanchéité à l'air des zones testées sont ensuite extrapolées au reste du bâtiment et la valeur de fuite d'air de l'ensemble du bâtiment est estimée. Lors de la réalisation d'un essai par neutralisation des pressions, l'organisme de contrôle doit effectuer l'essai conformément à la norme ASTM E3158 : *Standard Test Method for Measuring the Air Leakage Rate of a Large or Multi-zone Building*.



Figure 12 : Édifice Sir-John-A.-Macdonald [7]

ÉTUDE DE CAS

ÉDIFICE SIR-JOHN-A.-MACDONALD

Comment l'interconnectivité affecte les essais quantitatifs d'étanchéité à l'air

Les essais d'étanchéité à l'air avec neutralisation des pressions (essais gardés) consistent à isoler des zones d'essai et des zones « de contrôle » adjacentes afin de quantifier les fuites d'air. L'interconnectivité des systèmes mécaniques constitue un obstacle à ce type d'essais et rend difficile la mesure de l'étanchéité à l'air dans les zones isolées.

Ce concept a été poussé à ses limites lors des essais réalisés dans l'édifice Sir-John-A.-Macdonald. Même si des efforts ont été déployés pour isoler les zones d'essai en scellant les systèmes mécaniques, l'entrepreneur a rencontré des difficultés à gérer l'interconnexion entre les zones. Il en a résulté que les essais d'étanchéité à l'air (essais gardés) ne répondaient pas aux

exigences de la norme ASTM E3158 — *Standard Test Method for Measuring the Air Leakage Rate of a Large or Multizone Building* [3], ce qui a entraîné des inexactitudes dans les débits d'air totaux mesurés.

Point clé à retenir : La forte connectivité entre les zones des édifices patrimoniaux peut entraîner une inexactitude des taux d'étanchéité à l'air mesurés lors des essais de neutralisation des pressions. Pour éviter ces inexactitudes, il convient plutôt de réaliser des essais d'étanchéité à l'air sur l'ensemble du bâtiment.

DÉTAILS SUR L'ÉDIFICE

Construction d'origine : 1932

Date de réhabilitation : achevée en 2015

Superficie : 6000 m²

Nombre d'étages : 3

Propriétaire : Gouvernement fédéral

Désignation patrimoniale : Édifice fédéral du patrimoine classé

2.2.2.3 Essais d'étanchéité à l'air localisés ou par composant

Un essai d'étanchéité à l'air localisé ou par composant est une méthode permettant de mesurer les fuites d'air d'un composant ou d'un élément particulier d'un bâtiment, tel qu'une fenêtre ou une porte. Pour réaliser un essai d'étanchéité à l'air localisé, une enceinte étanche à l'air est construite autour du composant à tester. Un petit ventilateur calibré est fixé à la chambre étanche pour créer une différence des pressions entre l'intérieur et l'extérieur de celle-ci. Le flux d'air nécessaire pour maintenir cette différence des pressions

est mesuré à l'aide d'un manomètre. Lors des essais localisés ou des essais par composant, l'organisme d'essai effectuera les essais d'étanchéité à l'air conformément à la norme ASTM E783: *Standard Test Method for Field Measurement of Air Leakage*. Bien que cette norme soit principalement destinée aux essais pour place dans les bâtiments neufs, elle peut également servir à établir une mesure de base avant la rénovation [4]. Lors de l'essai de composants dans des bâtiments existants, il n'est généralement pas possible d'inclure l'ouverture brute dans l'essai : celui-ci ne portera que sur le composant lui-même.



Figure 13 : Essais localisés par composant

3. PRATIQUES EXEMPLAIRES

Des pratiques exemplaires clés ont été mises au point pour guider les essais d'étanchéité à l'air dans les édifices patrimoniaux.

3.1 Les résultats des essais d'étanchéité à l'air comme base pour la modélisation énergétique

L'utilisation de données d'entrée précises concernant l'étanchéité à l'air est cruciale pour la modélisation énergétique prédictive. La modélisation énergétique des bâtiments et l'analyse de leur rendement impliquent la création de modèles virtuels pour simuler la dynamique thermique d'un bâtiment et les caractéristiques de rendement énergétique de ses systèmes mécaniques, électriques et de plomberie. Il existe des valeurs d'étanchéité à l'air par défaut, fondées sur les codes de construction commerciaux modernes, les normes et les bases de données de projets antérieurs, qui peuvent être utilisées pour la modélisation de nouveaux bâtiments commerciaux, mais ils doivent être utilisés avec prudence pour les édifices patrimoniaux. Ces valeurs par défaut ne représentent pas avec précision les édifices patrimoniaux et sont généralement surestimées. La réalisation d'essais d'étanchéité à l'air permet d'obtenir des données d'étanchéité plus précises pour le modèle énergétique, ce qui se traduit par des prévisions exactes de la consommation et des coûts énergétiques. Cette précision est essentielle pour rendre les objectifs pré et post-rénovation plus réalistes, optimiser les systèmes de CVC et améliorer la qualité de l'environnement intérieur. En fin de compte, des données précises sur l'étanchéité à l'air contribuent à la réalisation des objectifs

de durabilité en permettant de déterminer efficacement les moyens de réduire la consommation d'énergie et les émissions, de garantir la conformité aux codes du bâtiment et d'améliorer le rendement global du bâtiment.

3.2 Réalisation d'essais d'étanchéité à l'air à l'échelle du bâtiment

Les essais d'étanchéité à l'air à l'échelle du bâtiment constituent le type d'essai quantitatif le plus précis pour mesurer les fuites d'air dans les édifices patrimoniaux et doivent être privilégiés aux méthodes d'essai par compartimentation et par neutralisation des pressions dans la mesure du possible. En effet, les édifices patrimoniaux présentent souvent des espaces étroitement interconnectés qui compliquent l'isolation des zones lors des essais segmentés. Par exemple, les fuites d'air entre les zones internes lors des essais par compartimentation et par neutralisation des pressions entraînent des résultats d'étanchéité à l'air inexacts. Si ces valeurs sont extrapolées à l'ensemble du bâtiment, les résultats peuvent être faussés et peu fiables. Les édifices patrimoniaux présentent également des niveaux élevés de fuites d'air dans l'enveloppe, qui peuvent varier d'une zone à l'autre. La réalisation d'essais dans une seule zone peut donc conduire à une estimation inexacte du taux de fuite d'air global du bâtiment. La réalisation d'un test d'étanchéité à l'air de l'ensemble du bâtiment est le meilleur moyen d'obtenir des résultats précis concernant les fuites d'air totales dans les édifices patrimoniaux.

3.3 Réalisation d'essais localisés ou par composant dans des situations précises

Les essais d'étanchéité à l'air localisés ou par composant peuvent être utiles pour vérifier l'étanchéité à l'air de composants particuliers du bâtiment. Il est judicieux de réaliser ces essais pendant les travaux de construction ou les projets de remplacement de composants, tels que le remplacement de fenêtres et de portes, afin que les composants soient correctement installés. Lors du remplacement d'une porte ou d'une fenêtre, la réalisation d'essais par composant avant le début du projet permet d'établir des valeurs de base[5]. Ces valeurs peuvent ensuite être comparées aux résultats des essais après l'installation afin de vérifier les améliorations et de confirmer la qualité de l'installation. Les résultats des essais pour les composants ne reflètent que le composant individuel et ne reflètent pas le rendement global du bâtiment; ces résultats ne doivent pas être utilisés pour estimer le taux de fuites d'air de l'ensemble du bâtiment.

3.4 Réalisation simultanée des essais qualitatifs et quantitatifs

Il convient de réaliser en même temps des essais d'étanchéité à l'air qualitatifs et quantitatifs dans un bâtiment afin d'obtenir des résultats efficaces. Étant donné que les essais qualitatifs permettent uniquement de localiser les fuites d'air et que les essais quantitatifs ne mesurent que le volume des fuites, les résultats des deux types d'essais sont nécessaires pour acquérir une compréhension globale de l'étanchéité à l'air du bâtiment. L'intégration de ces résultats fournit des précisions supplémentaires sur les possibilités d'amélioration et permet de définir les stratégies de rénovation les plus rentables pour renforcer l'enveloppe du bâtiment.



4. CONSIDÉRATIONS RELATIVES AUX ESSAIS D'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

De nombreux facteurs peuvent influencer les résultats des essais d'étanchéité à l'air. Ces facteurs doivent être pris en compte lors de la réalisation des essais afin de garantir leur efficacité.

4.1 Considérations générales

Les considérations générales relatives à l'étanchéité à l'air ne s'appliquent pas exclusivement aux édifices patrimoniaux et doivent être prises en compte lors des essais d'étanchéité à l'air de tout bâtiment.

4.1.1 Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques, telles que la température de l'air extérieur, la vitesse du vent et les rafales, peuvent influencer les résultats des essais quantitatifs d'étanchéité à l'air.

4.1.1.1 Température de l'air extérieur

Les températures extérieures froides peuvent avoir une incidence sur la validité des résultats des essais d'étanchéité à l'air. Plus précisément :

- Des températures extérieures inférieures à -5 °C peuvent entraîner des problèmes d'adhérence du ruban adhésif utilisé pour sceller les systèmes mécaniques.
- Des températures extérieures inférieures à -20 °C peuvent endommager les systèmes intérieurs tels que la plomberie lors de la mise sous pression.
- Des températures extérieures inférieures à -20 °C peuvent nuire à la validité des résultats en raison de effet de cheminée dans les bâtiments de grande hauteur.

En raison de ces contraintes liées à la température, il est préférable de planifier les essais pendant les saisons tempérées, lorsque les températures extérieures se situent entre -5 °C et 15 °C.

4.1.1.2 Vitesse du vent et rafales

Afin de garantir la précision des résultats des essais d'étanchéité à l'air, il est important de tenir compte de l'effet du vent :

- Les vitesses de vent élevées peuvent nuire à la validité des résultats. Selon les normes CGSB 149 [6] et ASTM E158, la vitesse du vent pendant les essais ne doit pas dépasser 20 km/h.
- Les vitesses de vent indiquées par les réseaux météorologiques ne reflètent pas nécessairement les conditions de vent réelles sur le site d'essai. Les conditions particulières du site, notamment la présence d'arbres environnants ou de bâtiments à proximité, peuvent influencer les vitesses de vent et doivent être prises en compte.
- Les conditions venteuses peuvent rendre difficile le maintien de la différence des pressions de 5 Pa dans le bâtiment, comme l'exige la norme ISO 9972, ce qui risque d'invalidé les résultats.

Il est important de bien connaître les conditions de vent sur le site avant de commencer les essais afin de décider s'il convient de les reporter. Il est prudent de prévoir des plans de réserve au cas où les essais devraient être reportés.

4.1.2 Personnel requis et durée de la présence sur place

Le nombre de personnes requises et le temps nécessaire pour effectuer les essais d'étanchéité à l'air dépendent de la taille et de la complexité du bâtiment. En règle

générale, il faut compter une personne par installation d'infiltromètre et une personne supplémentaire pour réaliser l'essai. De l'aide sera nécessaire pour colmater de manière efficace les ouvertures mécaniques, pour faire en sorte que les joints restent intacts pendant l'essai et pour empêcher les occupants d'ouvrir ou de fermer les fenêtres pendant l'essai.

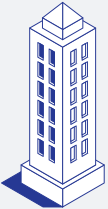
Taille des bâtiments			Nombre estimé de professionnels requis	Temps estimé nécessaire pour mener à bien les tests
	Bâtiments de petite taille de petite taille	Jusqu'à 400 m² de superficie sur deux étages	De 1 à 2 professionnels	De 1 à 3 heures
	Bâtiments de taille moyenne	Jusqu'à 4 000 m² sur cinq étages	De 2 à 3 professionnels	De 4 à 12 heures
	Bâtiments de grande taille	Jusqu'à 8 000 m² sur huit étages	3 professionnels ou plus	De 2 à 3 jours

Figure 14 : Estimation du temps et du nombre de personnes nécessaires aux essais d'étanchéité à l'air

4.1.3 Détermination du nombre de configurations d'infiltromètres nécessaires à un essai

Lorsque l'organisme d'essai détermine le nombre de ventilateurs nécessaires pour l'essai, il se base sur un taux de fuite. Ce taux de fuite, associé à la surface de l'enveloppe du bâtiment, sert à estimer le nombre total de fuites d'air du bâtiment. Les professionnels utilisent différentes valeurs de base en matière de taux de fuite d'air pour estimer le nombre de ventilateurs requis. La plupart des professionnels se basent sur des taux de fuite supposés de 3 ou de 5 NLR_{75} ,

sur les valeurs de l'ASHRAE correspondant à une enveloppe non étanche (3,0 NLR_{75}), moyennement étanche (1,5 NLR_{75}) et étanche (0,5 NLR_{75}), ou sur les données de leurs essais passés. Une valeur supposée de 5 NLR_{75} peut être utilisée comme estimation prudente pour déterminer le nombre de configurations d'infiltromètres nécessaires à l'essai.

La configuration des ventilateurs de l'infiltromètre comprend jusqu'à trois (3) ventilateurs (figure 15). Des panneaux sont placés sur les bouches de ventilation inutilisées (figure 16).



Figure 15 : Configuration des ventilateurs de l'infiltromètre



Figure 16 : Configuration des ventilateurs où un seul ventilateur est utilisé

4.1.4 Exigences en matière de réseau

Lors de la mise en place de plusieurs ventilateurs en vue d'un test d'étanchéité à l'air de l'ensemble d'un bâtiment, il convient de s'assurer que les ventilateurs pourront communiquer entre eux. Pour ce faire, on peut recourir à une connexion par câble Ethernet ou à une connexion sans fil (Wi-Fi ou Bluetooth).

- Pour établir une connexion par câble, il faut faire passer les câbles dans tout le bâtiment et les fixer avec du ruban adhésif afin de prévenir les trébuchements (figure 17).
- Une connexion sans fil nécessite la création d'un point d'accès; certaines technologies permettent au ventilateur principal de servir de point d'accès. Cette configuration permet aux autres ventilateurs et à l'ordinateur de se connecter sans fil.

Bien que sa mise en place nécessite des efforts plus importants, la connexion par câble est recommandée, car elle offre un moyen de communication stable et fiable pendant les essais (figure 18). Il est plus facile de mettre en place une connexion sans fil, mais elle peut parfois être peu fiable selon la distance entre les portes d'essai, le nombre de ventilateurs ou les obstacles présents.

Le risque de perte de connexion entre les infiltromètres peut poser problème, car il peut entraîner des retards dans les essais d'étanchéité à l'air et, dans certains cas, nécessiter la répétition intégrale des essais. Ce risque est d'autant plus présent dans les bâtiments classés, car les murs en maçonnerie massive sont susceptibles d'entraver davantage les connexions sans fil. Compte tenu des problèmes liés aux connexions sans fil dans les bâtiments classés, il convient d'utiliser des connexions par câble dans la mesure du possible afin d'éviter toute interruption de la communication entre les ventilateurs.



Figure 17 : Réseau câblé pour les essais d'étanchéité à l'air



Figure 18 : Réseau câblé connecté à un ordinateur portable pour les essais d'étanchéité à l'air

4.1.5 Exigences relatives au transport de l'équipement

Pour les grands bâtiments nécessitant des infiltromètres supplémentaires, il convient de prévoir suffisamment d'espace pour leur transport. Si les essais doivent être réalisés dans une autre ville, les professionnels doivent envisager les éléments suivants :

- Expédier le matériel bien à l'avance afin de garantir qu'il arrive à temps pour les essais. Il faut expédier le matériel par avion plutôt que par voie terrestre, car il s'agit d'un moyen de transport plus économique qui permettra aux membres de l'équipe de réduire leur temps de trajet.
- Louer des infiltromètres sur place, là où le bâtiment fait l'objet d'essais. Les professionnels doivent toutefois veiller à ce qu'ils soient compatibles avec leur logiciel et bien calibrés.

4.1.6 Opérateurs du bâtiment

Dans les grands bâtiments, la présence d'un responsable du fonctionnement muni d'un passe-partout est requise pour permettre à l'organisme d'essais d'avoir accès à l'ensemble du bâtiment. Plus précisément, ce responsable doit :

- Ouvrir les locaux mécaniques et électriques;
- Désactiver les systèmes;
- Désactiver les alarmes;
- Fournir de l'aide générale concernant le fonctionnement du bâtiment;
- Résoudre tout problème qui survient pendant les essais;
- Aviser les occupants du déroulement d'essais d'étanchéité à l'air.

4.1.7 Occupants

Les essais quantitatifs d'étanchéité à l'air dans les grands bâtiments peuvent prendre beaucoup de temps, ce qui augmente la possibilité que des problèmes surviennent en raison des interactions des occupants. Idéalement, les essais devraient être effectués en dehors des heures de travail afin de réduire le nombre d'occupants présents. Si les essais doivent avoir lieu pendant les heures de travail, il est recommandé de désigner une personne chargée de surveiller les fenêtres et les portes extérieures afin qu'elles restent fermées pendant toute la durée des essais. Même si les essais ont lieu de nuit ou la fin de semaine, il est important de veiller à ce qu'aucun occupant n'ouvre les fenêtres ou les portes, car cela pourrait fausser les résultats des essais d'étanchéité à l'air et nécessiter de les recommencer.

4.1.8 Effet « moulin à vent » des infiltromètres

Les ventilateurs des infiltromètres peuvent parfois se mettre à tourner comme un moulin à vent, ce qui pose un problème propre aux essais quantitatifs d'étanchéité à l'air dans les grands bâtiments. L'effet « moulin à vent » d'un infiltromètre se produit lorsqu'un disjoncteur se déclenche, provoquant une coupure d'alimentation du ventilateur et le mettant hors service. Alors que les autres ventilateurs continuent à faire entrer et sortir l'air du bâtiment, le ventilateur hors service peut commencer à tourner, comme s'il fonctionnait normalement. Il est donc important de vérifier régulièrement que les ventilateurs de l'infiltromètre fonctionnent correctement afin d'éviter de compromettre les résultats des essais d'étanchéité à l'air.

4.1.9 Sécurité

Les exigences en matière de sécurité d'un bâtiment peuvent compliquer le processus d'essai d'étanchéité à l'air. Il peut donc être nécessaire de prendre des mesures de planification et de coordination supplémentaires afin que les essais puissent être menés de manière sûre et efficace, dans le respect des mesures de sécurité appropriées. Par exemple, les exigences en matière de sécurité des bâtiments appartenant à l'État peuvent faire obstacle aux essais d'étanchéité à l'air :

- Pour accéder à ces bâtiments, il peut être nécessaire d'obtenir une cote de sécurité, ce qui ne garantit pas toujours l'accès à certaines zones.
- Pour des raisons de sécurité, il peut être nécessaire que le processus d'essai d'étanchéité à l'air soit effectué à des heures précises ou en accès limité, ce qui peut avoir une incidence sur le calendrier ou la planification des essais.

4.1.10 Unités et conventions de mesure

L'étanchéité à l'air est généralement mesurée en *changements d'air par heure (CAH)* ou en *taux de fuite d'air normalisé (TFAN)*. Le CAH mesure la fréquence à laquelle le volume d'air du bâtiment serait renouvelé en raison des fuites d'air pour une différence des pressions donnée. Le TFAN mesure le débit d'air à une pression donnée divisé par la surface de l'enveloppe du bâtiment; il s'agit de l'indicateur le plus couramment utilisé pour l'évaluation de l'ensemble d'un bâtiment.

En général, il est préférable d'utiliser le TFAN ($L/s/m^2$) plutôt que le CAH (h^{-1}), car il est plus largement utilisé à l'échelle mondiale et plus

facile à convertir en unités impériales. Étant donné que les fuites d'air se produisent dans toute la surface du bâtiment, il est logique de normaliser le débit par rapport à la surface. Bien que le CAH soit plus simple à comprendre, cet indicateur calculé en fonction du volume fait qu'il est plus difficile pour les petits bâtiments d'atteindre les objectifs de réduction, car ils ont généralement un rapport surface/volume élevé. Le TFAN et le CAH fournissent tous deux des informations utiles; il est donc recommandé de communiquer à la fois le TFAN ($L/s/m^2$ à 75 Pa) et le CAH (h^{-1} à 50 Pa), bien que le CAH à 50 Pa soit moins pertinent pour quantifier les améliorations de l'enveloppe.

4.2 Considérations relatives aux essais pour les édifices patrimoniaux

Cette section décrit plusieurs caractéristiques courantes des édifices patrimoniaux qui constituent des obstacles aux essais d'étanchéité à l'air.

4.2.1 Cibles

Chaque code et chaque norme dispose de sa propre méthode pour déterminer les cibles de rendement à partir d'études antérieures. Certaines normes, telles que celles du Passivhaus Institut (PHI) et du Passive House Institute United States (PHIUS), fixent des cibles d'étanchéité à l'air très stricts dans le but de parvenir à une efficacité énergétique accrue des bâtiments. L'enveloppe et le volume du bâtiment influencent directement ces cibles de rendement[6]. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour déterminer l'objectif de rendement le plus approprié pour les édifices patrimoniaux. En général, les cibles d'étanchéité à l'air sont établis par le client ou en fonction de

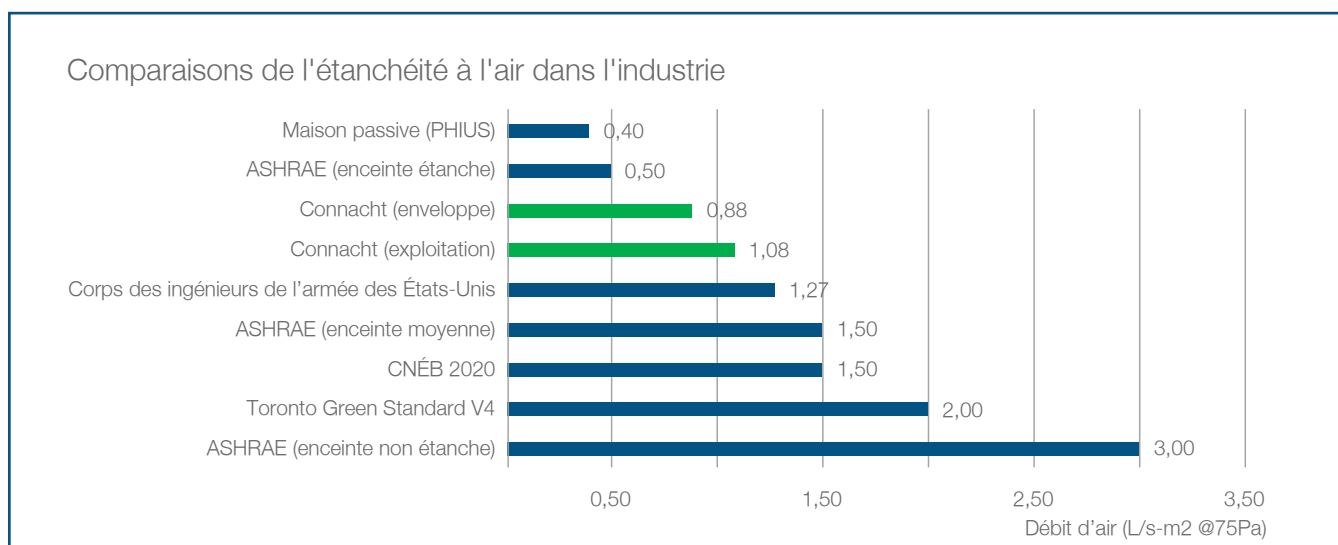


Figure 19 : Cibles d'étanchéité à l'air définies dans les normes

l'expérience de l'entrepreneur; il est difficile de fixer des cibles raisonnables pour les édifices patrimoniaux en raison du manque de données suffisantes pour justifier cette décision.

La figure ci-dessus illustre les valeurs standard de fuite d'air telles que définies par les codes et normes de construction en vigueur. Elle met en évidence la marge d'acceptabilité des taux de fuite d'air selon différentes normes acceptables. En comparant les taux de fuite d'air mesurés à ces normes, les professionnels peuvent déterminer si un bâtiment répond au niveau d'étanchéité à l'air requis.

4.2.2 Niveaux de fuite

Les niveaux de fuite parfois élevés dans les édifices patrimoniaux peuvent poser des défis lors des tests d'étanchéité à l'air :

- Procédure d'essai difficile en raison de la variabilité des équipements et de l'alimentation électrique requis en fonction de la taille du bâtiment et du taux de fuite;

- Temps supplémentaire nécessaire pour confirmer le nombre d'ouvertures existantes dans un bâtiment afin de déterminer le nombre de ventilateurs requis;
- Conditions d'essai adéquates difficiles à maintenir lorsqu'il s'agit de bâtiments plus perméables.

4.2.3 Géométries et caractéristiques uniques

Les éléments architecturaux et les géométries uniques que l'on trouve dans les édifices patrimoniaux peuvent poser des défis lors des essais d'étanchéité à l'air :

- Temps supplémentaire nécessaire pour monter des assemblages si les portes ne sont pas de forme ou de taille standard afin de pouvoir installer les infiltromètres;
- Difficulté à calculer la surface ou le volume du bâtiment, ce qui est nécessaire pour calculer les fuites d'air;
- Temps supplémentaire nécessaire pour effectuer des mesures sur place afin de vérifier l'échelle du bâtiment, car les plans des édifices patrimoniaux peuvent ne pas être à l'échelle.



Figure 20 : Observatoire fédéral d'Ottawa [8]

ÉTUDE DE CAS

OBSERVATOIRE FÉDÉRAL D'OTTAWA

Comment l'Observatoire fédéral d'Ottawa illustre les géométries uniques que l'on trouve dans les édifices patrimoniaux

L'étude de cas de l'Observatoire fédéral d'Ottawa montre de quelles manières les éléments structurels et architecturaux peuvent poser des défis en ce qui concerne les essais d'étanchéité à l'air. La prise de mesures destinées à calculer la surface et le volume de l'édifice s'est révélée difficile et fastidieuse en raison de certains éléments, comme le dôme et les diverses incurvations.

Point à retenir : Planifier le calendrier des essais d'étanchéité à l'air en tenant compte des contretemps et des défis potentiels liés aux éléments architecturaux uniques.

DÉTAILS SUR L'ÉDIFICE DE L'OBSERVATOIRE FÉDÉRAL D'OTTAWA

Construction d'origine : 1904

Date de réhabilitation : 1974

Superficie : 1 496 m²

Nombre d'étages : 3

Propriétaire : TPSGC

Désignation patrimoniale : Édifice fédéral du patrimoine classé

4.2.4 Présence de substances désignées

De nombreux édifices patrimoniaux ont été construits à une époque où les matériaux qui contenaient de l'amiante étaient couramment utilisés, et il est très probable qu'ils aient été construits avec des matériaux qui contiennent de l'amiante (p. ex. isolation des tuyaux, plâtre, calfeutrage, peinture, tuiles). Un rapport sur les substances désignées doit être fourni à l'organisme d'essai aux fins d'examen. Si l'édifice contient de l'amiante, il est recommandé de ne procéder qu'à des essais de pressurisation dans le cadre des essais quantitatifs d'étanchéité à l'air.



Figure 21 : Alimentation électrique des ventilateurs de l'infiltromètre

4.2.5 Alimentation électrique

À l'intérieur des édifices patrimoniaux, l'alimentation électrique peut être limitée ou désuète, ce qui complique l'alimentation des équipements nécessaires à la réalisation des essais quantitatifs d'étanchéité à l'air.

Un ventilateur d'infiltromètre classique nécessite un circuit dédié de 120 VCA pour atteindre son flux d'air maximal. Par conséquent, si six ventilateurs d'infiltromètre sont nécessaires pour atteindre les niveaux des pressions définis dans les normes d'essai applicables, six circuits distincts de 120 VCA sont nécessaires. Il peut être difficile d'obtenir ce nombre de circuits à l'intérieur des édifices patrimoniaux; les organismes d'essais doivent donc être prêts à apporter des générateurs portables de 120 VCA et des rallonges électriques sur place en cas de capacité électrique insuffisante.

5. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Ce guide condensé présente les principales pratiques exemplaires et considérations relatives à la réalisation d'essais d'étanchéité à l'air dans les édifices patrimoniaux.

L'intégration de ces pratiques exemplaires et considérations permet aux gestionnaires de projet de prendre des décisions éclairées dans le cadre de projets de modernisation du patrimoine. Les essais d'étanchéité à l'air constituent l'une des nombreuses méthodes utilisées pour améliorer le rendement énergétique des édifices patrimoniaux et doivent être mis en œuvre parallèlement à d'autres stratégies afin de garantir une modernisation intégrale.

L'amélioration de l'étanchéité à l'air des édifices patrimoniaux est essentielle pour atteindre les objectifs en matière de durabilité et de conservation. Les essais d'étanchéité à l'air améliorent le rendement énergétique des édifices, contribuant ainsi à la réduction des émissions de GES et à l'atteinte des objectifs ambitieux du gouvernement du Canada. Afin de réaliser des essais d'étanchéité à l'air efficaces, il est important de tenir compte des pratiques exemplaires suivantes :

- Utiliser les résultats des essais d'étanchéité à l'air pour éclairer la modélisation énergétique;
- Effectuer des essais d'étanchéité à l'air à l'échelle de l'édifice plutôt que des essais par segments;
- N'utiliser les essais effectués sur des composants que dans les cas où l'efficacité de l'installation des composants doit être vérifiée;
- Effectuer conjointement des essais d'étanchéité à l'air qualitatifs et quantitatifs.

Pour en savoir plus sur les essais d'étanchéité à l'air dans les édifices patrimoniaux, consultez le guide technique intitulé *Améliorer l'étanchéité à l'air des édifices patrimoniaux : Guide des pratiques exemplaires en matière d'essais d'étanchéité à l'air pour les édifices patrimoniaux*, publié par le Conseil national de recherches Canada (2025).

Outre les pratiques exemplaires décrites dans le présent document, d'autres considérations ont été prises en compte pour faire avancer les essais d'étanchéité à l'air dans les édifices patrimoniaux.

Il s'agit notamment des pratiques suivantes :

1. Intégrer les essais dans les futures réhabilitations d'édifices patrimoniaux et mettre à jour les normes existantes en fonction des conclusions du présent guide;
2. Améliorer les lignes directrices et les processus d'utilisation des résultats des essais d'étanchéité à l'air dans la modélisation énergétique des édifices, notamment en élaborant des algorithmes avancés pour mieux déterminer les effets de l'étanchéité à l'air dans les logiciels de modélisation énergétique;
3. Explorer les moyens d'utiliser des caméras infrarouges montées sur des drones pour évaluer l'étanchéité à l'air et les fuites des édifices.

RÉFÉRENCES

- [1] Secrétariat du Conseil du Trésor du Canada, « Stratégie pour un gouvernement vert ». Gouvernement du Canada. Consulté le 1er novembre 2024. [En ligne]. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.canada.ca/fr/secretariat-conseil-tresor/nouvelles/2024/06/mise-a-jour-de-la-strategie-pour-un-gouvernement-vert-2024.html>
- [2] ASTM International, « ASTM E1186 - 22: *Standard Practices for Air Leakage Site Detection in Building Envelopes and Air Barrier Systems* », ASTM International, West Conshohocken, PA, 2022.
- [3] ASTM International, « ASTM E3158-18: Standard Test Method for Measuring the Air Leakage Rate of a Large or Multizone Building », ASTM International, West Conshohocken, PA, 2018.
- [4] « Édifices situés près de la Colline du Parlement : histoire et conception ». Gouvernement du Canada. Consulté le 16 juillet 2025. [En ligne]. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.canada.ca/fr/services-publics-appvisionnement/services/infrastructure-immeubles/cite-parlementaire/decouvrez/edifices.html#a6>
- [5] ASTM International, « ASTM E783-02 (2010): Field Measurement of Air Leakage Through Installed Exterior Windows and Doors », ASTM International, West Conshohocken, Pennsylvanie, 2010.
- [6] Office des normes générales du Canada, « CAN/CGSB 149.15 — Détermination de l'étanchéité à l'air globale de l'enveloppe des bâtiments par la méthode de pressurisation au ventilateur utilisant les systèmes de traitement de l'air du bâtiment », Office des normes générales du Canada, Ottawa, ON, 1996.
- [7] Passive House Institute United States, « Airtightness testing requirements », Phius, Chicago, IL, 2021.
- [8] M. Gallinger, « Complexe de l'Observatoire fédéral », gouvernement du Canada, 2022. Consulté le 17 juillet 2025. [En ligne]. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.canada.ca/fr/parcs-canada/nouvelles/2025/01/le-gouvernement-du-canada-designe-le-complexe-de-lobservatoire-federal-comme-lieu-historique-national.html>

GLOSSAIRE

Changements d'air par heure (CAH) : Unité de mesure standard normalisée qui indique les fuites d'air à l'échelle d'un bâtiment. Il s'agit du flux volumétrique total divisé par le volume conditionné. Lorsqu'elle est mesurée dans des conditions d'essai, la différence des pressions ΔP est généralement indiquée par un indice (par exemple, $CAH_{\Delta P}$).

Conservation : Ensemble des actions ou des processus visant à préserver les éléments caractéristiques d'un lieu historique afin de conserver sa valeur patrimoniale et de prolonger sa durée de vie physique, notamment par des mesures de préservation, de réhabilitation, de restauration ou une combinaison de ces mesures.

Dépressuriser : Induire dans un bâtiment (ou une partie d'un bâtiment) une pression inférieure à la pression atmosphérique extérieure (ou aux espaces environnants).

Édifice patrimonial : Aux fins du présent guide, les édifices patrimoniaux sont définis comme tout bâtiment construit avant 1970. Les résultats des essais sont séparés en fonction du seuil de 1970 puisque dans les années 1970, l'intégration de pare-air dans la conception et la construction de l'enveloppe du bâtiment a commencé. Bien que l'intégration des pare-air n'ait pas été instantanée, cette période marque le changement le plus notable dans la conception et la construction de l'enveloppe du bâtiment. De plus, le présent guide est axé sur la construction de murs en maçonnerie massive.

Effet de cheminée : Phénomène physique lors duquel une différence des pressions (et le flux d'air qui en résulte lorsque cela est possible) est causée par l'effet combiné d'un changement de hauteur et d'une différence de la densité de l'air.

Elle peut comporter deux composantes : la pression statique, qui est la pression réelle du fluide, associée non pas à son mouvement, mais à son état, et la pression dynamique, qui est associée à la vitesse du flux d'air.

Émissions de gaz à effet de serre (GES) : Émissions gazeuses rejetées dans l'atmosphère, principalement causées par les activités humaines telles que la combustion de combustibles fossiles, les processus industriels et la déforestation, qui piègent la chaleur et contribuent au changement climatique en intensifiant l'effet de serre.

Enveloppe du bâtiment : Parties du bâtiment qui séparent l'espace intérieur climatisé de l'espace non climatisé ou extérieur tout en facilitant le contrôle du climat (par exemple, les murs, les portes, les fenêtres et le toit). Ce terme fait référence à un type de séparateur environnemental en vertu des codes du bâtiment.

Essai d'étanchéité à l'air : Essai effectué dans un bâtiment dans le but de déterminer un résultat quantitatif (par exemple, un taux de fuite d'air), de recueillir des informations qualitatives sur

le rendement (par exemple, pour faciliter la détection des voies de fuite d'air) ou d'obtenir des informations quantitatives et qualitatives.

Essai qualitatif : Essai qui permet de comparer les résultats, sur la base d'observations plutôt que de mesures numériques de l'enveloppe du bâtiment, afin de trouver les endroits et les tendances des fuites d'air sans produire de taux de fuite d'air précis, fournissant ainsi des informations diagnostiques précieuses qui permettent d'améliorer le rendement du bâtiment.

Essai quantitatif : Essai qui produit des valeurs objectives et mesurables qui quantifient l'étanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment, permettant ainsi d'obtenir des informations fondées sur des données relatives à l'intégrité de l'enveloppe du bâtiment et à son incidence sur la consommation d'énergie du bâtiment.

Étanchéité à l'air : Taux mesuré des fuites d'air dans l'enveloppe d'un bâtiment soumis à une différence des pressions contrôlée, qui quantifie la résistance de l'enveloppe aux flux d'air imprévus.

Fuite d'air : Flux d'air non intentionnel et non contrôlé qui passe par des ouvertures non voulues dans l'enveloppe d'un bâtiment, du côté où la pression est plus élevée vers le côté où la pression est plus faible.

Imagerie thermographique infrarouge (IR) : Processus de génération d'un thermogramme (image qui représente le gradient thermique) à l'aide d'un système d'imagerie infrarouge, généralement connecté à un dispositif de réglage de la température.

Infiltromètre : Dispositif composé d'un ventilateur installé dans un cadre de porte ou une autre ouverture dans le bâtiment afin de pressuriser ou de dépressuriser l'enveloppe du bâtiment tout en mesurant simultanément le flux d'air.

Modernisation : Partie précise du processus de réhabilitation, à savoir une modification qui vise à améliorer le rendement d'un système ou d'un composant au-delà de sa conception initiale.

Organisme d'essais : Équipe (composée d'au moins deux personnes) chargée de réaliser un essai d'étanchéité à l'air.

Pare-air : Ensemble des matériaux et composants qui contrôlent et limitent le flux d'air à travers un assemblage et limitent les risques de perte de chaleur et de condensation. Il existe différents degrés de classification des pare-air, en fonction de la vitesse à laquelle l'air passe à travers ceux-ci pour une différence des pressions donnée.

Pratique exemplaire : Méthodes particulières utilisées pour atteindre les objectifs d'essai détaillés dans le présent guide.

Pression : Force par unité de surface exercée par l'atmosphère (par exemple, la pression atmosphérique) ou créée par des dispositifs mécaniques (par exemple, des compresseurs, des ventilateurs ou des pompes).

Pressuriser : Induire dans un bâtiment (ou une partie d'un bâtiment) une pression supérieure à la pression atmosphérique extérieure (ou aux espaces environnants).

Prise des pressions : Point précis d'un système de mesure de la pression où la pression est mesurée. Il s'agit généralement de l'extrémité d'un tube des pressions ou d'un orifice ouvert sur un manomètre.

Spécifications : Détails écrits relatifs aux travaux à réaliser dans le cadre d'un essai d'étanchéité à l'air. Ces détails comprennent des informations telles que la portée des travaux, les dates des essais et le plan d'essai.

Taux de fuite d'air normalisé (TFAN) : Mesure du flux d'air divisé par la surface de l'enveloppe du bâtiment, et désignée par $NLR_{\Delta P}$ avec des unités de $L/s \cdot m^2_{\Delta P}$ tout au long du présent rapport ($1 L/s \cdot m^2 = 0,2 cfm/ft^2$).

Tel qu'exploité : Option de préparation d'un bâtiment prévue dans la norme CGSB 149.10-2019, selon laquelle le bâtiment est préparé en laissant la plupart des ouvertures intentionnelles dans l'état où elles se trouveraient en conditions normales d'exploitation.

Ventilateur : Ventilateur centrifuge à conduit utilisé dans un système de chauffage, de ventilation et de climatisation.