



Projet PROMEVENT 2014-2017

Amélioration des Protocoles
de mesure des systèmes
de ventilation résidentiels

Rapport technique Campagnes d'évaluation de l'application des protocoles existants – Phase laboratoire



Septembre 2017



ADEME - Appel à projets Recherche (APR)

« Vers des bâtiments responsables à horizon 2020 » - Edition 2014

Ce document est extrait des travaux réalisés dans le cadre du projet PROMEVENT coordonné par le CEREMA. Les personnes ayant contribué à ce projet sont présentées ci-dessous :

Partenaires du projet :



Cerema - Direction Territoriale Centre-Est (Pilote du projet)
Adeline (Bailly) Mélois, Cédric Lentillon, Sylvain Berthault, Florian Sementa, Camille Patard, Pierre Planet, Sylvie Giraud, Pascal Pelte, Romuald Jobert



CETIAT
Isabelle Caré, Laure Mouradian



ALLIE'AIR
Anne-Marie Bernard, Gabrielle Perez, Julien Boxberger, Samuel Evangelista



CETii
Gilles Frances



PBC
Pierre Barles



Effinergie
Sébastien Delmas, Angélique Sage

Avec la collaboration de :



ICEE
François-Rémi Carrié



PLEIAQ
Valérie Leprince

Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

Appel à Projets Recherche

"Vers des bâtiments responsables à horizon 2020"

Édition 2014

PROMEVENT

Amélioration des Protocoles de Mesures des systèmes de Ventilation résidentiels

Campagnes d'évaluation de l'application
des protocoles existants – Phase laboratoire

Rapport technique

Septembre 2017

Date	Version	Auteurs	Commentaires
30/06/2015	V1	Isabelle Caré (CEREMA) Laure Mouradian (CETIAT) Sylvain Berthault (CEREMA) Adeline Mélois (CEREMA)	Rédaction des résultats des campagnes en laboratoire
09/2017	V. publique	Isabelle Téjou-LeToulouse (CEREMA) Adeline Mélois (CEREMA)	Anonymisation et finalisation de la version publique

Récapitulatif de l'étude

Projet :	Projet PROMEVENT
Objectif :	Identifier les sources et les niveaux d'incertitude dans des protocoles utilisés en France pour caractériser la performance des systèmes de ventilation
Rédacteur :	Caré I., Mouradian L., Berthault S., Mélois A., Téjou-LeToulouse I.
Mots clés :	Ventilation – Contrôle – Protocole – Répétabilité et reproductibilité

Résumé

Campagnes d'évaluation de l'application des protocoles existants

L'objectif de ces campagnes est d'identifier les sources et les niveaux d'incertitude des protocoles utilisés en France pour caractériser la performance des systèmes de ventilation. À partir d'un programme défini par le consortium du projet, deux campagnes sont menées en parallèle :

- une campagne en laboratoire, qui se décline en une première partie d'étalonnage du matériel avant et après utilisation sur terrain, et une deuxième partie d'étude de sensibilité réalisée sur banc d'essai et sur réseau complet en conditions de laboratoire.
- une campagne in-situ pendant laquelle 2 bâtiments de logements collectifs et 10 maisons individuelles font l'objet d'un diagnostic des systèmes de ventilation complet (diagnostic visuel, mesures de débit et/ou de pression, mesure d'étanchéité des réseaux), selon une méthodologie définie par le programme, qui inclut des tests de répétabilité et de reproductibilité ainsi que différentes façons de réaliser des mesures.

Phase 1 : L'analyse des différents protocoles et matériels existants réalisée dans l'étude bibliographique, ainsi que la synthèse d'études s'interrogeant sur l'incertitude des protocoles de mesure, ont permis d'établir :

- une « checklist » exhaustive de vérifications visuelles qui doivent être effectuées lors d'un diagnostic ;
- une liste des différentes pratiques concernant les mesures de débit et de pression aux terminaux ;
- une comparaison fine des protocoles de mesure de l'étanchéité à l'air des réseaux.

Ces données sont intégrées dans un programme de campagne qui permet de cadrer l'ensemble des mesures et diagnostics qui seront effectués durant la campagne en laboratoire et la campagne in-situ, afin de pouvoir ensuite identifier les pratiques les plus fiables et les plus pertinentes.

Phase 2 : Campagnes de mesure en laboratoire

L'objectif de cette campagne est de caractériser le matériel de mesure. Cette étape devait permettre de déterminer les performances des différents matériels de mesure dans des conditions d'utilisation maîtrisées en laboratoire. Elle a permis d'identifier leurs limitations d'utilisation et leur répétabilité.

Trois parties ont été identifiées :

- étalonnage des appareils de mesure, et dérive de certains appareils ;
- sensibilité des appareils de mesure de débit à la bouche en fonction des débits, des géométries, des configurations de raccordements différentes ;
- sensibilité des appareils de mesure d'étanchéité des réseaux aérauliques pour différentes configurations d'essai.

Sommaire

Table des illustrations	3
Liste des tableaux	5
Avertissement	6
1 Programme des campagnes	7
1.1 Étalonnage du matériel de mesure	7
1.2 Étude de sensibilité en laboratoire	7
2 Campagne d'essais de sensibilité des appareils de mesure de débit aux bouches	9
2.1 Objectif	9
2.2 Bouches à tester	9
2.3 Conditions de débit	9
2.4 Conditions de raccordement	10
2.5 Appareils de mesure testés	12
2.6 Banc d'essai	13
2.7 Déroulement des essais	13
2.7.1 Manip A : influence de l'appareil de mesure	13
2.7.2 Choix du matériel vis à vis de la bouche :	13
2.7.4 Manip B : influence de conditions de raccordement perturbées	16
2.7.5 Influence d'un coude derrière la bouche	16
2.7.6 Influence d'un écrasement derrière la bouche	17
2.7.7 Manip C : Caractériser l'impact de l'ajout d'un cadre de déport pour un jet non homogène	19
2.8 Résultats et premières conclusions	20
3 Campagne d'essais de sensibilité des protocoles de mesure de la perméabilité à l'air d'un réseau de ventilation	21
3.1 Objectif	21
3.2 Réseau de ventilation utilisé pour la campagne d'essais	21
3.3 Évaluation de l'influence de la position de la prise de pression sur une mesure d'étanchéité à l'air d'un réseau de ventilation	22
3.3.1 Présentation des manips D, E et F	22
3.3.1.1 Manip D : Essais en dépressurisation – réseau de classe B	22
3.3.1.2 Manip E : Essais en dépressurisation – réseau très fuyard	23
3.3.1.3 Manip F : Essais en pressurisation – réseau fuyard	24
3.3.2 Résultats des manip D, E et F : influence de la position de la prise de pression	25

3.4	Évaluation de l'impact de la prise en compte du caisson sur une mesure de perméabilité à l'air d'un réseau de ventilation	27
3.4.1	Présentation de la manip G	27
3.4.1	Résultats de la manip G : impact de l'intégration du caisson dans la partie de réseau soumise à l'essai	29
3.5	Évaluation de l'impact de la prise en compte d'un plénum sur une mesure de perméabilité à l'air d'un réseau de ventilation	29
3.5.1	Présentation de la manip H	29
3.5.2	Résultats de la manip H : Evaluation de l'impact de la prise en compte d'un plénum sur une mesure d'étanchéité à l'air en dépressurisation d'un réseau de ventilation	30
3.6	Évaluation de l'impact d'une perturbation aéraulique en sortie du ventilateur de l'appareil de mesure de la perméabilité à l'air d'un réseau de ventilation	31
3.6.1	Présentation de la manip I	31
3.6.2	Résultats de la manip I : Évaluation de l'impact d'une perturbation aéraulique en sortie du ventilateur de l'appareil de mesure de la perméabilité à l'air d'un réseau de ventilation	32
3.7	Conclusions des essais en laboratoire pour la mesure de perméabilité à l'air des réseaux de la campagne en laboratoire	33
4	Conclusion générale de la campagne en laboratoire	34
5	Références bibliographiques	35

Table des illustrations

Figure 1 : Raccordement sur conduit droit rigide.....	10
Figure 2 : Raccordement sur un coude à 90° suivi d'un conduit droit rigide	10
Figure 3 : Raccordement sur un conduit flexible écrasé.....	10
Figure 4 : Caractérisation de l'écrasement avec une guillotine.....	11
Figure 5 : Exemple d'écrasement constaté lors de la campagne d'essai in-situ:	11
Figure 6 : Banc d'essai du CETIAT pour la sensibilité des appareils de mesure de débit aux bouches	13
Figure 7 : Erreur de la mesure de débit en fonction du type de bouche et de l'appareil de mesure utilisé	14
Figure 8 : Impact du centrage de l'appareil de mesure de débit à compensation (C).....	15
Figure 9 : Impact du centrage de l'appareil de mesure de débit à anémomètre thermique ponctuel (TP)	15
Figure 10 : Impact du centrage de l'appareil de mesure de débit à moulinet (M).....	15
Figure 11 : Impact du centrage de l'appareil de mesure de débit à anémomètre thermique quadrillé (TQ)	15
Figure 12 : Influence d'un coude derrière une bouche de type grille fixe lors d'une mesure de débit (en soufflage)	16
Figure 13 : Influence d'un coude derrière une bouche omnidirectionnelle lors d'une mesure de débit (en soufflage)	17
Figure 14 : Influence d'un coude derrière une bouche à ailettes orientables lors d'une mesure de débit (en soufflage)	17
Figure 15 : Influence d'un écrasement derrière une bouche de type grille fixe lors d'une mesure de débit (en soufflage)	18
Figure 16 : Influence d'un écrasement derrière une bouche omnidirectionnelle lors d'une mesure de débit (en soufflage)	18
Figure 17 : Influence d'un écrasement derrière une bouche à ailettes orientables lors d'une mesure de débit (en soufflage).....	19
Figure 18 : Impact de l'utilisation de différents cadres de déport pour la mesure de débit sur une bouche à ailettes orientables.....	19
Figure 19 : Réseau de ventilation utilisé dans le cadre de la campagne d'essais.....	22
Figure 20 : Identification de la prise de pression du matériel de mesure de la perméabilité à l'air des réseaux de ventilation	23
Figure 21 : Positionnement de l'orifice à l'emplacement d'une bouche d'extraction permettant la dégradation de l'étanchéité à l'air de celui-ci.....	24
Figure 22 : Identification de la prise de pression, de l'orifice « parasite », du matériel de mesure de la perméabilité à l'air des réseaux de ventilation.....	24
Figure 23 : Positionnement des orifices sur l'ensemble du réseau permettant la dégradation de l'étanchéité à l'air de celui-ci.....	25
Figure 24 : Influence de la position de la prise de pression pendant une mesure de perméabilité à l'air en dépressurisation d'un réseau de ventilation de classe B.....	26
Figure 25 : Influence de la position de la prise de pression pendant une mesure de perméabilité à l'air en dépressurisation d'un réseau de ventilation fuyard.....	26
Figure 26 : Influence de la position de la prise de pression pendant une mesure de perméabilité à l'air en pressurisation d'un réseau de ventilation fuyard.....	27
Figure 27 : Caisson d'extraction n°1	28
Figure 28 : Résultats des mesures de perméabilité à l'air d'un réseau en fonction de la prise en compte de parties ou de la totalité du caisson	29
Figure 29 : Plénum et grille associée.....	30
Figure 30 : Impact de la prise en compte des plénums sur le résultat de la mesure de la perméabilité à l'air d'un réseau	31

Figure 31 : Position de l'obstacle vis à vis des deux appareils de mesure32
Figure 32 : Débits de fuite mesurés sur un réseau avec et sans perturbation, avec deux matériels de
mesure différents.....32

Liste des tableaux

Tableau 1: bouches de soufflage et d'extractions testées lors de la campagne en laboratoire	9
Tableau 2 : Appareils de mesure de débit à la bouche testés dans la campagne en laboratoire.....	12
Tableau 3 : Conditions d'essai de la manip A.....	13
Tableau 4 : Conditions d'essai de la manip B.....	16
Tableau 5 : Essais réalisés pour évaluer l'impact de la prise de pression (position, qualité) – Manip D.....	22
Tableau 6 : Essais réalisés pour évaluer l'impact de la prise de pression (position, qualité).....	23
Tableau 7 : Essais réalisés pour évaluer l'impact de la prise de pression (position, qualité).....	25
Tableau 8 : Configurations de mesure mise en œuvre pour les trois caissons	28
Tableau 9 : Configurations de mesure mise en œuvre pour les 3 caissons	30

Avertissement

Copyright ©CEREMA

La reproduction et la diffusion de ce document dans son intégralité sous forme électronique ou papier sont libres. La reproduction et la diffusion de parties de ce document sont également libres sous réserve que la source soit clairement mentionnée sur les extraits.

Remerciements

Ce document constitue la valorisation d'un projet de recherche soutenu par l'ADEME et le MEDDE (DGALN/DHUP/QC). Ce projet fut coordonné par le Cerema dans le cadre de l'APR « Vers des bâtiments responsables à horizon 2020 ». Ce projet a été particulièrement soutenu par Pierre Deroubaix, chef de projet (ADEME), ainsi que Anne-Marie Soulier (MEDDE, DGALN DHUP).

1 Programme des campagnes

1.1 Étalonnage du matériel de mesure

Afin de pouvoir écarter les incertitudes dues à l'étalonnage du matériel de mesure, l'ensemble des matériels utilisés dans les campagnes sont étalonnés sur un même banc d'étalonnage, avant utilisation in-situ. Cet étalonnage est effectué, en fonction du type de matériel, en conditions idéales (sans élément terminal pouvant perturber l'écoulement) de la façon suivante :

- pour les appareils de mesure de débit aux bouches : en maison individuelle (Double flux) et en WC des collectifs : au minimum 3 points de débit sur la gamme d'emploi avec essais de répétabilité :
 - en soufflage et en reprise : pour chaque appareil utilisé dans la campagne in-situ ;
- mesure de pression à la bouche : en collectif (VMC hygro) :
 - étalonnage du capteur de pression sur la plage de fonctionnement de la bouche ;
- mesure d'étanchéité réseau : étalonnage sur banc de référence de débit et répétabilité :
 - étalonnage du capteur de pression : $P_{ref} = \pm 80$ Pa en MI et ± 160 Pa en collectif ;
 - étalonnage de la mesure de débit : au minimum 3 points sur la gamme de mesure de débit pour chaque pression de test.

Afin de pouvoir également écarter l'erreur de mesure due à la déviation du matériel de mesure dans le temps, certains appareils utilisés pendant la mesure sont à nouveau étalonnés après utilisation en laboratoire et in-situ. Pour des raisons de coût et de temps, cela concernera uniquement les matériels dont la non-déviabilité n'est pas d'ores et déjà acquise (les matériels qui ont été étalonnés plusieurs fois depuis quelques années sans montrer de déviation ne sont pas étalonnés à nouveau après la campagne in-situ).

1.2 Étude de sensibilité en laboratoire

Certains facteurs potentiellement responsables d'erreur de mesure peuvent être plus facilement étudiés en laboratoire. Une étude a été réalisée (Berthault, 2014) en amont du projet PROMEVENT. Elle a permis d'étudier l'impact sur le résultat de la mesure d'étanchéité des points suivants :

- pertes de charge dans le réseau ;
- position de l'appareil de mesure en fonction de la localisation des fuites.

En complément, les points suivants sont étudiés :

- sur banc d'essai :
 - influence du type de bouche pour chaque typologie d'appareil :
 - en soufflage : avec une bouche omnidirectionnelle, une bouche orientable et une grille fixe ;
 - en reprise : avec bouche omnidirectionnelle, bouche autoréglable et grille fixe.
 - impact d'une perturbation derrière la bouche (coude).
- sur le réseau utilisé lors de l'étude préliminaire :
 - impact de la position de l'appareil de mesure par rapport à un T-souche pour la mesure d'étanchéité réseau : mesure avant et après T-souche ;
 - impact des pressions de mesure pour la mesure d'étanchéité réseau ;

- impact du type de raccordement de la bouche pour la mesure de débit et de pression.

Les matériels de mesure utilisés pour réaliser ces études sont obligatoirement sélectionnés parmi les matériels étalonnés.

2 Campagne d'essais de sensibilité des appareils de mesure de débit aux bouches

2.1 Objectif

L'objectif de cette campagne en laboratoire est d'évaluer la sensibilité des appareils de mesure à des conditions de mesure perturbées, pour différents débits :

- un flux hétérogène dû à la géométrie même de la bouche ;
- un positionnement de l'appareil de mesure décentré par rapport à la bouche ;
- des conditions de raccordement particulières : coude juste derrière la bouche ou conduit flexible écrasé.

2.2 Bouches à tester

4 bouches d'insufflation et/ou d'extraction ont été choisies pour leurs caractéristiques géométriques (Tableau 1) :

- grille fixe ;
- bouche unidirectionnelle (orientable ou non) ;
- bouche omnidirectionnelle (en soufflage uniquement).

Pour faciliter la manutention du banc d'essai, toutes les bouches sont raccordées en diamètre 125.

Tableau 1: bouches de soufflage et d'extractions testées lors de la campagne en laboratoire

S1- Soufflage ou E1- extraction – grille fixe	S2- Soufflage – bouche omnidirectionnelle -
	
S3- Soufflage – orientable position fermée	E4- Extraction unidirectionnelle
	

2.3 Conditions de débit

Les vitesses d'air traversant les bouches peuvent générer des perturbations différentes et les appareils de mesure n'ont pas la même sensibilité en fonction des débits mesurés. Les essais en laboratoire sont donc menés pour trois débits représentatifs des conditions minimales de l'arrêté du 24 mars 1982 dans les pièces techniques, et pertinents pour des conditions de soufflage en chambre et séjour : **15, 30 et 45 m³/h** en soufflage et en aspiration.

2.4 Conditions de raccordement

Les premiers tests se font avec des bouches raccordées sur des conduits droits afin d'avoir des flux d'air les plus homogènes possibles (Figure 1).

Dans un deuxième temps les bouches sont raccordées sur un coude à 90° (Figure 2) puis sur un conduit flexible fortement écrasé (Figure 3). L'écrasement du conduit en laboratoire est effectué en utilisant une guillotine qui permet de le quantifier (Figure 4). Cet écrasement correspond à la tension maximale admissible sur un conduit flexible avec une gaine plastique avec déchirement et des photos prises lors de la première campagne de mesure sur site montrent qu'il n'est pas exagéré (Figure 5).



Figure 1 : Raccordement sur conduit droit rigide



Figure 2 : Raccordement sur un coude à 90° suivi d'un conduit droit rigide



Figure 3 : Raccordement sur un conduit flexible écrasé



Figure 4 : Caractérisation de l'écrasement avec une guillotine



Figure 5 : Exemple d'écrasement constaté lors de la campagne d'essai in-situ:

2.5 Appareils de mesure testés

4 appareils de mesure de débits d'air à la bouche ont été sélectionnés pour cette campagne en laboratoire, utilisant des techniques de mesure différentes (Tableau 2):

- Cône avec anémomètre thermique ponctuel ;
- Cône avec réseau d'anémomètre thermique en quadrillage ;
- Cône avec anémomètre à moulinet ;
- Cône à compensation de pression.

Ces appareils de mesure sont positionnés de façon centrée par rapport aux bouches ou de façon décentrée. Dans le cas du cône avec fil chaud ponctuel, comme le cône est de diamètre plus petit, nous avons testé le décentrage du fil chaud lui-même par rapport à l'axe du cône. Dans tous les cas le fil est positionné dans l'axe du flux : une rotation du fil chaud entraîne une diminution du débit jusqu'à atteindre un débit nul pour une rotation de 90°.

Tableau 2 : Appareils de mesure de débit à la bouche testés dans la campagne en laboratoire

a) Cône avec anémomètre thermique ponctuel	
	
En position centrée sur la bouche	Décentrage du fil chaud par rapport au cône, position basse et position haute
b) Cône avec réseau d'anémomètre thermique en quadrillage	
	
En position centrée sur la bouche	Décentrage, la bouche est dans le coin haut-droit
c) Cône avec anémomètre à moulinet	
	
d) Cône avec à compensation de pression	
	

2.6 Banc d'essai

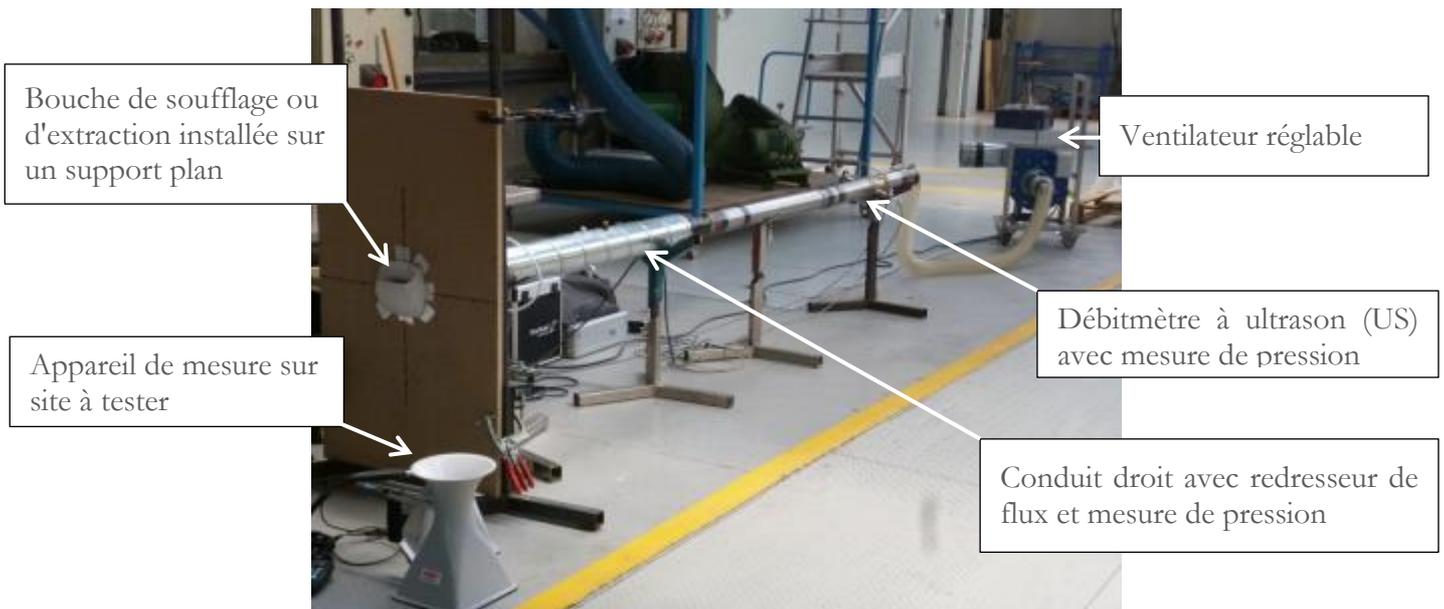


Figure 6 : Banc d'essai du CETLAT pour la sensibilité des appareils de mesure de débit aux bouches

2.7 Déroulement des essais

2.7.1 Manip A : influence de l'appareil de mesure

Dans cette première série d'essais, le banc d'essai utilise le raccordement en conduit droit rigide uniquement. L'objectif est de comparer les résultats obtenus par différents appareils de mesure (après correction d'étalonnage) par rapport au débit mesuré dans le banc d'essai, pour chaque bouche de soufflage et d'extraction, et chaque débit. Les appareils sont positionnés de façon centrée ou non par rapport à l'axe de la bouche. Les conditions d'essais sont listées dans le Tableau 3, et représentent 120 mesures différentes.

Tableau 3 : Conditions d'essai de la manip A

Bouches	3 bouches en soufflage (S1, S2, S3), 2 bouches en extraction (E1, E4)
Débits	15, 30 et 45 m ³ /h
Appareils	4 appareils de mesure : position centrée ET position décentrée
Raccordement	Conduit droit rigide

2.7.2 Choix du matériel vis à vis de la bouche :

La Figure 7 montre qu'en soufflage, notamment pour les bouches omnidirectionnelles et les bouches à ailettes orientables, le choix de l'appareil de mesure n'est pas anodin. En effet, lorsque la géométrie de la bouche conduit à des vitesses d'air très inhomogènes sur la section du cône de mesure, la représentativité des points de mesure ou des interpolations est remise en cause. Ainsi, les erreurs peuvent atteindre plus de 50% avec l'appareil de mesure à fil chaud quadrillé.

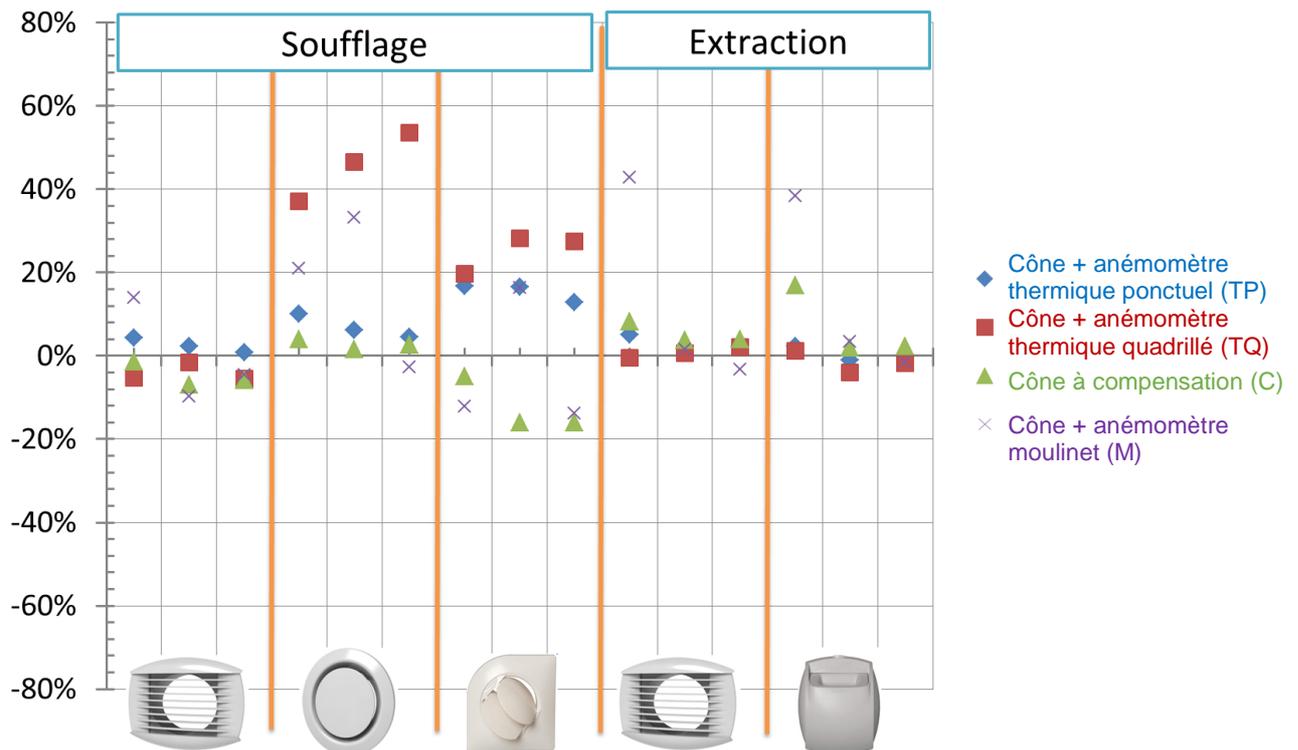


Figure 7 : Erreur de la mesure de débit en fonction du type de bouche et de l'appareil de mesure utilisé

2.7.3 Impact du centrage de l'appareil de mesure vis à vis de la bouche :

Les Figure 8, Figure 9, Figure 10 et Figure 11 présentent l'impact du non-centrage de l'appareil de mesure de débit vis à vis de la bouche, pour les 4 types d'appareil de mesure, en fonction du type de bouche. Les erreurs évaluées sont inférieures à 20 % quel que soit le type de bouche pour le cône avec mesure de pression en croix et compensation et le cône avec anémomètre thermique ponctuel). En revanche, elles dépassent plusieurs fois 40% pour le cône avec anémomètre à moulinet pour la bouche à ailettes orientables. Pour ce même type de bouche, le cône avec réseau d'anémomètre thermique en quadrillage entraîne une erreur dépassant les 80%. Notons que pour cet appareil, après ces constats, un contact a été pris auprès du fabricant : un accessoire doit être ajouté pour ce type de mesure. Des mesures complémentaires ont été réalisées après réception de cet accessoire : les erreurs constatées restent très élevées

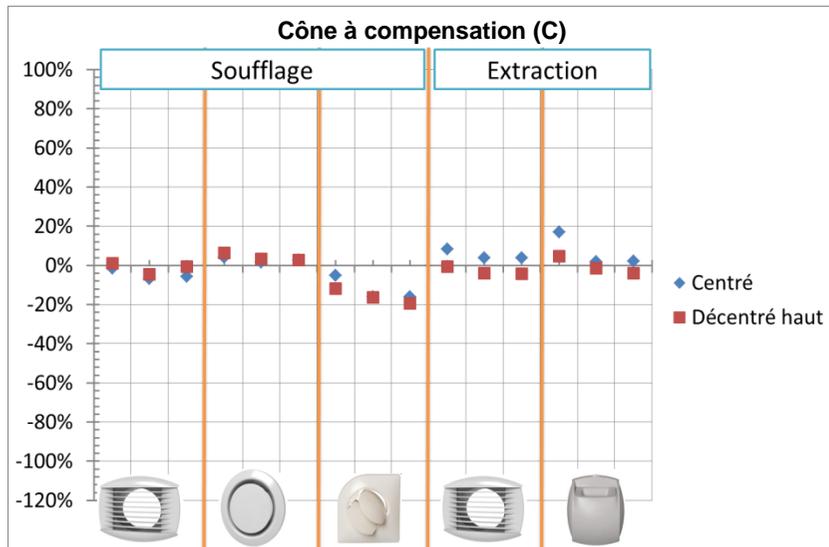


Figure 8 : Impact du centrage de l'appareil de mesure de débit à compensation (C)

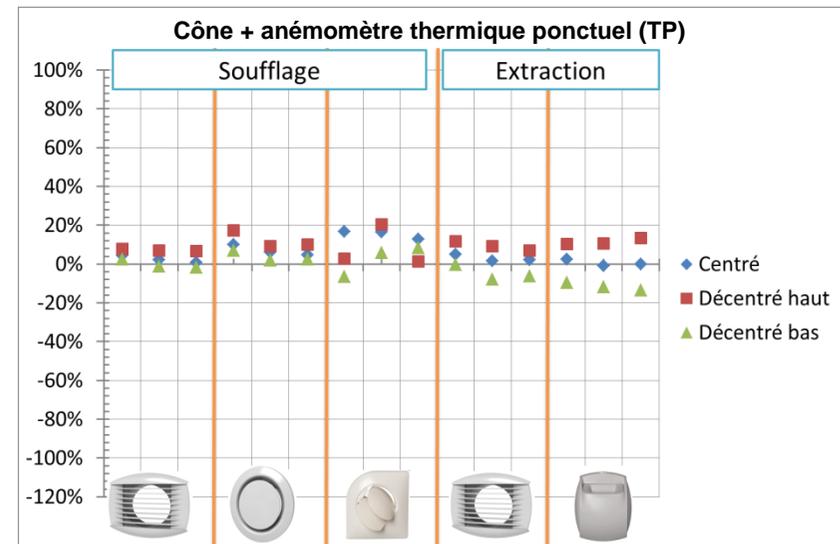


Figure 9 : Impact du centrage de l'appareil de mesure de débit à anémomètre thermique ponctuel (TP)

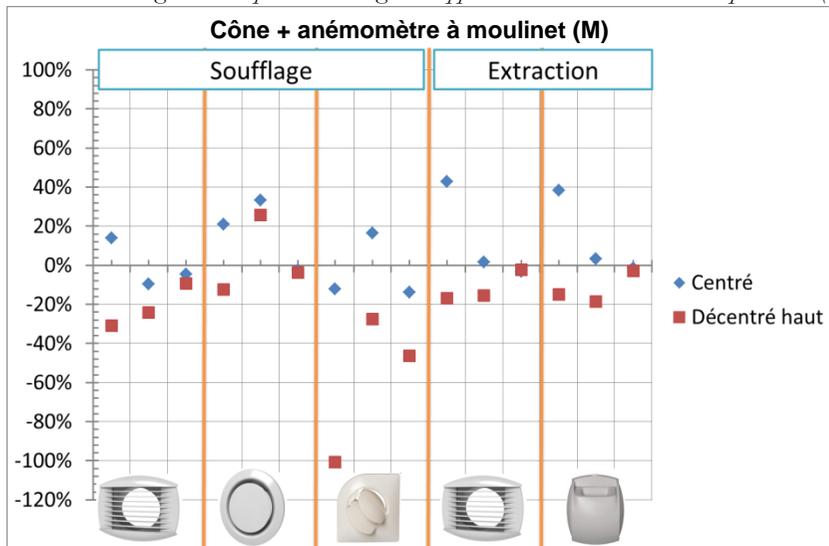


Figure 10 : Impact du centrage de l'appareil de mesure de débit à moulinet (M)

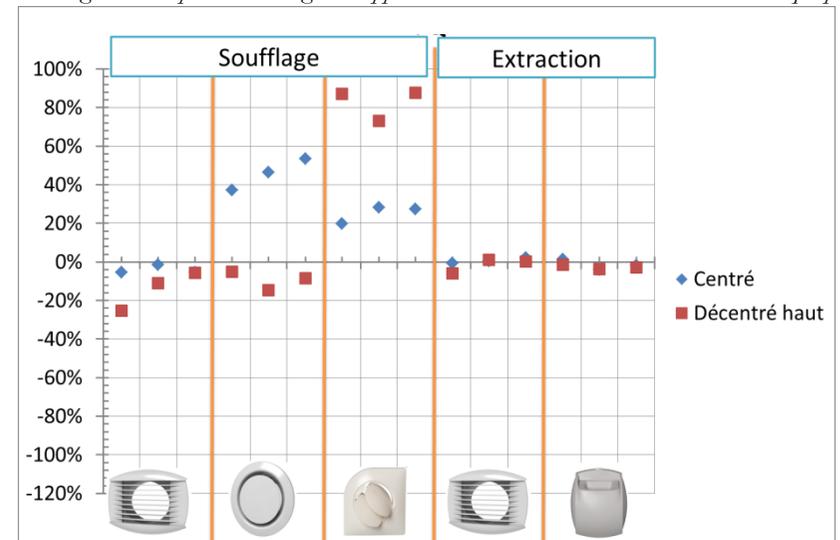


Figure 11 : Impact du centrage de l'appareil de mesure de débit à anémomètre thermique quadrillé (TQ)

2.7.4 Manip B : influence de conditions de raccordement perturbées

Dans cette deuxième série d'essais, seules les bouches de soufflage sont testées. L'objectif est d'évaluer l'impact de conditions de raccordement perturbées par un coude ou un écrasement sur la mesure. Les résultats obtenus par les différents appareils de mesure (après correction d'étalonnage) sont comparés au débit mesuré dans le banc d'essai, pour chaque bouche de soufflage et chaque débit. Les appareils sont positionnés de façon centrée par rapport à l'axe de la bouche. Les conditions d'essais sont listées dans le Tableau 4, et représentent 72 mesures différentes.

Tableau 4 : Conditions d'essai de la manip B

Bouches	3 bouches en soufflage (S1, S2, S3)
Débits	15, 30 et 45 m ³ /h
Appareils	4 appareils de mesure
Raccordement	coude derrière la bouche / conduit flexible écrasé

2.7.5 Influence d'un coude derrière la bouche

Les Figure 12, Figure 13 et Figure 14 présentent les erreurs de mesure dues à l'existence d'un coude directement derrière la bouche lors d'une mesure de débit. Pour une bouche de type grille fixe, l'impact de cette perturbation est faible : moins de 4% d'écart entre la valeur mesurée avec le coude et la valeur mesurée sans le coude. Pour les deux autres types de bouches (bouche omnidirectionnelle ou bouche à ailettes orientables), l'impact du coude derrière la bouche est en général également faible : moins de 4%, sauf pour 5 points.

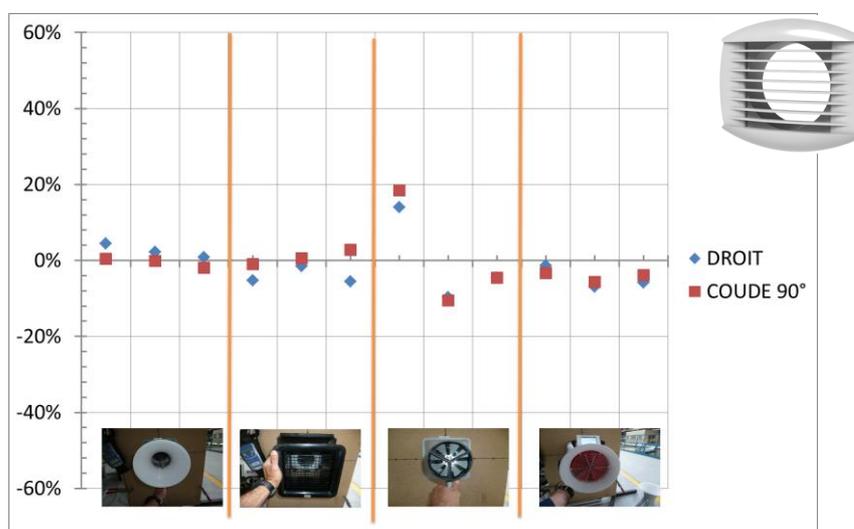


Figure 12 : Influence d'un coude derrière une bouche de type grille fixe lors d'une mesure de débit (en soufflage)

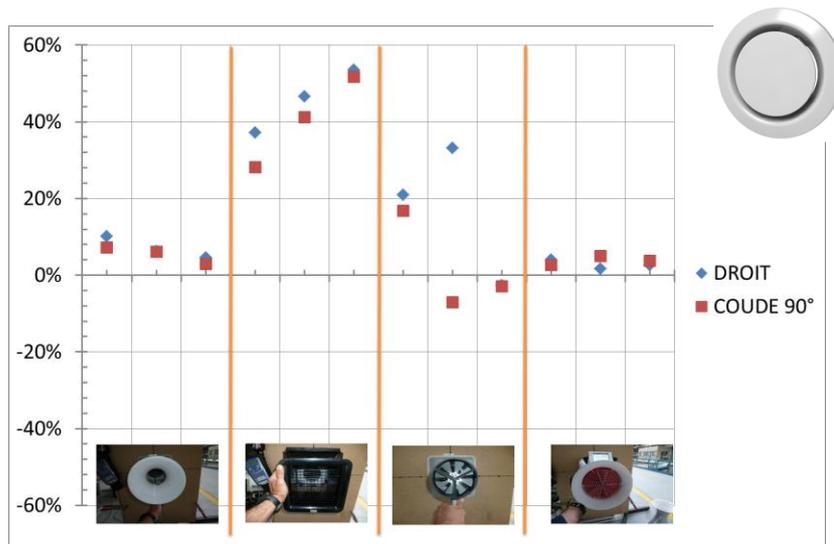


Figure 13 : Influence d'un coude derrière une bouche omnidirectionnelle lors d'une mesure de débit (en soufflage)

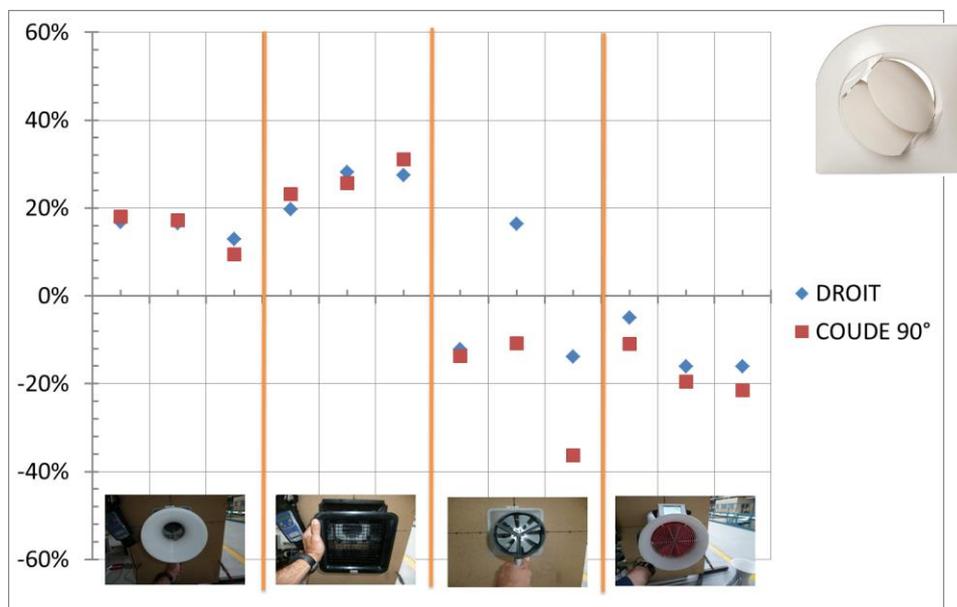


Figure 14 : Influence d'un coude derrière une bouche à ailettes orientables lors d'une mesure de débit (en soufflage)

2.7.6 Influence d'un écrasement derrière la bouche

Les Figure 15, Figure 16 et Figure 17 présentent les erreurs de mesure dues à l'existence d'un écrasement directement derrière la bouche lors d'une mesure de débit. En fonction des configurations type de bouche / type d'appareil de mesure, l'écrasement entraîne des écarts de résultat de mesure pouvant atteindre 30%.

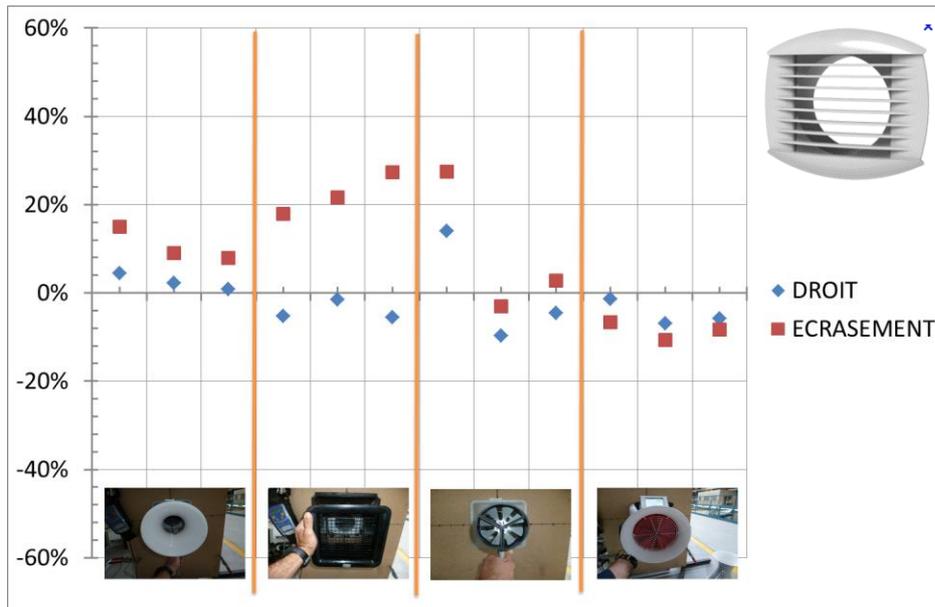


Figure 15 : Influence d'un écrasement derrière une bouche de type grille fixe lors d'une mesure de débit (en soufflage)

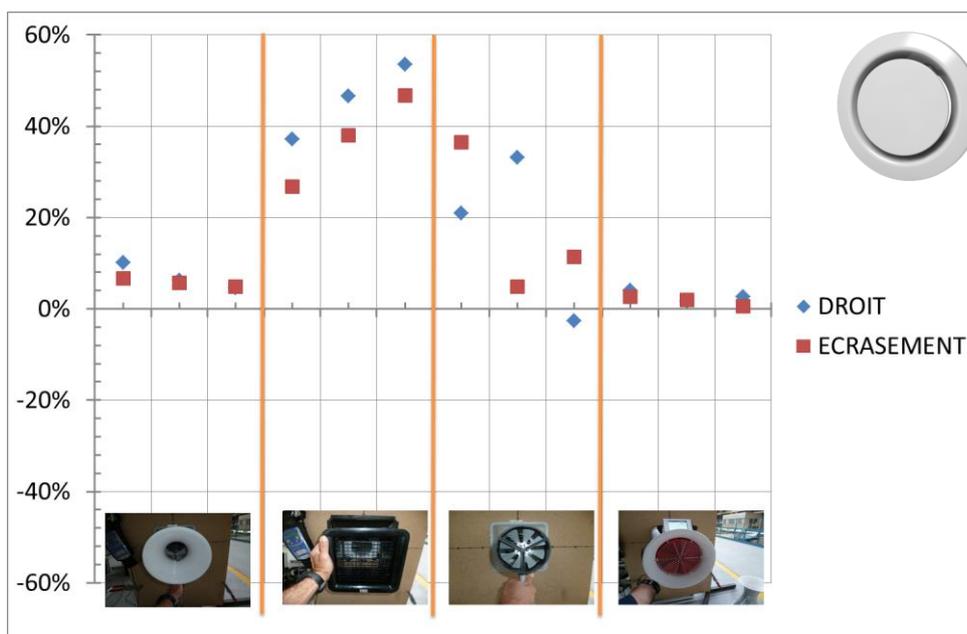


Figure 16 : Influence d'un écrasement derrière une bouche omnidirectionnelle lors d'une mesure de débit (en soufflage)

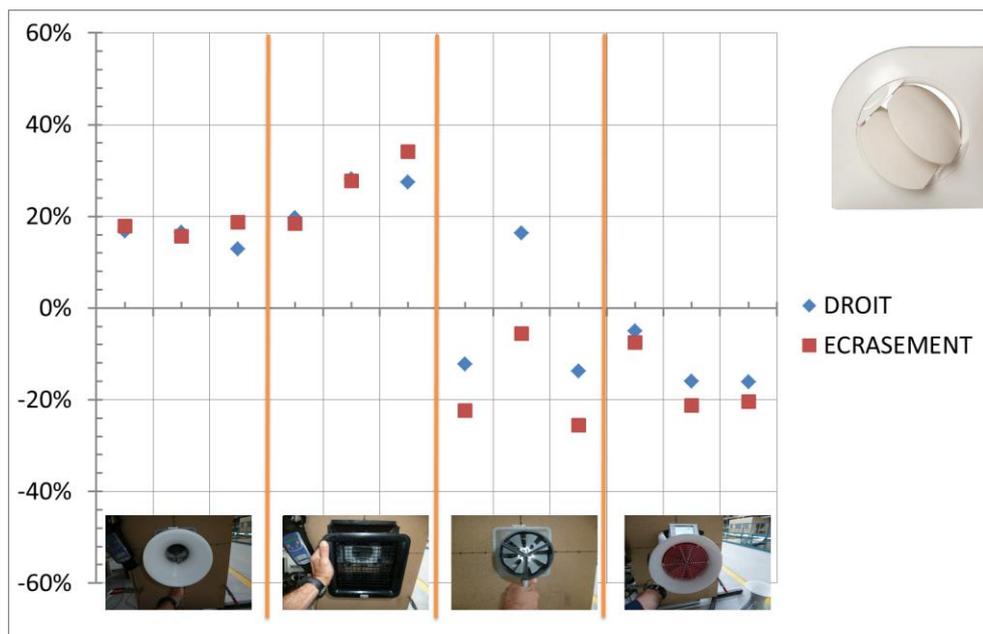


Figure 17 : Influence d'un écrasement derrière une bouche à ailettes orientables lors d'une mesure de débit (en soufflage)

2.7.7 Manip C : Caractériser l'impact de l'ajout d'un cadre de déport pour un jet non homogène

La norme NF EN 16211 recommande que la distance entre le point de mesure et la bouche (c'est-à-dire la longueur du cône de l'appareil de mesure) soit au minimum de 3 fois le diamètre de la bouche, ce qui est rarement le cas. Sinon, elle demande de s'assurer que le flux soit stable pour effectuer la mesure. Pour cette étude, différents cadres de dépôts adaptés à l'appareil à compensation ont été utilisés.

La Figure 18 présente les erreurs évaluées dans différentes configurations de l'appareil de mesure sur une bouche à ailettes orientables. Sans cadre de déport, l'erreur varie de 5% à plus de 15%. Avec les différents cadres étudiés, l'erreur ne dépassent jamais les 5%.

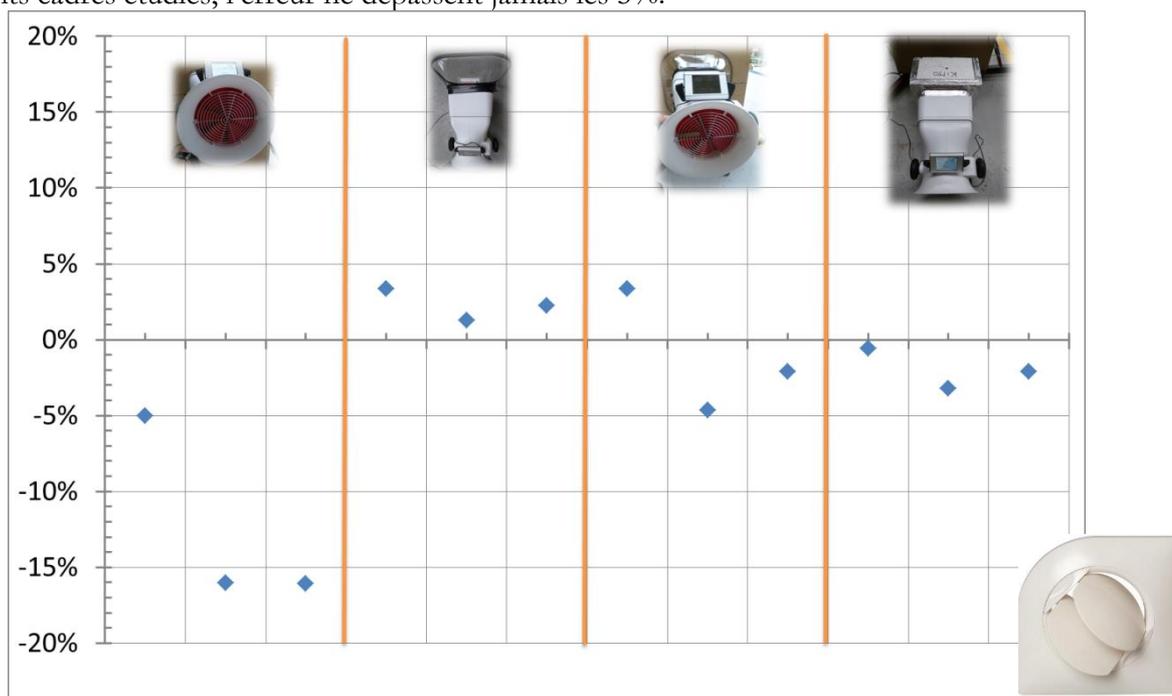


Figure 18 : Impact de l'utilisation de différents cadres de déport pour la mesure de débit sur une bouche à ailettes orientables

2.8 Résultats et premières conclusions

Il ressort en première analyse de ces essais que :

- Les corrections d'étalonnage sont indispensables, et donc l'analyse des mesures de débit aux bouches, pour certains appareils ne peut pas se faire sur site après lecture directe sur l'appareil.
- Les écarts entre les valeurs mesurées par les appareils et les débits fournis par le banc d'essai peuvent aller jusqu'à 80% de la valeur du débit, par défaut ou par excès.
- Certaines bouches de soufflage génèrent des flux très perturbés, entraînant une erreur de mesure ne pouvant être corrigée par l'étalonnage seul.

L'étalonnage des appareils de mesure et les premiers retours des campagnes d'essai en laboratoires confirment l'attention particulière qui doit être portée sur le choix l'instrumentation de mesure qui sera choisie pour effectuer des mesures à réception, tant au niveau du suivi de leur étalonnage et de la prise en compte des facteurs correctifs, que de l'adéquation entre les appareils utilisés et les conditions de mesure sur site.

3 Campagne d'essais de sensibilité des protocoles de mesure de la perméabilité à l'air d'un réseau de ventilation

3.1 Objectif

Le protocole le plus détaillé et également le plus largement utilisé pour réaliser une mesure d'étanchéité à l'air est le FD E51-767. La documentation technique de certains matériels de mesure y apporte quelques compléments. L'objectif de cette campagne d'essais en laboratoire est d'évaluer la fiabilité et la robustesse de cette procédure de mesure en fonction des paramètres suivants :

- le positionnement de la prise de pression dans le réseau ;
- l'intégration du caisson de ventilation dans la partie du réseau soumise à l'essai ;
- l'intégration de plénums dans la partie du réseau soumis à l'essai ;
- existence d'une perturbation aéraulique à la sortie du ventilateur.

L'impact de ces paramètres a été évalué en multipliant les mesures de perméabilité à l'air des réseaux sur un même réseau de ventilation, en conditions laboratoire, avec différents caissons de ventilation, différents plénums et différentes préparations du réseau.

3.2 Réseau de ventilation utilisé pour la campagne d'essais

Pour permettre la réalisation de cette campagne d'essai, le réseau de ventilation utilisé est celui construit pour l'étude préliminaire dénommé « Etanchéité des réseaux de ventilation simple flux en bâtiment d'habitation collectif – Fiabilité des mesures et impact sur les débits et la consommation des ventilateurs » (étude réalisée par le Cerema en amont du projet Promevent) [19].

Le réseau est composé :

- ✓ de conduits circulaires en GALVA ;
- ✓ d'accessoires GALVA à joints (coudes, registres, Té équerre, Té souche, raccord mâle, réduction conique, trappe de visite).

Le dimensionnement du réseau correspond à un d'habitation collectif de 4 appartements (Figure 19).

Notons que l'ensemble des mesures de perméabilité à l'air du réseau décrites dans ce rapport sont réalisées en dépressurisation, ce qui correspond au mode de fonctionnement du réseau aéraulique pour une ventilation simple flux autoréglable.



Figure 19 : Réseau de ventilation utilisé dans le cadre de la campagne d'essais

3.3 Évaluation de l'influence de la position de la prise de pression sur une mesure d'étanchéité à l'air d'un réseau de ventilation

3.3.1 Présentation des manips D, E et F

3.3.1.1 Manip D : Essais en dépressurisation – réseau de classe B

Dans cette première série d'essais, l'influence de la position de la prise de pression sur la mesure d'étanchéité à l'air d'un réseau de ventilation est évaluée pour 10 configurations différentes synthétisées dans le Tableau 5.

Tableau 5 : Essais réalisés pour évaluer l'impact de la prise de pression (position, qualité) – Manip D

N° essai	Position de la prise de pression vis à vis du ventilateur	Perturbation sur le tube de mesure de pression	Perturbation sur le tube de mesure de débit
1	inférieure à 3 m	aucune	aucune
2	entre 3 m et 5 m	aucune	aucune
3 ¹	supérieure à 10 m	aucune	aucune
4	supérieure à 10 m	perturbation proche du matériel de mesure	aucune
5	supérieure à 10 m	perturbation proche de la prise de pression	aucune
6	supérieure à 10 m	aucune	perturbation
7	supérieure à 10 m	perturbation	perturbation
8 ²	supérieure à 10 m	aucune	aucune

¹ aucune attention n'a été apportée aux flexibles lors de leur positionnement au niveau du sol mais aucune perturbation volontaire n'a été créée.

² une attention particulière a été apportée aux flexibles lors de leur positionnement au niveau du sol pour s'assurer d'obtenir un écoulement aéraulique le moins perturbé possible.

9	Proche du matériel : branchement Té souche – position A	aucune	aucune
10	Proche du matériel : branchement Té souche – position B	aucune	aucune

Dans le cas de ces dix mesures réalisés dans cette manip D :

- la mesure de perméabilité à l'air du réseau de ventilation est réalisée en dépressurisation ;
- la configuration du réseau de ventilation correspond à une classe d'étanchéité à l'air B au sens de la norme NF EN 12237.

La Figure 20 illustre cette première série de mesure.



Figure 20 : Identification de la prise de pression du matériel de mesure de la perméabilité à l'air des réseaux de ventilation

3.3.1.2 Manip E : Essais en dépressurisation – réseau très fuyard

Dans cette deuxième série d'essais, l'influence de la position de la prise de pression sur la mesure d'étanchéité à l'air d'un réseau de ventilation est évaluée pour 5 configurations différentes synthétisées dans le Tableau 6.

Tableau 6 : Essais réalisés pour évaluer l'impact de la prise de pression (position, qualité) – Manip E

N° essai	Position de la prise de pression vis à vis du ventilateur	Perturbation sur le tube de mesure de pression	Perturbation sur le tube de mesure de débit
14	supérieure à 10 m (orifice « parasite » dans l'alignement de la prise de pression)	aucune	aucune
15	Proche du matériel : branchement Té souche	aucune	aucune
16	inférieure à 3 m	aucune	aucune
17	supérieure à 3 m	aucune	aucune
18	supérieure à 10 m	aucune	aucune

	(orifice « parasite » décalé par rapport à la prise de pression)		
--	--	--	--

Dans le cas de ces trois mesures réalisés dans cette manip E :

- la mesure de perméabilité à l'air du réseau de ventilation est réalisée en dépressurisation ;
- la configuration du réseau de ventilation ne correspond à aucune classe d'étanchéité à l'air au sens de la norme NF EN 12237 : il est « hors classe » (2 x supérieur à la classe A). Cette configuration correspond a un réseau de ventilation de mauvaise qualité en terme d'étanchéité à l'air. L'orifice « parasite » permettant de dégrader significativement la classe d'étanchéité à l'air du réseau de ventilation est localisé en un seul point (au niveau de l'emplacement d'une bouche d'extraction). Les Figure 21 et Figure 22 illustrent ces configurations.

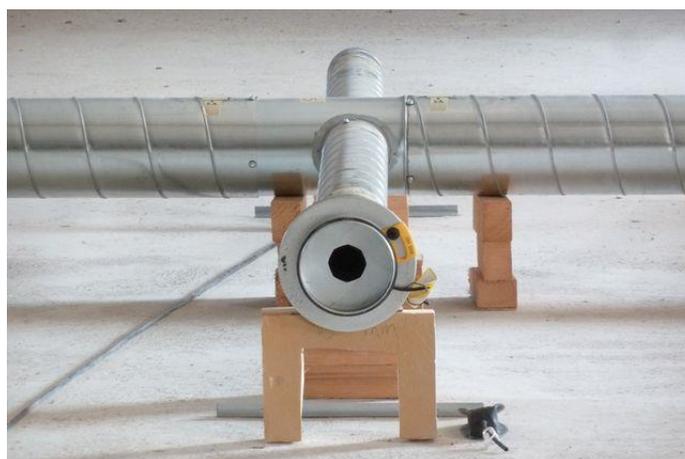


Figure 21 : Positionnement de l'orifice à l'emplacement d'une bouche d'extraction permettant la dégradation de l'étanchéité à l'air de celui-ci

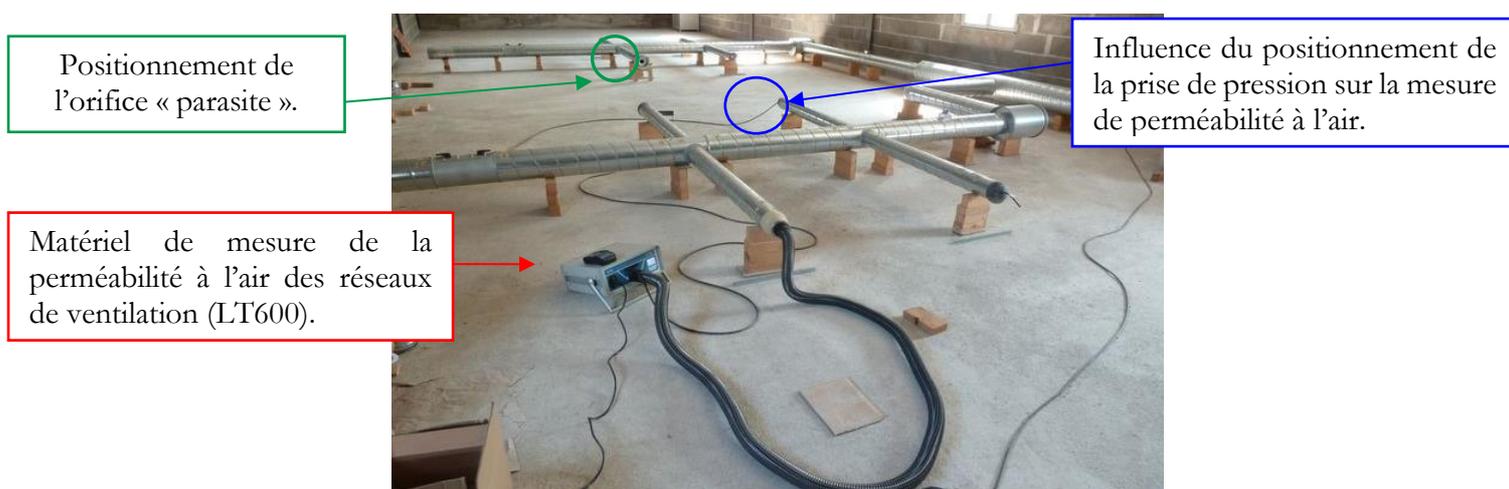


Figure 22 : Identification de la prise de pression, de l'orifice « parasite », du matériel de mesure de la perméabilité à l'air des réseaux de ventilation

3.3.1.3 Manip F : Essais en pressurisation – réseau fuyard

Dans cette troisième série d'essais, l'influence de la position de la prise de pression sur la mesure d'étanchéité à l'air d'un réseau de ventilation est évaluée pour 3 configurations différentes synthétisées dans le Tableau 7.

Tableau 7 : Essais réalisés pour évaluer l'impact de la prise de pression (position, qualité) – Manip F

N° essai	Position de la prise de pression vis à vis du ventilateur	Perturbation sur le tube de mesure de pression	Perturbation sur le tube de mesure de débit
11	Proche du matériel : branchement Té souche	aucune	aucune
12	inférieure à 3 m	aucune	aucune
13	supérieure à 10 m	aucune	aucune

Dans le cas de ces trois mesures réalisés dans cette manip F :

- la mesure de perméabilité à l'air du réseau de ventilation est réalisée en pressurisation ;
- la configuration du réseau de ventilation ne correspond à aucune classe d'étanchéité à l'air au sens de la norme NF EN 12237 : il est « hors classe » (1,2 x supérieur à la classe A). Cette configuration correspond à un réseau de ventilation de mauvaise qualité en terme d'étanchéité à l'air. Les orifices permettant de dégrader la classe d'étanchéité à l'air du réseau de ventilation sont répartis de manière homogène sur l'ensemble du réseau. La Figure 23 illustre le dispositif permettant de modifier la classe d'étanchéité du réseau.

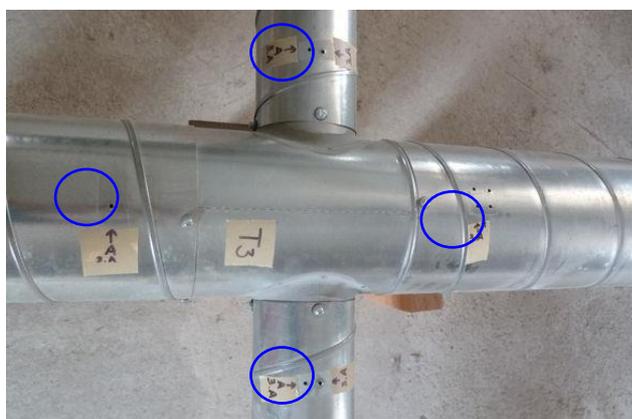


Figure 23 : Positionnement des orifices sur l'ensemble du réseau permettant la dégradation de l'étanchéité à l'air de celui-ci

3.3.2 Résultats des manip D, E et F : influence de la position de la prise de pression

Les résultats de ces mesures pour les 10 positions de la manip D (mesures en dépressurisation sur un réseau de classe A) sont rassemblés dans la Figure 24. On observe un écart maximal de 1,9 m³/h sur le débit de fuite mesuré en dépressurisation, à -154 Pa, soit environ 16%. Dans la grande majorité des cas, ce niveau d'écart n'entraînera pas de changement de résultat en termes de classe d'étanchéité du réseau caractérisé (les débits de fuite seuils de chaque classe présentent un facteur 3 d'une classe à la suivante).

Pression différentielle égale à - 154 Pa

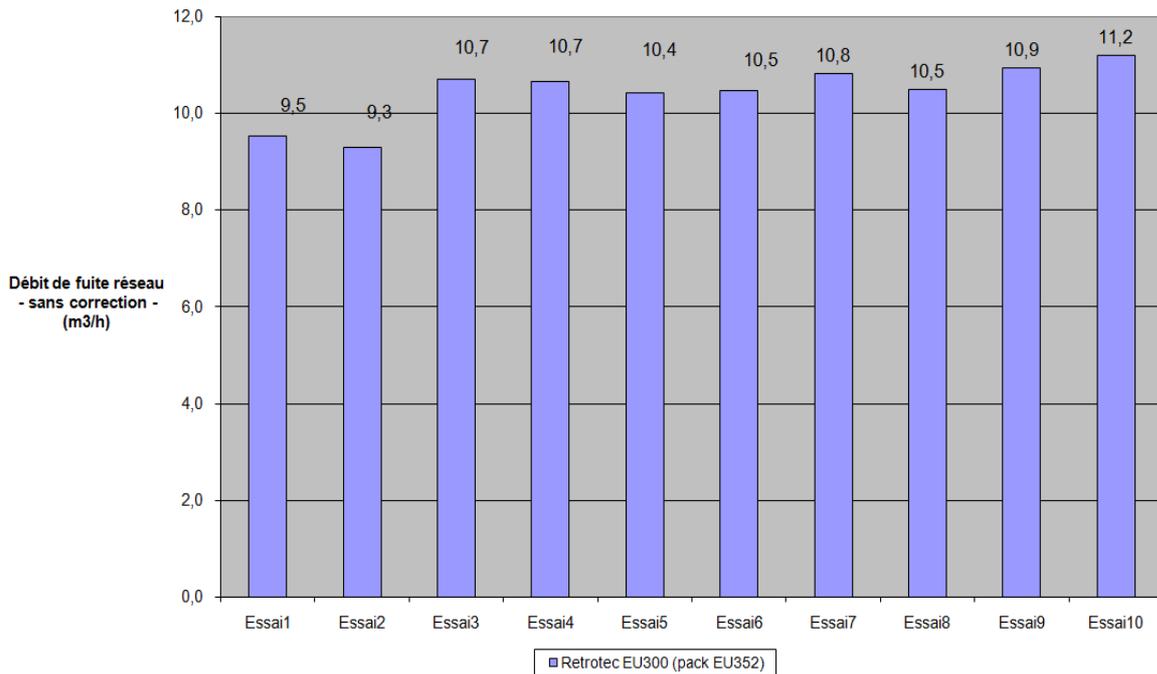


Figure 24 : Influence de la position de la prise de pression pendant une mesure de perméabilité à l'air en dépressurisation d'un réseau de ventilation de classe B

Cinq essais complémentaires (manip E) ont été réalisés en dépressurisation mais pour un réseau plus fuyard (2 fois supérieur à la classe A, fuite supplémentaire localisée en un point).

Les résultats de mesures pour ces 5 positions, rassemblés dans la Figure 25, présentent un écart maximal de 17,2 m³/h sur le débit de fuite mesuré en dépressurisation, à -159 Pa, soit environ 13%. La position de la prise de pression de l'appareil de mesure n'entraîne donc pas d'impact important sur le résultat de la mesure, c'est-à-dire de changement de classe, quel que soit le niveau d'étanchéité à l'air du réseau, lorsque la mesure est réalisée en dépressurisation.

Pression différentielle égale à - 159 Pa

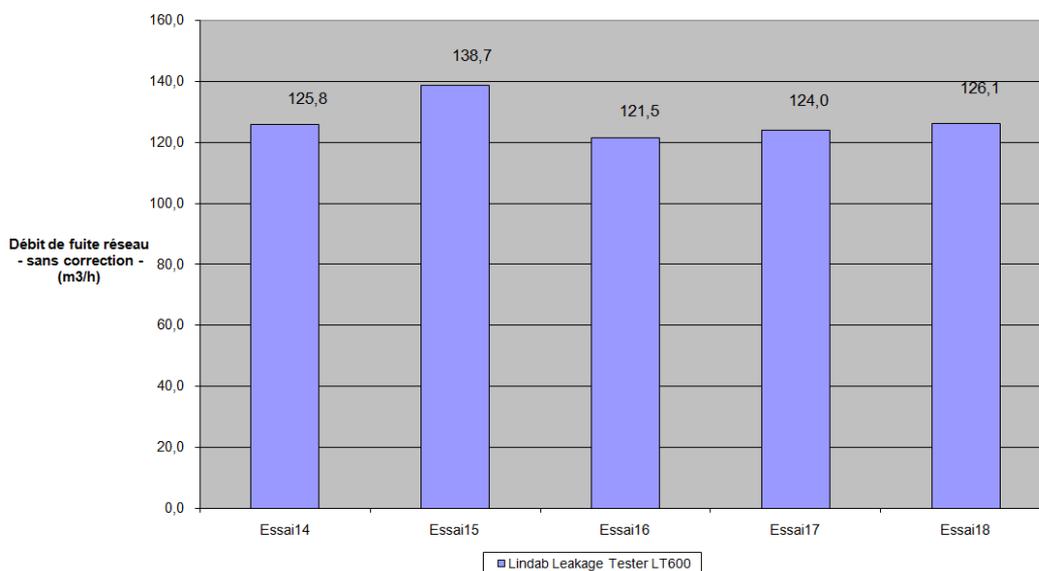


Figure 25 : Influence de la position de la prise de pression pendant une mesure de perméabilité à l'air en dépressurisation d'un réseau de ventilation fuyard

Une troisième série (manip F) d'essais a été réalisée cette fois en pressurisation, avec un réseau de ventilation de mauvaise qualité en termes d'étanchéité à l'air (1,2 x supérieur à la classe A), avec des fuites réparties de façon homogène sur l'ensemble du réseau, ce qui correspond également à des situations qui semblent défavorables. La Figure 26 présente les résultats de cette série d'essais.

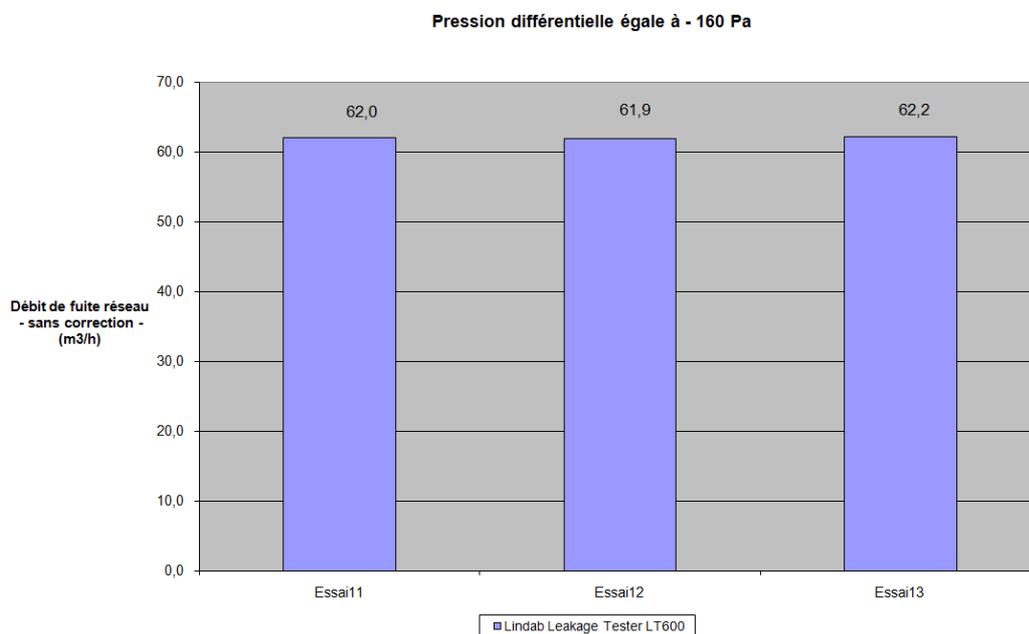


Figure 26 : Influence de la position de la prise de pression pendant une mesure de perméabilité à l'air en pressurisation d'un réseau de ventilation fuyard

Cette dernière série d'essais confirme les résultats des deux précédentes : la position de la prise de pression de l'appareil de mesure n'impacte pas de façon significative le résultat de la mesure de perméabilité à l'air des réseaux en termes de classe d'étanchéité. Néanmoins, les essais ont montré des écarts entre 13% et 16% du débit de fuite mesuré qui, même s'ils n'entraînent pas de changement de classe, méritent d'être indiqués dans le protocole.

3.4 Évaluation de l'impact de la prise en compte du caisson sur une mesure de perméabilité à l'air d'un réseau de ventilation

3.4.1 Présentation de la manip G

Ces essais ont été réalisés pour évaluer l'impact de l'intégration du caisson de ventilation dans la partie de réseau soumise à l'essai est étudié. Les trois caissons présentés précédemment ont été testés avec plusieurs configurations de colmatage au niveau du caisson.

Notons que dans le cadre des mesures effectuées, les caissons d'extraction étudiés comprennent les manchettes fabricants associées. La Figure 27 illustre l'un des caissons utilisés dans cette série de mesures.

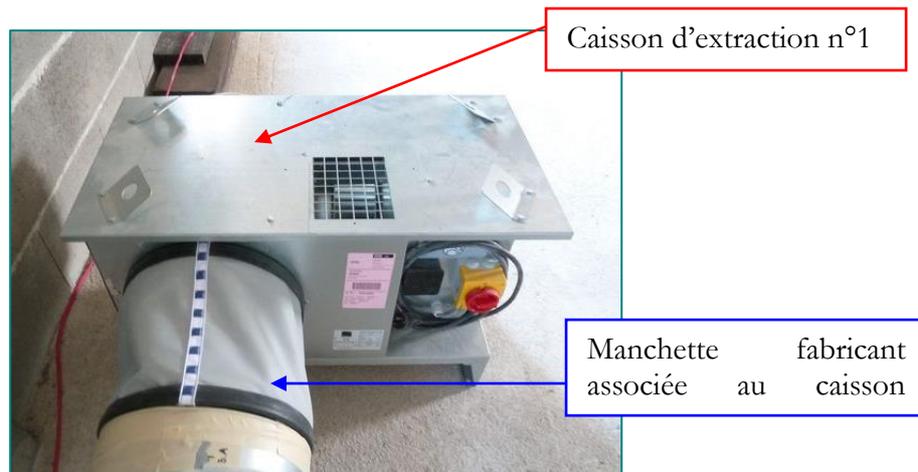


Figure 27 : Caisson d'extraction n°1

Pour chacun des trois caissons, cinq configurations ont été identifiées. Au total, quinze mesures ont été effectuées, synthétisées dans le Tableau 8.

Tableau 8 : Configurations de mesure mise en œuvre pour les trois caissons

Essai Caisson n°1	Essai Caisson n°2	Essai Caisson n°3	Éléments colmatés	Types de colmatage	Objectif de la configuration
1	6	11	Ensemble des ouïes présentes sur l'extérieur du caisson d'extraction	Adhésif	Évaluer la prise en compte du caisson en totalité dans la partie de réseau soumise à l'essai
2	7	12	Volute positionnée à l'intérieur du caisson d'extraction	Adhésif	Évaluer la prise en compte en partie du caisson dans la partie de réseau soumise à l'essai
3	8	/	Sortie du caisson d'extraction	Vessie	Évaluer la prise en compte de la manchette dans la partie de réseau soumise à l'essai
4	9	13	Sortie du caisson d'extraction Liaisons manchettes par rapport au caisson et par rapport au réseau	Vessie Adhésif	Évaluer la porosité de la manchette
/	/	14	Volute positionnée à l'intérieur du caisson d'extraction + la manchette y compris les liaisons	Adhésif	Évaluer la prise en compte en partie du caisson dans la partie de réseau soumise à l'essai (sans la manchette)
5	/	/	Réseau de ventilation	Vessie	Évaluer la perméabilité du réseau seul (sans manchette, ni caisson)
/	10	/	Sortie caisson Manchette caisson y compris les liaisons	Vessie Adhésif	
/	/	15	Réseau de ventilation	Bouchon avec double joint	

3.4.1 Résultats de la manip G : impact de l'intégration du caisson dans la partie de réseau soumise à l'essai

Les mesures réalisées lors de cette manipulation ont permis de mettre évidence l'impact de l'intégration du caisson de ventilation dans la partie de réseau soumise à l'essai, pour trois caissons de ventilation différents (cette évaluation a été réalisée pour un réseau présentant une bonne étanchéité à l'air - Classe B, situation pour laquelle l'impact du caisson sera maximal). En effet, la Figure 28 présente des résultats de mesure très variables en fonction de la prise en compte de tout ou partie du caisson de ventilation. Des écarts de 0,3 m³/h à plus de 132 m³/h ont été mesurés, ce qui peut entraîner in fine un écart de classement du réseau de 2 classes d'étanchéité à l'air.

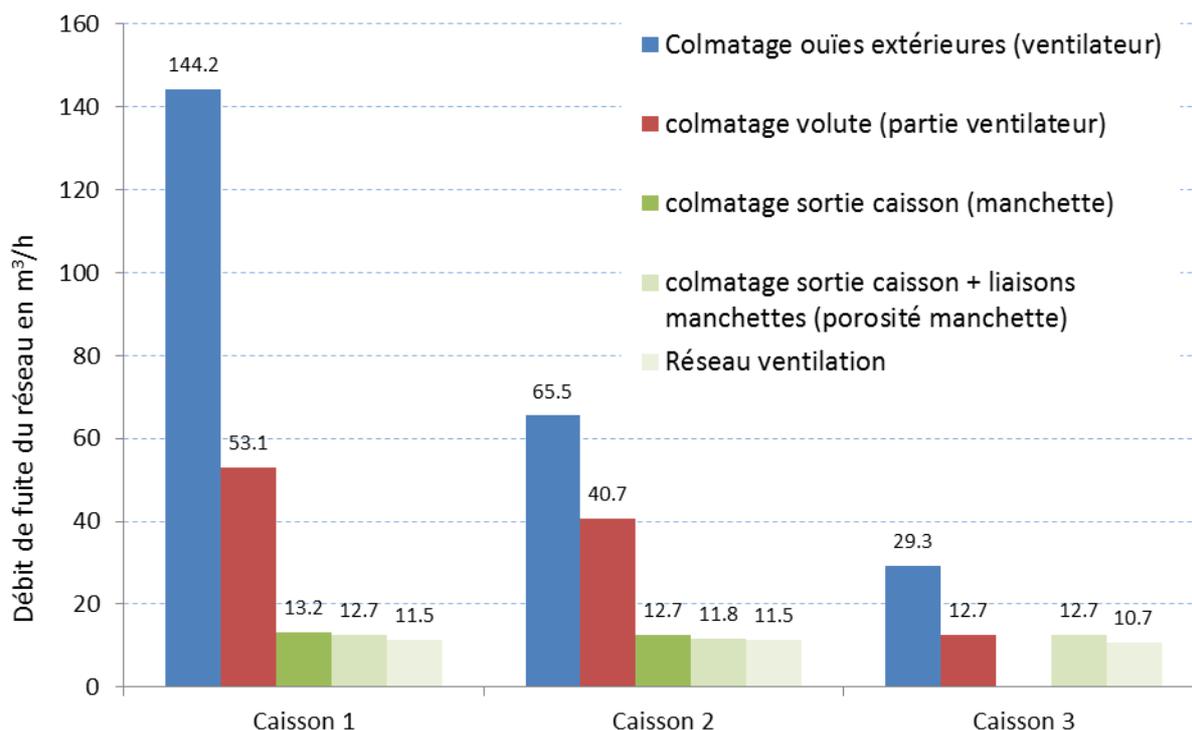


Figure 28 : Résultats des mesures de perméabilité à l'air d'un réseau en fonction de la prise en compte de parties ou de la totalité du caisson

Le caisson de ventilation ayant un impact important sur le résultat final de l'étanchéité à l'air du réseau, il convient de prendre en compte avec attention ce composant dans le cadre de la préparation du réseau en vue de la mesure de perméabilité à l'air.

3.5 Évaluation de l'impact de la prise en compte d'un plénum sur une mesure de perméabilité à l'air d'un réseau de ventilation

3.5.1 Présentation de la manip H

Cette série d'essais a pour objectif d'évaluer l'impact de la prise en compte d'un plénum dans la partie de réseau mesurée, pour 2 types de plénums, sur la valeur finale de la mesure de perméabilité à l'air du réseau de ventilation. Les deux types de plénum testés sont :

- Plénum 1 : qualité standard sans traitement d'étanchéité à l'air particulier ;
- Plénum 2 : qualité supérieure d'un point de vue de son traitement de l'étanchéité à l'air.

Pour permettre d'obtenir une variation significative de la valeur finale de la perméabilité à l'air du réseau de ventilation, 3 plénums du même type ont insérés dans le réseau de ventilation pour chaque mesure.

Pour cela, trois configurations pour chaque plénum ont été mesurées afin d'évaluer la perméabilité à l'air du réseau de ventilation. Au total, six mesures ont été effectuées

Tableau 9 : Configurations de mesure mise en œuvre pour les 3 caissons

Plenums 1 (PFU 20)	Plenums 2 (PFU Air proof)	Éléments colmatés	Types de colmatage	Objectif de la configuration
1	4	Grille GFC10	adhésif	Évaluer la sensibilité du plénum et de son accessoire associé
2	6	Emplacement de la grille GFC10	adhésif	Évaluer la sensibilité du plénum
3	5	Sortie du réseau de ventilation où son positionné les plenums caisson d'extraction	vessie	Évaluer la perméabilité à l'air du réseau de ventilation

Notons que l'étude de sensibilité réalisée porte sur le plénum ainsi que sur son accessoire. La Figure 29 illustre l'installation des plenums dans le réseau.



Figure 29 : Plénum et grille associée

3.5.2 Résultats de la manip H : Evaluation de l'impact de la prise en compte d'un plénum sur une mesure d'étanchéité à l'air en dépressurisation d'un réseau de ventilation

Lorsqu'un réseau intègre des plenums, les remontées terrain des mesureurs pointent la difficulté d'intégrer les plenums dans la section de mesure. Le FD E51-767 (publié en mars 2014) impose une pénalité de 30% du débit de fuite mesuré lorsqu'aucun plénum (s'il y en a dans le réseau) n'est pas intégré dans la mesure. La manip H a pour objectif d'apporter des données expérimentales pour alimenter les discussions sur une redéfinition de cette pénalité. La Figure 30 présente les résultats de mesures obtenues avec un type de plénum installé sur le réseau expérimental.

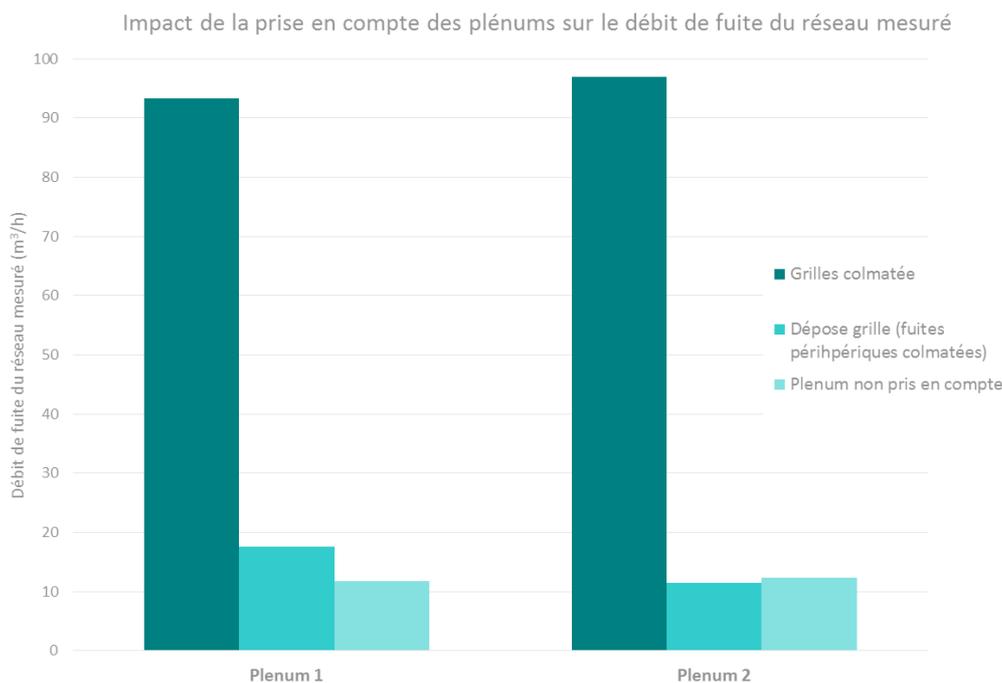


Figure 30 : Impact de la prise en compte des plénums sur le résultat de la mesure de la perméabilité à l'air d'un réseau

Cette étude présente cependant des limites :

- seuls 2 types de plénums ont pu être analysés ;
- le nombre de plénums dans le réseau est très arbitraire et non représentatif ;
- seul un réseau a été testé.

Néanmoins, cette étude confirme l'importance des fuites qui peuvent exister au niveau des plénums, et donc la nécessité de conserver une pénalité lorsque la mesure n'inclut pas les plénums présents, et également de spécifier le protocole de colmatage des plénums inclus dans la mesure.

3.6 Évaluation de l'impact d'une perturbation aéraulique en sortie du ventilateur de l'appareil de mesure de la perméabilité à l'air d'un réseau de ventilation

3.6.1 Présentation de la manip I

L'objectif de cette quatrième série d'essais est d'évaluer la sensibilité du résultat de la mesure de perméabilité à l'air du réseau vis à vis de la présence d'une perturbation aéraulique en sortie du ventilateur du matériel de mesure. Pour cette manipulation, les essais ont été réalisés avec deux matériels de mesure. La perturbation aéraulique est créée par un obstacle (boîte de rangement ou carton) positionné très proche de la sortie du ventilateur pendant la mesure de la perméabilité à l'air du réseau de ventilation, comme l'illustre la Figure 31.

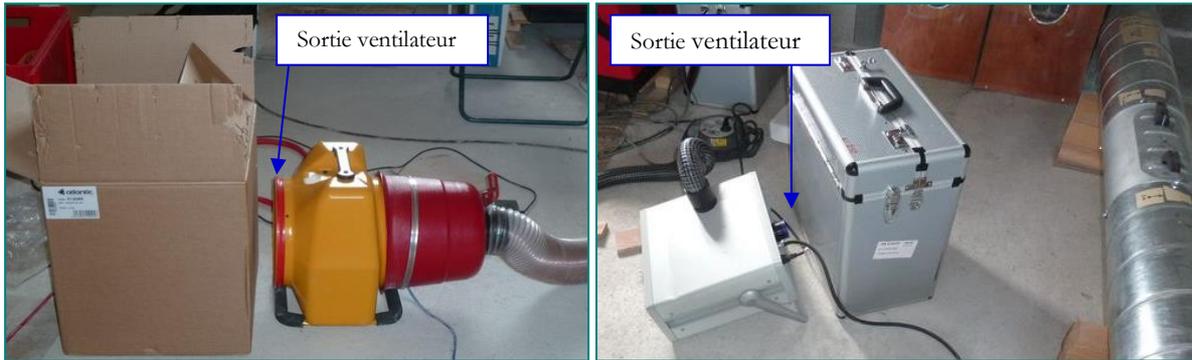


Figure 31 : Position de l'obstacle vis à vis des deux appareils de mesure

3.6.2 Résultats de la manip I : Évaluation de l'impact d'une perturbation aéraulique en sortie du ventilateur de l'appareil de mesure de la perméabilité à l'air d'un réseau de ventilation

Lorsqu'un réseau intègre des plénums, les remontées terrain des mesureurs pointent la difficulté d'intégrer les plénums dans la section de mesure. Le FD E51-767 (publié en mars 2014) impose une L'objectif de cette quatrième série d'essais est d'évaluer la sensibilité du résultat de la mesure de perméabilité à l'air du réseau vis à vis de la présence d'une perturbation aéraulique physique en sortie du ventilateur de l'appareil de mesure (obstacle physique placé devant l'appareil de mesure). La Figure 32 présente les résultats des mesures réalisées avec deux appareils de mesures différents. Cette manipulation montre que ce type de perturbation étudiée n'a pas d'impact sur le résultat de la mesure.

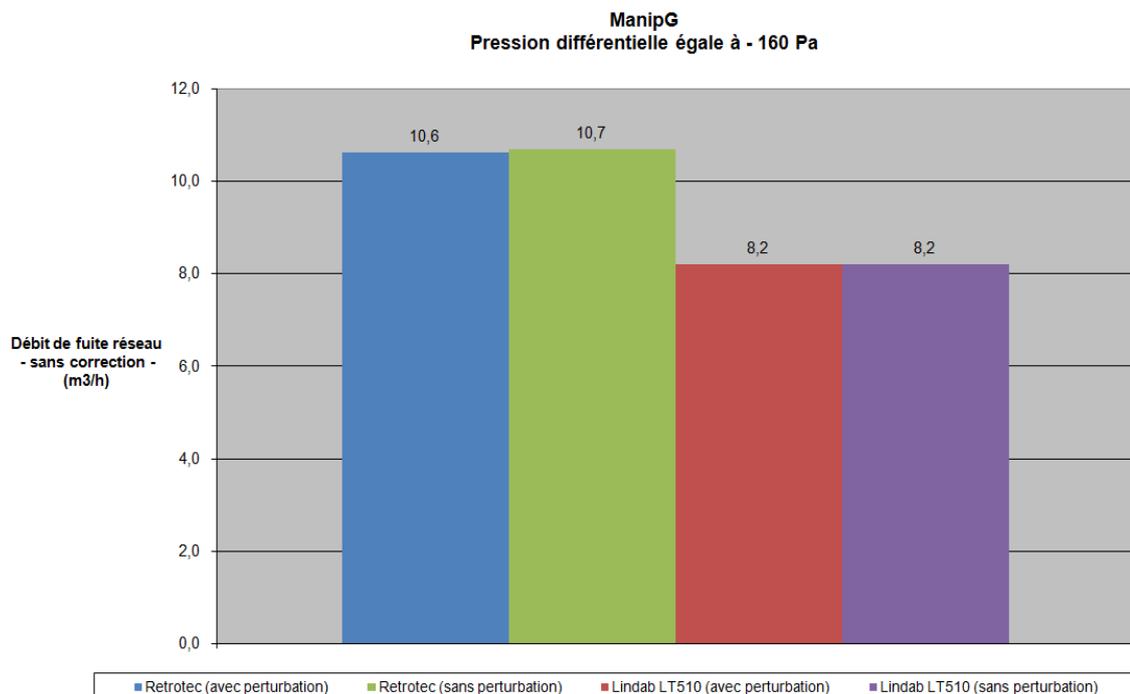


Figure 32 : Débits de fuite mesurés sur un réseau avec et sans perturbation, avec deux matériels de mesure différents

3.7 Conclusions des essais en laboratoire pour la mesure de perméabilité à l'air des réseaux de la campagne en laboratoire

L'analyse de essais réalisés en laboratoire concernant les mesures de perméabilité à l'air des réseaux montre que :

- la position de la prise de pression de l'outil de mesure de la perméabilité à l'air a peu d'influence sur le résultat de la mesure de la perméabilité à l'air d'un réseau de ventilation ;
- l'intégration des caissons d'extraction dans la partie de réseau soumise à l'essai a un impact important sur le résultat de la mesure de la perméabilité à l'air d'un réseau de ventilation, quelque que soit le type de caisson installé.
- La non-intégration des plénums d'extraction dans la partie de réseau soumise à l'essai a un impact important sur le résultat de la mesure de la perméabilité à l'air d'un réseau de ventilation. La différence de qualité entre les 2 plénums testés n'est pas significative vis à vis du résultat de la mesure. Notons cependant que seulement trois plénums étaient installés sur le réseau ;
- une perturbation aéraulique en sortie du ventilateur n'impacte par le résultat de la mesure de la perméabilité à l'air d'un réseau de ventilation en dépressurisation.

4 Conclusion générale de la campagne en laboratoire

L'ensemble des mesures et diagnostics réalisés durant les campagnes en laboratoire et les campagnes in-situ seront analysés et discutés en tâche 3 afin de proposer un protocole unique, avec une incertitude de mesure quantifier. Cependant, des conclusions sur ces premiers résultats peuvent d'ores et déjà être données.

Tout d'abord, l'étalonnage du matériel ressort comme une problématique essentielle qui devra faire l'objet d'un point particulier dans le protocole proposé en tâche 3, à savoir :

- La fréquence d'étalonnage minimale à demander sur les différents types de matériel utilisés
- L'application ou non d'une correction des résultats à partir des données d'étalonnage
- L'identification d'une EMT maximale pour les différents matériels de mesure.

Le choix de la technologie de matériel en fonction de la technologie des équipements mis en œuvre sur le terrain fait également l'objet d'un point d'attention, qui devra être débattu en fonction des niveaux d'incertitude acceptable et des obligations ou recommandations envisageable dans le cadre d'un protocole normatif.

5 Références bibliographiques

- [1] Cerema. Contrôle du respect des règles de construction – Guide de contrôle de la ventilation - méthodologie. Version provisoire. Juin 2014. 31p.
- [2] OQAI (2013), Base de référence sur la qualité de l'air intérieur, le confort et les consommations énergétiques des bâtiments performants en énergie - stratégie générale de collecte des données, Protocole n° OQAI-CSTB-2012-106, février 2013, 31p.
- [3] Effinergie. Protocole de contrôle des systèmes de ventilation des bâtiments demandant le label effinergie+. Version 2. Janvier 2013. 13p.
- [4] HM Government. Domestic Ventilation – Compliance Guide. 2010 Edition (with 2011 amendments). 63p.
- [5] STS-P 75-1 : Systèmes pour la ventilation hygiénique dans les applications résidentielles – Projet de document. 30 juin 2014. 61p.
- [6] P-J. Vialle (CETIAT), P. Barles (PBC) et al. Diagnostic des Installations de ventilation dans les bâtiments résidentiels et tertiaires – Guide pratique DIAGVENT. 2005. 40p.
- [7] Boverket. General Guidelines 1992: 3E – Checking the Performance of Ventilation Systems. The Swedish National Board of Building Housing and Planning. Karlskrona. 1994.
- [8] NF EN 12599 : Ventilation des bâtiments – procédures d'essai et méthodes de mesure pour la réception des installations de ventilation et de climatisation installées. AFNOR, 2000.
- [9] NF EN 14134 : Ventilation des bâtiments – Essai de performances et de contrôles d'installation des systèmes de ventilation résidentiels. AFNOR, 2004.
- [10] NF EN 152404 : Systèmes de ventilation pour les bâtiments – Performance énergétique des bâtiments – Lignes directrices pour l'inspection des systèmes de conditionnement d'air. AFNOR, 2007.
- [11] NF EN 15239 : Ventilation des bâtiments – Performance énergétique des bâtiments – Lignes directrices pour l'inspection des systèmes de ventilation. AFNOR, 2007.
- [12] FD E 51-767 : Ventilation des bâtiments – Mesures d'étanchéité à l'air des réseaux. AFNOR, 2010.
- [13] VIA-Qualité. Projet CORTEA. Protocoles de la campagne de mesure. 2014. 40p.
- [14] Protocoles Services. Fiche autocontrôle – Ventilation mécanique contrôlée double flux autoréglable en maison individuelle. 2014. 4 p.
- [15] Protocoles Services. Fiche autocontrôle – Ventilation mécanique contrôlée simple flux hygroréglable type A ou B en bâtiment collectif d'habitation. 2014. 4 p.
- [16] Protocoles Services. Fiche autocontrôle – Ventilation mécanique contrôlée simple flux hygroréglable type A ou B en maison individuelle. 2014. 4 p.
- [17] JCGM. Vocabulaire international de métrologie – Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM) – 3^{ème} édition. 2008. 108 p.

[18] Caré, I., Chaffois, P., Henry, P. 2013. Guide des bonnes pratiques des mesures de débit d'air sur site pour les installations de ventilation. Cetiati, France.

[19] Berthault S., Boithias F., Leprince V., Perméabilité à l'air des réseaux de ventilation simple flux dans les bâtiments d'habitation collectifs. Rapport UJF – Bâtiment Durable, 2014, 178p.

Résumé

L'objectif de la campagne d'évaluation des protocoles existants – phase laboratoire est d'identifier les sources et les niveaux d'incertitude des protocoles utilisés en France pour caractériser la performance des systèmes de ventilation. La phase laboratoire se décline en une première partie d'étalonnage du matériel avant et après utilisation sur terrain, et une deuxième partie d'étude de sensibilité réalisée sur banc d'essai et sur réseau complet en conditions de laboratoire.

L'ensemble des mesures et diagnostics réalisés durant la campagne ont mis en avant plusieurs résultats, utilisés ensuite dans l'élaboration du protocole Promevent et son guide d'accompagnement.

Tout d'abord, l'étalonnage du matériel ressort comme une problématique essentielle qui devra faire l'objet d'un point particulier dans le protocole. Le choix de la technologie de matériel en fonction de la technologie des équipements mis en œuvre sur le terrain fait également l'objet d'un point d'attention, qui devra être débattu en fonction des niveaux d'incertitude acceptable et des obligations ou recommandations envisageable dans le cadre d'un protocole normatif.

Enfin, l'installation de l'appareil de mesure et la préparation de la partie de réseau à soumettre à essai doivent être réalisées avec attention lors de la réalisation d'une mesure de perméabilité à l'air des réseaux.



Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

Appel à Projets Recherche

"Vers des bâtiments responsables à horizon 2020"

Édition 2014