



Quantification des performances de solutions pour la rénovation de châssis à valeur historique en région bruxelloise

Annexe 7 – Mesure d'étanchéité à l'air des menuiseries

Résumé de l'annexe

Ce document présente une synthèse des mesures d'étanchéité à l'air des menuiseries, réalisées selon un protocole in-situ détaillé. Après une brève introduction, le texte expose le contexte et les méthodes employées pour évaluer la performance des menuiseries sur différents sites. Le protocole inclut la préparation des locaux, la description des équipements utilisés ainsi que la méthodologie de mesure, garantissant la reproductibilité et la fiabilité des résultats.

Les sections suivantes regroupent les résultats globaux et les conclusions principales tirées des campagnes de mesure. Une attention particulière est portée à la présentation des mesures individuelles, permettant une analyse comparative des performances en conditions réelles. Ce rapport met en lumière les points forts et axes d'amélioration observés lors des tests en matière d'étanchéité à l'air. Il constitue ainsi une base technique pour l'optimisation des menuiseries et l'amélioration des pratiques de pose.

Partenaires



Subsidié par



CONTENTS

1	Introduction	1
2	Protocole de mesure in-situ	1
2.1	Contexte.....	1
2.2	Protocole	2
3	Mesures réalisées	7
3.1	Résultats et conclusions principales	7
3.2	Mesures individuelles	9
3.2.1	Le Logis Floréal	9
3.2.2	Locaux Buildwise – Limelette	10
3.2.3	Double ouvrant avec imposte fixe à Greenbizz	11
3.2.4	Rue timmermans, 84.....	12
3.2.5	RUE DES DRAPIERS, 44	13
3.2.6	Rue Edouard Faes, 20	14
3.2.7	Waterloo	14
3.2.8	Maison des Parlementaires, Bruxelles	15
3.2.9	Simple ouvrant avec imposte fixe à Greenbizz	16

1 INTRODUCTION

Dans un contexte d'amélioration thermique (et de confort) des menuiseries bois existantes, l'étanchéité à l'air est une caractéristique importante du châssis. En effet, celui-ci impacte à la fois le confort des occupants que leur consommation énergétique. Il est possible de réaliser un essai d'étanchéité à l'air directement sur site pour évaluer la performance d'un châssis avant et/ou après intervention. Ce document s'inscrit dans ce contexte et est divisé en deux parties : la première partie présente le protocole de mesure in-situ directe de l'étanchéité à l'air sur une menuiserie ; la seconde partie présente plusieurs applications du protocole sur des menuiseries existantes.

2 PROTOCOLE DE MESURE IN-SITU

2.1 CONTEXTE

Le présent protocole décrit la méthode directe de mesure de l'étanchéité à l'air des composant du bâtiments, en particulier son application aux menuiseries (fenêtres, portes, etc.) (Prignon, 2020).

Le principe consiste à isoler la menuiserie de son environnement immédiat au moyen d'une chambre de pression étanche, dans laquelle est insufflé un débit d'air contrôlé. Ce débit induit une différence de pression de part et d'autres de la menuiserie, qui lui-même induit un flux d'air à travers les défauts

d'étanchéité. En conditions stationnaires, le débit insufflé dans la chambre est considéré égal au débit sortant à travers les défauts d'étanchéité.

La méthode permet donc d'évaluer le débit de fuite d'air (q) traversant la menuiserie sous l'effet d'une différence de pression constante (Δp) entre la chambre de pression (p_{in}) et l'autre côté de la menuiserie (p_{out}). Il est également possible d'en déduire les grandeurs caractéristiques de la menuiserie, à savoir le « airflow exponent » (n) et le « air leakage coefficient » (C_L). En pratique, les résultats sont généralement exprimés à une pression de référence de $\Delta p = 50$ Pa.

La chambre de pression peut être mise en dépression ou en surpression, ce qui ne fournira pas les mêmes résultats : en Belgique, au vu des typologies rencontrées, les résultats seront généralement favorables en surpression car la pression exercée compresse le joint d'étanchéité. Ces deux configurations doivent être interprétées avec précaution pour comparer des menuiseries ou caractériser leur performance.

2.2 PROTOCOLE

Domaine d'application

La méthode s'applique à tout type de menuiserie intérieure ou extérieure en conditions in-situ

Certaines configurations présentent toutefois des limitations :

- Grande dimension ou formes complexes : la mise en œuvre de la chambre devient plus difficile;
- Irrégularités de surface : défauts, fissures ou aspérités qui compliquent l'étanchéification de la chambre ;
- Menuiserie trop peu étanche : la différence de pression minimale de ± 50 Pa peut ne pas être atteinte, ce qui rend la mesure très imprécise.

Définitions

Débit de fuite à 50 Pa (q_{50} [m^3/h]) : volume d'air qui traverse la menuiserie en une heure, sous une différence de pression de 50 Pa.

Débit surfacique ($q_{50,A}$ [m^3/hm^2]) : débit de fuite à 50 Pa, rapporté à la surface de la menuiserie.

Débit linéique ($q_{50,L}$ [m^3/hm]) : débit de fuite à 50 Pa, rapporté à la longueur totale de joint d'ouvrant.

Joint d'ouvrant : ligne de discontinuité entre un dormant et son élément apparié ou entre deux éléments qui peuvent être ouverts au moyen de leur quincaillerie.

Matériel nécessaire

L'équipement requis se compose de trois éléments principaux :

a) Chambre de pression :

La chambre se constitue d'une membrane étanche à l'air raccordée par des bandes adhésives, également étanche à l'air, au dormant de la menuiserie (idéalement), ou dans son embrasure, à condition d'étanchéifier le raccord entre la menuiserie et le gros œuvre. Il faut également, si nécessaire, étanchéifier l'embrasure elle-même si le revêtement ne l'est pas, ou si des fissures et trous sont présents et doivent être colmatés.

b) Ventilateur :

Le ventilateur est raccordé à la chambre de pression, directement sur la membrane qui la constitue, en évitant les fuites au niveau du raccord.

c) Appareillage de mesure de pression et débit d'air :

L'appareillage doit être capable de :

- Mesurer et contrôler en fonction Δp le débit insufflé par le ventilateur dans la chambre de pression
- Mesurer la différence de pression Δp de part et d'autre de la menuiserie.

Le dispositif est mis en place comme suit :

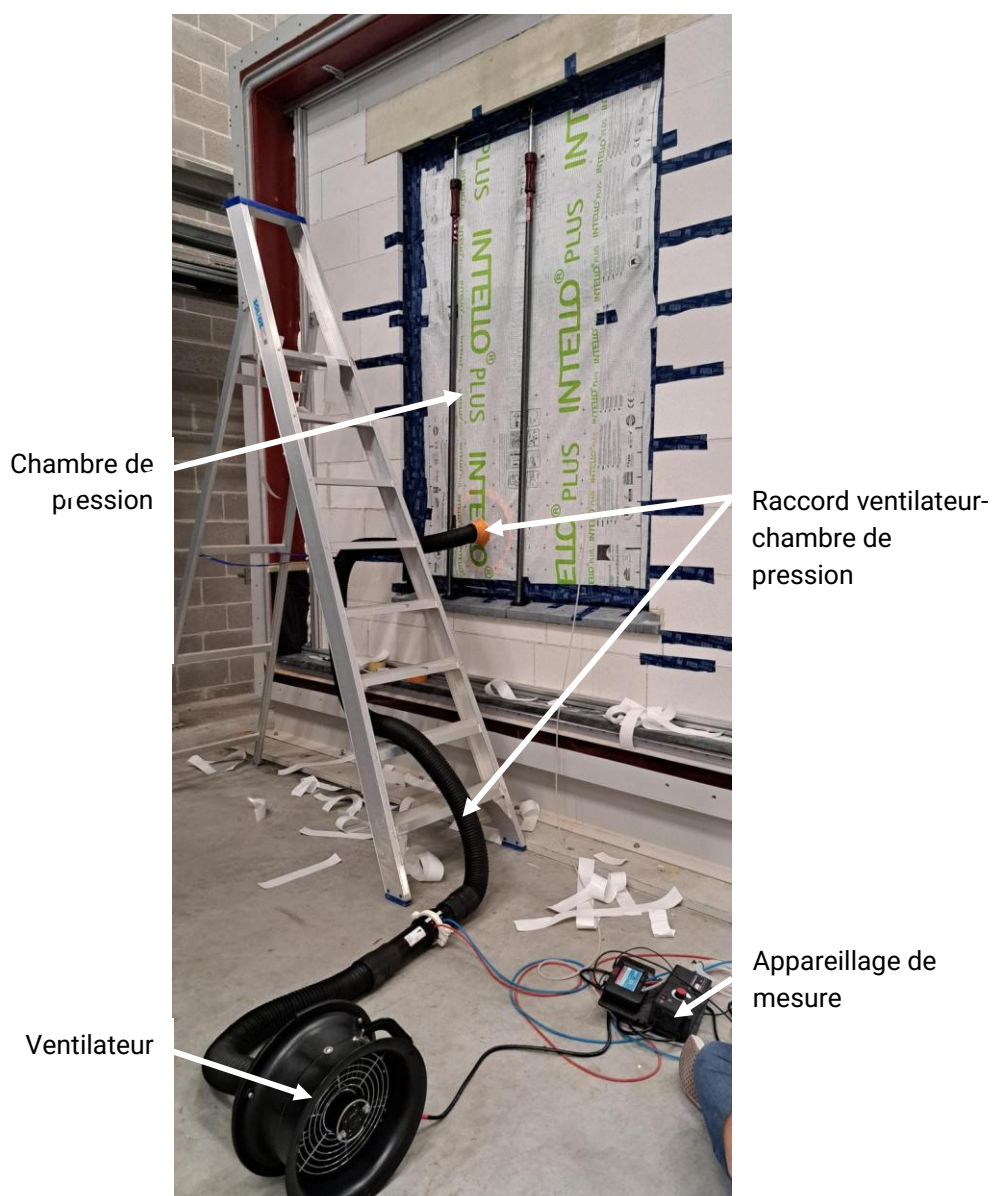


FIGURE 1. VUE DU DISPOSITIF DE TEST

Préparation du test

a) Relevé des données :

La première étape consiste à collecter les données nécessaires pour le post-traitement de l'essai. Ces données sont :

- les dimensions de la menuiserie
- la longueur d'ouvrant de la menuiserie (m)
- relevé visuel des caractéristiques de la menuiserie (type d'ouverture, présence de joints d'étanchéité, ...).
- relevé des conditions météorologiques (pour menuiseries extérieures) : température intérieure et extérieure (T_e et T_i) (°C), et vitesse du vent (m/s) (si menuiserie extérieure).

Pour les essais sur menuiserie extérieure, il est conseillé d'effectuer les essais lors de conditions météorologiques calmes (vent faible).

b) Mise en place de la chambre de pression :

Placer la chambre du côté du sens de l'ouverture ou de l'autre de la menuiserie. La chambre installée du côté du sens de l'ouverture et mise en surpression fournit les mêmes résultats qu'une chambre installée de l'autre côté et mise en dépression, et vice versa (voir dans la section « objectif et principe » l'explication de l'influence de la surpression et la dépression).

c) Vérification de l'absence de fuites de la chambre :

La chambre doit être étanche à l'air. Pour vérifier sa bonne herméticité, il faut mettre en surpression la chambre jusqu'à ce que la membrane soit sous tension. Une inspection visuelle est à réaliser dans un premier temps afin de vérifier qu'aucune fuite dans la membrane ou à sa jonction avec la menuiserie ou l'embrasure ne soit présente. Dans le cas contraire, celle-ci doit être colmatée. Pour un examen plus précis, il est possible d'utiliser un fumigène en insufflant dans la chambre sous tension de la fumée, qui s'échappera par les éventuels interstices présents dans la chambre de pression. Cette inspection permet également d'avoir une idée d'où les fuites principales se situent dans la menuiserie.

d) Mise en place de l'appareillage :

Une jauge permettant de mesurer le débit fourni par le ventilateur doit être installée, et reliée à un dispositif permettant son contrôle en débit (m^3/h). Des jauges mesurant d'une part la pression (Pa) entre la chambre et la menuiserie et d'autre part la pression de l'autre côté de cette même menuiserie.

Procédure

a) Calibration de la mesure :

Avant de démarrer l'essai, mesurer pendant 60 secondes la différence de pression Δp lorsque le débit d'air insufflé est nul ($q=0$). Cette valeur est notée : $\Delta p_{0,1}$.

b) Déroulement de l'essai :

Mettre en marche le ventilateur en contrôlant le débit par la pression Δp . Démarrer à $\Delta p=10$ Pa, puis augmenter par paliers réguliers de 10 Pa, jusqu'à atteindre une pression comprise entre 50 Pa et 100 Pa (en fonction de l'étanchéité de la menuiserie et en surpression ou en dépression, selon la configuration choisie).

À chaque palier i , mesurer sur 30 secondes le débit moyen q_i (m³/h), et la différence de pression correspondante $\Delta p_{m,i}$.

c) Fin de l'essai :

Éteindre le ventilateur pour ramener le débit à zéro ($q=0$) et relâcher la chambre de pression. Effectuer une seconde mesure de la différence de pression Δp pendant **60 secondes**. Cette valeur est notée : $\Delta p_{0,2}$.

d) Correction des mesures

Faire ensuite une moyenne (Δp_0) des deux prises de mesures à débit nul (au début et à la fin de l'essai).

$$\Delta p_0 = \frac{\Delta p_{0,1} + \Delta p_{0,2}}{2}$$

Cette moyenne des pression est à déduire des résultats afin que les mesures soient indépendantes des conditions climatiques.

$$\Delta p_i = \Delta p_{mesure} - \Delta p_0$$

L'essai est alors considéré comme terminé.

Collecte et traitement des données

Des couples de données pression-débit ($\Delta p_i ; q_i$) sont calculés pour chaque palier de pression. Ces couples permettent de déduire le débit de fuite à travers la menuiserie par les formules suivantes :

$$q_{50} = C_L * 50^n \text{ [m}^3/\text{h]}$$

où :

$$n = \frac{\sum_{i=0}^k (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=0}^k (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{est l'exposant du flux d'air}$$

Avec :

- k est le nombre de palier mesurés
- $x_i = \log(\Delta p_i)$
- $\bar{x} = \frac{\sum x_i}{N}$
- $y_i = \log(q_i)$
- $\bar{y} = \frac{\sum y_i}{N}$

et (en suppression):

$$C_L = C_w \left(\frac{T_0}{T_i} \right)^{1-n} \quad \text{le coefficient de fuite en m}^3/(\text{hPa}^n)$$

Avec :

- $\log(C_w) = y - x * n$

Finalement, les débits surfaciques et linéiques peuvent être déduits.

- Débit surfacique :

$$q_{50,A} = \frac{q_{50}}{A} [\text{m}^3/\text{hm}^2]$$

Avec :

- A = l'aire de la menuiserie testée [m²]

- Débit linéique :

$$q_{50,L} = \frac{q_{50}}{L} [\text{m}^3/\text{hm}]$$

Avec :

- L = longueur de joint d'ouvrant de la menuiserie testée [m]

Incertitude

L'incertitude est estimée (Prignon, 2020) à 3%. Cependant, cette valeur est déterminée sur base d'un seul set de mesure en répétabilité et est fortement discutable.

Résultats du rapport

Les données devant figurer dans le rapport sont :

- Les données relevés préalablement au test (voir «Préparation du test»), à savoir :
 - Les dimensions de la menuiserie (aire, longueurs, longueur d'ouvrant)
 - Relevé visuel des caractéristiques de la menuiserie (type d'ouverture, présence de joints d'étanchéité, ...).
 - Relevé des conditions météorologiques (pour menuiseries extérieures).
- Autres données relative à la menuiserie (matériau, année de construction)
- Le type de test réalisé (surpression ou dépression) et sa date
- Les résultats des tests à savoir :
 - C_L
 - n
 - q_{50}
 - L'incertitude (%)
- Toute donnée ou commentaire supplémentaire contribuant à l'interprétation des résultats

3 MESURES REALISEES

3.1 RESULTATS ET CONCLUSIONS PRINCIPALES

L'ensemble des 20 mesures reprises dans ce rapport ont été réalisées dans le cadre du projet PERCHE, entre janvier 2023 et août 2025. A l'exception de la mesure au Logis Floréal (3.2.1) toutes ont été réalisées avec la méthode directe. La table ci-après reprend les résultats obtenus pour ces différents tests.

TABLE 1. RÉCAPITULATIF DES RÉSULTATS OBTENUS POUR LES TESTS D'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR DANS LE CADRE DU PROJET PERCHE

ID	Typologie & matériaux	Présence de joints ?	Aire totale de menuiserie [m ²]	Longueur de joints ouvrant [m]	q_{50} [m ³ /h]
1	Guillotine verticale ; bois*	Non	2.45	4.65	> 100
2	Guillotine verticale ; bois	Non	1.60	3.60	91.6
3	Guillotine verticale ; bois	Oui	1.60	3.60	80.7
4	Simple ouvrant ; PVC	Oui	3.38	5.26	4.6
5	Simple ouvrant ; bois	Non	1.34	3.96	90.9
6	Simple ouvrant ; bois	Oui	1.34	3.96	23.2
7	Simple ouvrant ; bois	Non	0.67	2.90	> 100
8	Simple ouvrant ; bois	Oui	0.67	2.90	46.7
9	Double ouvrant avec imposte fixe et gueule de loup ; bois	Non	3.41	7.19	> 100
10	Double ouvrant avec imposte fixe et gueule de loup ; bois	Oui***	3.41	7.19	35.2
11	Double ouvrant avec imposte fixe et gueule de loup ; bois	Oui	3.41	7.19	19.5
12	Double ouvrant avec imposte fixe et gueule de loup ; bois	Non	2.49	6.50	15.7
13	Double ouvrant avec imposte fixe et gueule de loup ; bois	Oui	5.63	10.25	14.1
14	Double ouvrant avec imposte fixe et gueule de loup ; bois	Oui***	5.63	10.25	65.7
15	Double ouvrant avec imposte fixe et gueule de loup ; bois	Oui	5.63	10.25	21.1
16	Double ouvrant avec imposte fixe et gueule de loup ; bois**	Oui	5.63	10.25	10.7
17	Double ouvrant avec imposte fixe et triple frappe ; bois**	Oui	5.63	10.25	10.7
18	Basculant horizontal, bois	Oui	2.83	6.74	35.5
19	Basculant horizontal, bois	Oui	2.83	6.74	14.7
20	Basculant horizontal, bois	Oui***	2.83	6.74	59.8

* Test réalisé avec la méthode indirecte

** Châssis neuf, reproduits à l'identique

*** Problème dans la pose du joint d'étanchéité ou de la fermeture de la fenêtre

Globalement, les résultats montrent que la pose de joints d'étanchéité à l'air sur des châssis d'existant permet d'améliorer grandement l'étanchéité à l'air des menuiseries. On observe généralement une réduction d'un facteur 4 du débit d'air à 50 Pa. Il convient cependant de noter que :

- Le joint brosse sur les châssis à guillotine a un effet assez limité (Test 3)

- Qu'un joint partiel ou qu'une mauvaise pose de joint réduit fortement son efficacité (Tests 10, 14 et 20) : la pose de joint sur 50% ne correspond pas à 50% d'amélioration.
- Même si ce n'est pas courant, il est possible d'avoir des fenêtres sans joints avec une bonne étanchéité à l'air (Test 12). Il faut donc toujours d'abord évaluer l'inconfort avant d'entreprendre une intervention.

Par ailleurs, il est également important de rappeler que l'étanchéité à l'air et la ventilation sont indissociables. Une réduction des fuites d'air de $\sim 75 \text{ m}^3/\text{h}$ à 50 Pa implique également une réduction de $\sim 4 \text{ m}^3/\text{h}$ de ventilation. Comme point de comparaison, la réglementation PEB actuelle demande un débit de ventilation de $22 \text{ m}^3/(\text{h}.\text{pers})$ pour les bureaux.

Les résultats de la Table 1 sont également repris graphiquement ci-après :

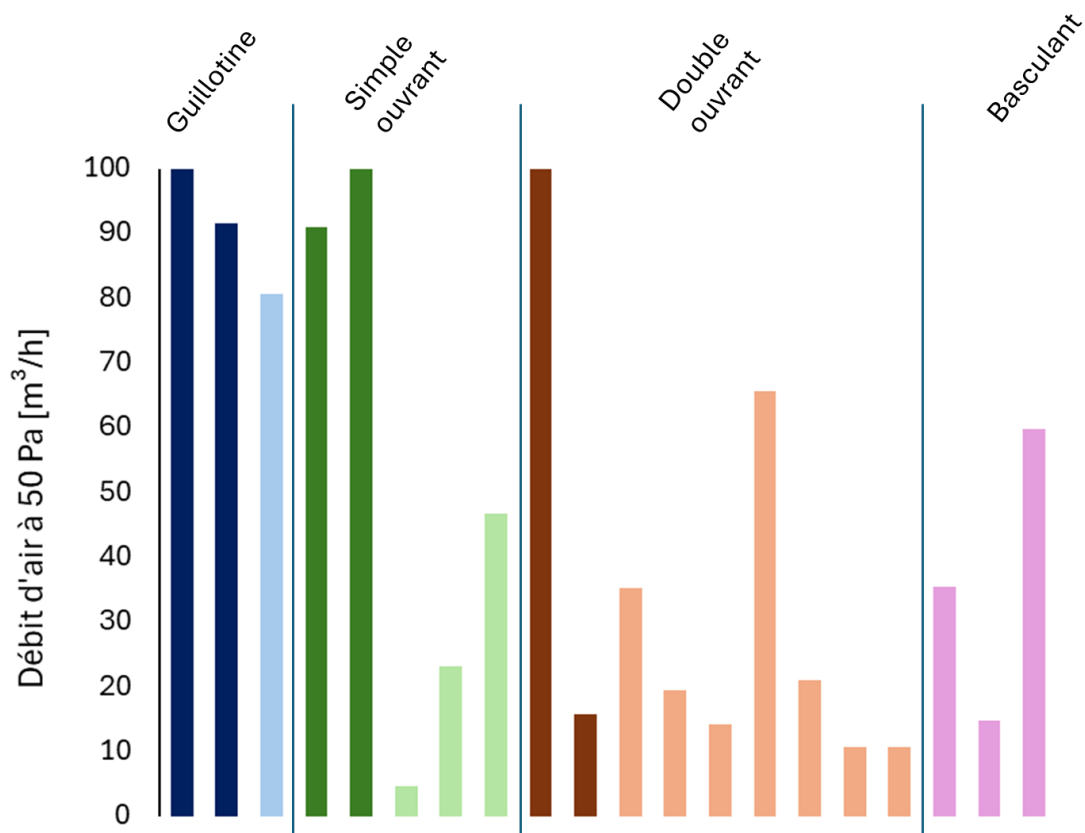


FIGURE 2. REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DES RÉSULTATS DE TESTS D'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR RÉALISÉS SUR SITE DANS LE CADRE DU PROJET PERCHE

3.2 MESURES INDIVIDUELLES

3.2.1 LE LOGIS FLOREAL

Ce test sur site réalisé le 25.01.2023 vise à évaluer l'amélioration d'étanchéité à l'air obtenue en ajoutant un double châssis côté intérieur. Le châssis existant est un châssis bois à guillotine au Logis Floreal (cité jardin à Watermael Boitsfort – 1930-1940). Les dimensions sont 1.43 x 1.79 m². La longueur de joint d'ouvrant est de 4.65 m. La méthode indirecte a été utilisée avant et après fermeture de la double fenêtre côté intérieur.



FIGURE 3. DOUBLE CHÂSSIS CÔTÉ INTÉRIEUR



FIGURE 4. FAÇADE AVANT DE LA MAISON TESTÉE

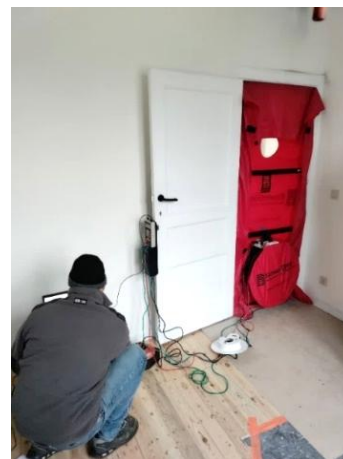


FIGURE 5. TEST DE PRESSURISATION RÉALISÉ SUR UNE PIÈCE

Le premier test est réalisé avec le châssis intérieur ouvert. Les fuites principales sont identifiées à l'aide d'un générateur de fumée et sont situées au niveau des zones coulissantes verticales du châssis. Les résultats (sur la pièce entière) sont les suivants :

- En surpression $n = 0.60$; $C_L = 20.4 \text{ m}^3/(\text{h.Pa}^n)$; $q_{50} = 211 \text{ m}^3/\text{h}$
- En dépression $n = 0.66$; $C_L = 17.2 \text{ m}^3/(\text{h.Pa}^n)$; $q_{50} = 227 \text{ m}^3/\text{h}$

Le second test est réalisé après fermeture de la double fenêtre. Les résultats sont :

- En surpression $n = 0.63$; $C_L = 10.0 \text{ m}^3/(\text{h.Pa}^n)$; $q_{50} = 116 \text{ m}^3/\text{h}$
- En dépression $n = 0.69$; $C_L = 8.0 \text{ m}^3/(\text{h.Pa}^n)$; $q_{50} = 120 \text{ m}^3/\text{h}$

La recherche de fuite a permis d'identifier deux améliorations possibles pour le double châssis : renforcer la jonction entre le nouveau châssis et la tablette de fenêtre, et assurer la continuité des joints entre l'ouvrant et le dormant, en particulier au niveau des coins.



FIGURE 6 – JOINT MAL REALISE ENTRE LA TABLETTE ET LE CHÂSSIS



FIGURE 7 – DISCONTINUITÉ DU JOINT ENTRE LE DORMANT ET L'OUVRANT

La combinaison des deux test permet donc de quantifier une amélioration de 101 m³/h à 50 Pascal grâce à la pose de ce double châssis.

3.2.2 LOCAUX BUILDWISE – LIMELETTE

Le test réalisé le 21.09.2023 vise à faire une démonstration de la méthode de test aux partenaires du projet PERCHE. Le test a été réalisé sur un châssis simple ouvrant en matériau PVC, placé dans les années 1990. Les dimensions sont de 1.90 x 1.78 m², avec une longueur de joint ouvrant de 5.26 m. La méthode directe est utilisée pour le test.



FIGURE 8. MISE EN PLACE DU DISPOSITIF DE MESURE POUR LE CHÂSSIS PVC À LIMELETTE

Les résultats sont les suivants :

- En surpression $n = 0.67$; $C_L = 0.34 \text{ m}^3/(\text{h.Pa}^n)$; $q_{50} = 4.62 \text{ m}^3/\text{h}$

Le test n'a pas été réalisé en dépression, ce qui aurait probablement donné des résultats moins intéressants car le joint entre le dormant et l'ouvrant n'aurait pas été compressé lors de l'expérience.

3.2.3 DOUBLE OUVRANT AVEC IMPOSTE FIXE A GREENBIZZ

Le test réalisé le 15.07.2024 vise à tester l'étanchéité à l'air du châssis testé dans HAMSTER avant intervention. Le test est réalisé sur un châssis en bois, double ouvrant à gueule de loup, avec une imposte fixe. Il s'agit d'un châssis du début du 20^{ème} siècle. Les dimensions sont de 1.56 x 2.16 m², avec une longueur de joint ouvrant de 7.19 m. La méthode directe est utilisée.

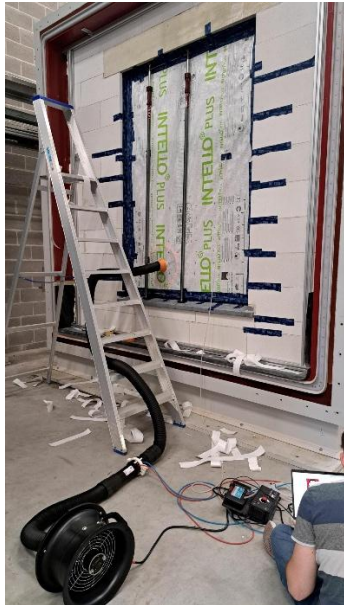


FIGURE 9. MISE EN PLACE DU DISPOSITIF DE MESURE POUR LA FENÊTRE DE GREENBIZZ



FIGURE 10. DOUBLE OUVRANT AVEC IMPOSTE FIXE (BOIS) OUVERTURE GUEULE DE LOUP, TESTÉ EN LABORATOIRE

Les résultats sont les suivants :

- En surpression $n = 0.60$; $C_L = 12.98 \text{ m}^3/(\text{hPa}^n)$; $q_{50} = 135 \text{ m}^3/\text{h}$

Le test n'a pas permis d'atteindre des pressions supérieures à 25 Pa, la valeur à 50 Pa est donc extrapolée sur base d'une faible plage de données, impliquant une possible incertitude importante. La pose de tape au niveau des joints des ouvrants a permis d'évaluer grossièrement une répartition des fuites entre différentes parties :

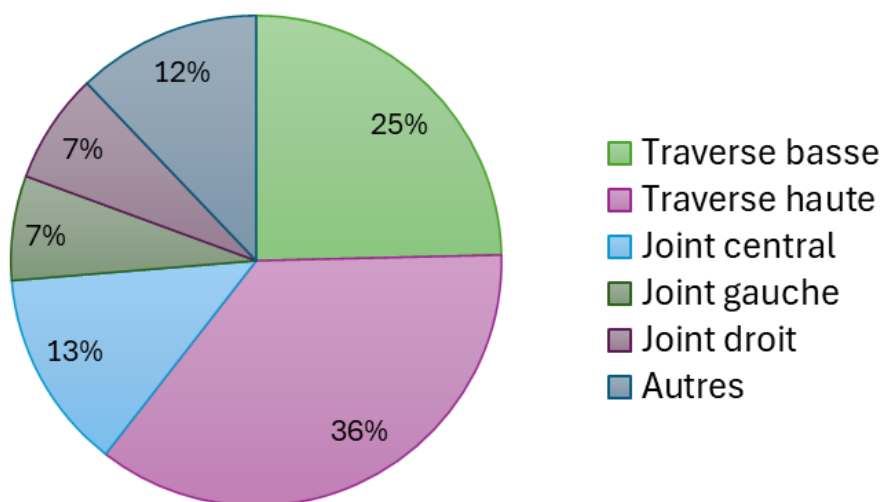


FIGURE 11. RÉPARTITION DES FUITES À TRAVERS LES DIFFÉRENTS JOINTS DE L'OUVRANT (INDICATIF)

Le test a été répété le 07.08.2024 en mettant en œuvre un dispositif de mesure plus étanche que lors du premier test. Les résultats sont relativement similaires :

- En surpression : $n = 0.59$; $C_L = 13.67 \text{ m}^3/(\text{hPa}^n)$; $q_{50} = 137 \text{ m}^3/\text{h}$
- En dépression : $n = 0.60$; $C_L = 13.0 \text{ m}^3/(\text{hPa}^n)$; $q_{50} = 135 \text{ m}^3/\text{h}$

Le test a également été réalisé en mettant du tape au niveau des jonctions ouvrant/dormant, les résultats sont les suivants :

- En surpression : $n = 0.71$; $C_L = 0.71 \text{ m}^3/(\text{hPa}^n)$; $q_{50} = 11.4 \text{ m}^3/\text{h}$

Le test a été répété le 13.09.2024 avec le même dispositif de mesure que celui du 07.08.2024, mais après la pose de joints d'étanchéité, sauf au niveau de la gueule de loup qui a été laissée en l'état. Les résultats montrent une diminution de 75% du débit de fuite :

- En surpression : $n = 0.58$; $C_L = 3.60 \text{ m}^3/(\text{hPa}^n)$; $q_{50} = 35.2 \text{ m}^3/\text{h}$

Une mesure ponctuelle à 50 Pa a été réalisée en plaçant un tape au niveau de la gueule de loup. Les pertes sont passées de 35.2 m³/h à 15.5 m³/h, soit une diminution totale de 89% des pertes par infiltration après la pose de tous les joints. Ce résultat est à confirmer une fois que le joint central sera posé.

Le test est répété le 31.01.2025 avec le même dispositif de mesure que celui du 07.08.2024, mais après la pose de joints d'étanchéité au niveau de la gueule de loup :

- En surpression : $n = 0.68$; $C_L = 1.34 \text{ m}^3/(\text{hPa}^n)$; $q_{50} = 19.5 \text{ m}^3/\text{h}$

3.2.4 RUE TIMMERMANS, 84

Le test a été réalisé le 20.09.2024 sur une fenêtre double ouvrante à gueule de loup, avec imposte fixe et sans joints d'étanchéité. Les dimensions sont de 1.90 x 1.30 m², avec une longueur de joint ouvrant de 6.10 m. La méthode directe est utilisée.



FIGURE 12. MISE EN PLACE DU DISPOSITIF DE MESURE POUR LA FENÊTRE RUE TIMMERMANS, 84

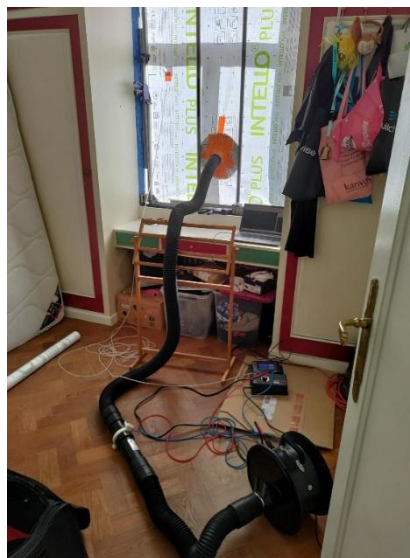


FIGURE 13. DOUBLE OUVRANT AVEC IMPOSTE FIXE (BOIS) OUVERTURE GUEULE DE LOUP, TESTÉ IN-SITU

Les résultats sont les suivants :

- En surpression $n = 0.69$; $C_L = 1.04 \text{ m}^3/(\text{hPa}^n)$; $q_{50} = 15.7 \text{ m}^3/\text{h}$

Le test est répété le 10.02.2025 sur la même fenêtre. Les résultats sont :

- En surpression $n = 0.68$; $C_L = 1.37 \text{ m}^3/(\text{hPa}^n)$; $q_{50} = 19.3 \text{ m}^3/\text{h}$

Les deux tests présentent le même ordre de grandeur. L'écart peut se justifier par des différences de conditions entre les deux tests (Humidité relative, température, ...).

3.2.5 RUE DES DRAPERS, 44

Trois tests ont été réalisés sur trois fenêtres basculantes horizontales similaires situées aux mêmes emplacements à des étages différents (RDC, 1^{er} étage, 2^{ème} étage). Les tests ont été réalisés respectivement le 03/02/2025, le 18/04/2025 et le 26/03/2025. Les dimensions sont de 1.57 x 1.80 m², avec une longueur de joint ouvrant de 6.74 m. La méthode directe est utilisée.



FIGURE 14. OUVERTURE BASCULANTE HORIZONTALE, 4 GÂCHES, TESTÉ IN-SITU



FIGURE 15. OUVERTURE BASCULANTE HORIZONTALE, 6 GÂCHES, TESTÉ IN-SITU



FIGURE 16. MISE EN PLACE DU DISPOSITIF DE MESURE POUR LA FENÊTRE RUE DES DARPIERS, 44

Les résultats sont les suivants :

- Fenêtre au RDC (4 gâches et joint d'étanchéité) en surpression
 $n = 0.65$; $C_L = 2.76 \text{ m}^3/(\text{hPa}^n)$; $q_{50} = 35.5 \text{ m}^3/\text{h}$
- Fenêtre au 1^{er} étage (4 gâches et joint d'étanchéité) en surpression

$$n = 0.83 ; \quad C_L = 0.56 \text{ m}^3/(\text{hPa}^n) ; \quad q_{50} = 14.7 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Fenêtre au 2^{ème} étage (6 gâches et joint d'étanchéité) en surpression

$$n = 0.61 ; \quad C_L = 5.48 \text{ m}^3/(\text{hPa}^n) ; \quad q_{50} = 59.8 \text{ m}^3/\text{h}$$

Un des système d'ouverture de cette dernière fenêtre ne permet pas une fermeture optimale, ce qui explique le débit d'air élevé pour ce test en comparaison aux autres cas du bâtiment.

3.2.6 RUE EDOUARD FAES, 20

Le test a été réalisé le 25.02.2025 sur une fenêtre à guillotine sans joints d'étanchéité. Les dimensions sont de 1.78 x 0.90 m², avec une longueur de joint ouvrant de 3.60 m. La méthode directe est utilisée.



FIGURE 17. GUILLOTINE, TESTÉ EN ATELIER



FIGURE 18. MISE EN PLACE DU DISPOSITIF DE MESURE

Le test n'a pas permis d'atteindre des pressions supérieures à 35 Pa, la valeur à 50 Pa est donc extrapolée sur base d'une faible plage de données, impliquant une possible incertitude. Les résultats sont les suivants :

- En surpression $n = 0.70 ; \quad C_L = 5.96 \text{ m}^3/(\text{hPa}^n) ; \quad q_{50} = 91.6 \text{ m}^3/\text{h}$

Le test est ensuite répété sur la même fenêtre à laquelle des joints en brosses ont été installés dans les ouvrants. À nouveau, le test n'a pas permis d'atteindre des pressions supérieures à 40 Pa. Les résultats sont les suivants :

- En surpression $n = 0.69 ; \quad C_L = 5.42 \text{ m}^3/(\text{hPa}^n) ; \quad q_{50} = 81.7 \text{ m}^3/\text{h}$

Ces résultats étaient attendus au vu de la nature du joint brosse. Si celui-ci permet de limiter légèrement le passage d'air, le fonctionnement de la fenêtre guillotine ne permet pas de comprimer le joint d'étanchéité.

3.2.7 WATERLOO

Le test a été réalisé le 25.03.2025 sur une fenêtre simple ouvrant, avec imposte fixe en faux cintre et avec joints d'étanchéité. Les dimensions sont de 1.98 x 0.70 m², avec une longueur de joint ouvrant de 3.96 m. La méthode directe est utilisée.



FIGURE 19. SIMPLE OUVRANT AVEC IMPOSTE FIXE (BOIS)



FIGURE 208. MISE EN PLACE DU DISPOSITIF DE MESURE POUR LA FENÊTRE À WATERLOO

Le premier test est réalisé sur la fenêtre sans joint d'étanchéité. Il n'a pas été possible de dépasser la barre des 20 Pa de différence de pressions. Les résultats obtenus sont les suivants :

- En surpression $n = 0.39$; $C_L = 19.50 \text{ m}^3/(\text{hPa}^n)$; $q_{50} = 90.9 \text{ m}^3/\text{h}$

Les résultats sont les suivants :

- En surpression $n = 0.63$; $C_L = 2.00 \text{ m}^3/(\text{hPa}^n)$; $q_{50} = 23.2 \text{ m}^3/\text{h}$

Notons que des fuites sont encore observées entre les vitrages et le châssis (dont au niveau des croisillons). Il est probable qu'après un remplacement des vitrages et la réalisation de nouveaux joints de mastic au niveau des vitrages, les résultats soient améliorés.

3.2.8 MAISON DES PARLEMENTAIRES, BRUXELLES

Plusieurs tests ont été réalisés la semaine 25/01/2025 sur cinq fenêtres de mêmes dimensions et même orientation présentant différentes caractéristiques à la Maison des Parlementaires à Bruxelles. Les dimensions des fenêtres sont de $1.63 \times 3.45 \text{ m}^2$, avec une longueur de joints d'ouvrant de 10.25 m. Les fenêtres testées sont :

- F1 : fenêtre existante double ouvrant et imposte fixe, avec châssis de la fin du 19^{ème} siècle et ouverture en gueule de loup ayant subi des restaurations dans les années 1980 (installation de double vitrage et silicone moulé dans l'ouvrant pour l'étanchéité).
- F2 : fenêtre existante, nouveau double vitrage haute performance et ajout de joints d'étanchéité. Notons cependant que le joint a été oublié en traverse haute.
- F3 : fenêtre existante, nouveau vitrage sous vide et ajout de joints d'étanchéité.
- F4 : fenêtre neuve double ouvrant et imposte fixe, avec ouverture en gueule de loup et joints d'étanchéité
- F5 : fenêtre neuve double ouvrant et imposte fixe, avec une ouverture triple frappe et joints d'étanchéité



FIGURE 219.
DOUBLE OUVRANT AVEC IMPOSTE FIXE (BOIS),
OUVERTURE EN GUEULE DE LOUP, TESTÉ IN-SITU



FIGURE 20. MISE EN PLACE DU DISPOSITIF DE MESURE
POUR L'UNE DES FENÊTRES DE LA MAISON

Les résultats sont les suivants :

- F1 : En surpression $n = 0.72$; $C_L = 0.85 \text{ m}^3/(\text{hPa}^n)$; $q_{50} = 14.1 \text{ m}^3/\text{h}$;
- F2 : En surpression $n = 0.59$; $C_L = 6.45 \text{ m}^3/(\text{hPa}^n)$; $q_{50} = 65.7 \text{ m}^3/\text{h}$;
- F3 : En surpression $n = 0.60$; $C_L = 1.99 \text{ m}^3/(\text{hPa}^n)$; $q_{50} = 21.1 \text{ m}^3/\text{h}$;
- F4 : En surpression $n = 0.69$; $C_L = 0.72 \text{ m}^3/(\text{hPa}^n)$; $q_{50} = 10.7 \text{ m}^3/\text{h}$;
- F5 : En surpression $n = 1.06$; $C_L = 0.17 \text{ m}^3/(\text{hPa}^n)$; $q_{50} = 10.7 \text{ m}^3/\text{h}$

3.2.9 SIMPLE OUVRANT AVEC IMPOSTE FIXE A GREENBIZZ

Le test a été réalisé le 12.06.2025 sur une fenêtre simple ouvrant, avec des croisillons en bois, sans joints d'étanchéité. La fenêtre fait $0.95 \times 0.70 \text{ m}^2$, et a une longueur totale de joints d'ouvrant de 2.9 m.



FIGURE 22. SIMPLE OUVRANT AVEC
CROISILLONS (BOIS), TESTÉ EN LABORATOIRE

Le test n'a pas permis d'atteindre des pressions supérieures à 20 Pa, la valeur à 50 Pa est donc extrapolée sur base d'une faible plage de données, impliquant une possible incertitude. Les résultats sont les suivants :

- En dépression $n = 0.65$; $C_L = 10.63 \text{ m}^3/(\text{hPa}^n)$; $q_{50} = 137.0 \text{ m}^3/\text{h}$
- En dépression $n = 0.58$; $C_L = 4.98 \text{ m}^3/(\text{hPa}^n)$; $q_{50} = 47.67 \text{ m}^3/\text{h}$

Le test est ensuite répété sur la même fenêtre à laquelle des joints d'étanchéité ont été ajoutés. Les résultats sont les suivants :

- En surpression $n = 0.65$; $C_L = 4.57 \text{ m}^3/(\text{hPa}^n)$; $q_{50} = 57.1 \text{ m}^3/\text{h}$