

VENTILATION MECANIQUE PONCTUELLE DOUBLE-FLUX

DECEMBRE 2021



AVANT-PROPOS

Avec le programme PROFEEL, la filière Bâtiment s'est rassemblée pour répondre collectivement aux défis de la rénovation énergétique. 16 organisations professionnelles ont été à l'initiative de cette démarche et, continuent aujourd'hui à la porter activement.

PROFEEL se compose concrètement de 9 projets, positionnés sur trois grands enjeux : favoriser le déclenchement des travaux de rénovation, garantir la qualité des travaux réalisés et consolider la relation de confiance entre les professionnels. Ces projets s'appuient sur l'innovation, qu'elle soit technique ou numérique, afin de mieux outiller les professionnels du bâtiment, d'améliorer les pratiques sur le marché de la rénovation énergétique et de garantir la qualité des travaux réalisés. Ces outils permettront d'accompagner les acteurs durant toutes les étapes d'un projet de rénovation : en amont, pendant et après les travaux.

Dans le cadre du projet BONNES PRATIQUES, un des 9 projets PROFEEL, 14 nouveaux outils pratiques sont développés pour accompagner les professionnels dans la conception, la mise en œuvre et la maintenance de solutions techniques, clés ou innovantes de rénovation énergétique. Cette nouvelle collection d'outils s'inscrit dans la continuité des référentiels techniques produits dans le cadre de précédents programmes portés par la filière Bâtiment : PACTE et RAGE.

Le présent document est le fruit d'un travail collectif des différents acteurs de la filière bâtiment en France.

Pour plus d'information : <https://programmeprofeel.fr/>

PARTENAIRES PROFEEL :

Pouvoirs Publics



Porteurs



Financiers



Filière Bâtiments

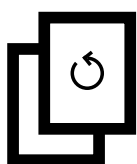


PROFEEL, un programme financé par le dispositif des certificats d'économie d'énergie (CEE)



SOMMAIRE

1	INTRODUCTION	4
2	ETAT DE L'ART	5
3	APPLICATION EN SECTEUR RESIDENTIEL	11
4	APPLICATION EN SECTEUR TERTIAIRE	19
5	LES ETAPES D'UN PROJET	26
6	ETUDE DE CAS – ETABLISSEMENT SCOLAIRE	37
7	RETOURS D'EXPERIENCES	40
8	EXPERIMENTATION PAR L'INSTRUMENTATION	50
9	CONCLUSION	64



VERSION
Initiale

DATE DE LA PUBLICATION
Décembre 2021

MODIFICATIONS

1

INTRODUCTION

La ventilation décentralisée existe en France depuis le début de la ventilation mécanique par la commercialisation de systèmes simple-flux, généralement utilisés pour l'extraction dans les pièces humides. L'évolution des exigences énergétiques, économiques et de qualité d'air ont fait évoluer ce type de produit afin de l'associer à une récupération d'énergie sur l'air extrait, développant ainsi les systèmes double-flux décentralisés.

Le nombre de sites équipés de ces systèmes étant relativement faible en France, les professionnels du bâtiment sont confrontés à une bibliographie et un retour terrain quasi inexistant, ne facilitant pas le développement et la promotion de ces technologies.

Dans ce contexte, le COSTIC a été missionnée dans le cadre du programme PROFEEL pour apporter un appro-

fondissement des connaissances sur ces systèmes. Pour répondre à cette problématique, le sujet a été traité en trois étapes distinctes.

La première étape est la réalisation d'un état de l'offre en 2021 et d'une étude de marché existant. Le sujet traite le secteur résidentiel mais également tertiaire. La seconde partie est la description d'un projet d'intégration de cette technologie de la conception à la maintenance.

La troisième partie est la validation des acquis et l'évaluation des performances de ces solutions. Pour cela, un travail d'investigation a été mené auprès des professionnels de la ventilation, concepteurs, fabricants et maîtres d'ouvrages pour acquérir un retour terrain significatif.



ETAT DE L'ART

2 1 CONTEXTE

Les logements individuels et collectifs représentent environ un tiers des consommations énergétiques en France. Afin de réduire les consommations de ce poste, diverses aides ont été mises en place pour inciter les propriétaires à améliorer la performance énergétique de leurs bâtiments. Lors des rénovations de bâtiments, les travaux réalisés concernent généralement un renforcement de l'isolation, par l'intérieur ou par l'extérieur et des actions pour améliorer l'étanchéité de l'enveloppe. Lorsque l'étanchéité est renforcée, il est alors nécessaire de prévoir un renouvellement d'air permanent dans le logement par une **Ventilation Mécanique Contrôlée « VMC »** par exemple.

Dans certains bâtiments construits entre 1955 et 1962, il est souvent constaté des conduits d'aération rendant possible l'installation de conduits nécessaires à une VMC. Pour tous les bâtiments construits avant 1955 où les conduits d'aération sont rares, la **Ventilation Mécanique Ponctuelle « VMP »** est une alternative intéressante avec une mise en œuvre rapide et localisée.

En Allemagne, la volonté de ne pas concevoir le système de ventilation autour du principe de balayage a permis l'introduction de la VMP plus massivement dans le parc résidentiel, avec aujourd'hui des systèmes double-flux.

En France, le parc neuf en résidentiel est soumis au principe de balayage écartant la VMP des solutions possibles. Le parc neuf en tertiaire voit une marge de manœuvre moins contraignante qu'en résidentiel donnant la possibilité à la VMP (couplée à la VMC) de s'intégrer.

Le marché en France de la VMP est donc majoritairement axé sur le parc existant.

Les enjeux, la nature des besoins, les technologies ainsi que les réglementations à appliquer ne sont pas les mêmes dans les secteurs résidentiel et tertiaire. La première étape de l'ouvrage différencie alors ces deux secteurs et sont traités séparément.

2 2 QUELQUES DEFINITIONS

Principe de balayage : L'air doit pouvoir circuler librement des pièces principales vers les pièces de service.

[SOURCE : ARTICLE 2 DE L'ARRETE DU 24 MARS 1982 MODIFIE]

Ventilation Mécanique Répartie (VMR) : ventilation constituée d'aérateurs individuels placés dans les pièces de service (salles de bains, cuisine) assurant le renouvellement de l'air depuis les pièces principales jusqu'aux pièces de service par balayage.

[SOURCE : LABEL PROMOTELEC]

Ventilation Mécanique Ponctuelle (VMP) : système global qui assure la ventilation dans tout le logement, elle permet de traiter une ou plusieurs pièces et son fonctionnement est modulé en fonction du besoin (humidité, CO₂). Contrairement à la VMR, la VMP n'est pas un système de ventilation générale et permanente au sens de l'arrêté du 24 mars 1982 modifié.

[SOURCE : PROGRAMME PACTE]

Ventilation Mécanique double-flux : ventilation qui utilise des composants motorisés pour mouvoir l'air tant du côté de l'air fourni que du côté de l'air rejeté de façon à réaliser un rapport débit/pression désigné.

[SOURCE : NF EN 12792]

Ventilation Mécanique décentralisé : ventilation non commune à l'échelle d'un bâtiment. Un système décentralisé peut être soit individualisé, soit ponctuel. Leurs définitions sont les suivantes :

- **Individualisée :** elle assure au sein d'un même logement, le renouvellement de l'air d'un ensemble des pièces. L'amenée d'air et la sortie d'air ne sont pas dans les mêmes locaux.
- **Ponctuelle :** elle assure le renouvellement de l'air d'une unique pièce ou cas particuliers de pièces adjacentes.

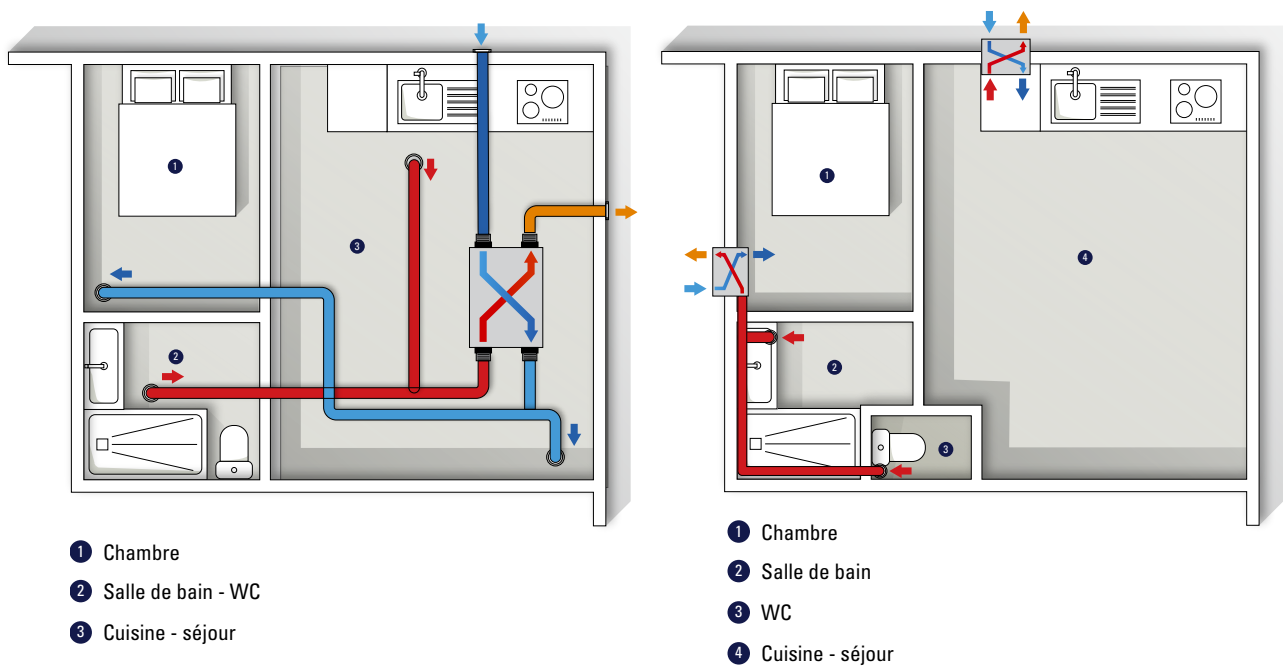


FIGURE 1 Systèmes individualisés (à gauche) et systèmes ponctuels (à droite)

Cet ouvrage s'intéresse aux systèmes dits ponctuels double-flux. Ne sont donc pas concernés dans cet ouvrage les technologies suivantes :

- Systèmes de **Ventilation Mécanique Répartie** « VMR »
- Systèmes de **Ventilation Mécanique Double-Flux** décentralisés et non ponctuels (individualisés)

Concernant les **VMP Double-Flux**, trois technologies distinctes :

- **VMP DFA : Ventilation Mécanique Ponctuelle Double-Flux Alternée**
- **VMP DFS : Ventilation Mécanique Ponctuelle Double-Flux Simultanée**
- **VMP DFST : Ventilation Mécanique Ponctuelle Double-Flux Simultanée avec Traitement d'air**

2

3

DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE

2.3.1 APPLICATION

L'intégration d'une VMP double-flux répond à un besoin de renouvellement de l'air lorsque le raccordement ou la mise en place d'un système centralisé est complexe ou très onéreuse. L'intérêt d'opter vers une solution double-flux permet d'assurer un renouvellement de l'air tout en minimisant les pertes thermiques grâce à un échangeur ou récupérateur de chaleur présent dans l'appareil.

Les bâtiments potentiellement concernés sont :

- Les logements collectifs
- Les salles d'enseignements, de formations et de réunions

- Les bureaux individuels
- Les espaces collectifs de travail « open space »
- Les salles d'accueil, d'attente, etc.
- Et les vestiaires collectifs

Comme la liste précédente le montre, certains systèmes sont conçus pour être installés dans un environnement humide (cuisine, salles de bains, vestiaires, etc.).

2.3.2 AVANTAGES / INCONVÉNIENTS

La ventilation mécanique ponctuelle n'a pas vocation à remplacer le marché de la ventilation centralisée mais à apporter une réponse à certaines configurations nécessitant de décentraliser localement la ventilation.

Les avantages :

- La ventilation ponctuelle assure le renouvellement de l'air par pièce, et permet donc d'ajuster les consommations au plus proches des besoins tout en limitant les pertes de chaleur en hiver
- L'unité est située en volume chauffé réduisant ainsi les pertes thermiques
- La technologie ne nécessite pas de conduits aérauliques limitant ainsi les coûts d'investissement et de fonctionnement
- L'implantation dans la pièce permet de s'affranchir de clapet coupe-feu
- L'implantation dans la pièce garantit l'accessibilité du matériel pour l'utilisateur, l'exploitant et le mainteneur

Les inconvénients :

- Une ventilation pièce par pièce peut induire une quantité d'appareils importante
- Le système est situé en volume chauffé est en communication directe avec l'extérieur. Un risque de condensation est possible dû à une non-continuité de l'isolation et de l'étanchéité de la paroi
- L'implantation d'une ventilation ponctuelle peut conduire à une gêne par l'effet de courant d'air si le système sélectionné n'est pas approprié au local ou non réglé
- Le niveau pression acoustique de ces unités est limité par des normes spécifiques à l'usage mais leur intégration induit une source sonore supplémentaire
- L'intégration de ce système induit des percements en façade dégradant l'esthétique du bâtiment et donc nécessite des autorisations auprès de la copropriété, du propriétaire du bien et éventuellement du service d'Urbanisme de la ville

2

4

TYPOLOGIES DE TECHNOLOGIES

2.4.1 VMP DOUBLE-FLUX ALTERNÉ « VMP DFA »

Une **VMP DOUBLE-FLUX ALTERNÉ** est défini comme un système assurant le soufflage et l'extraction de l'air grâce à un unique ventilateur fonctionnant par alternance.

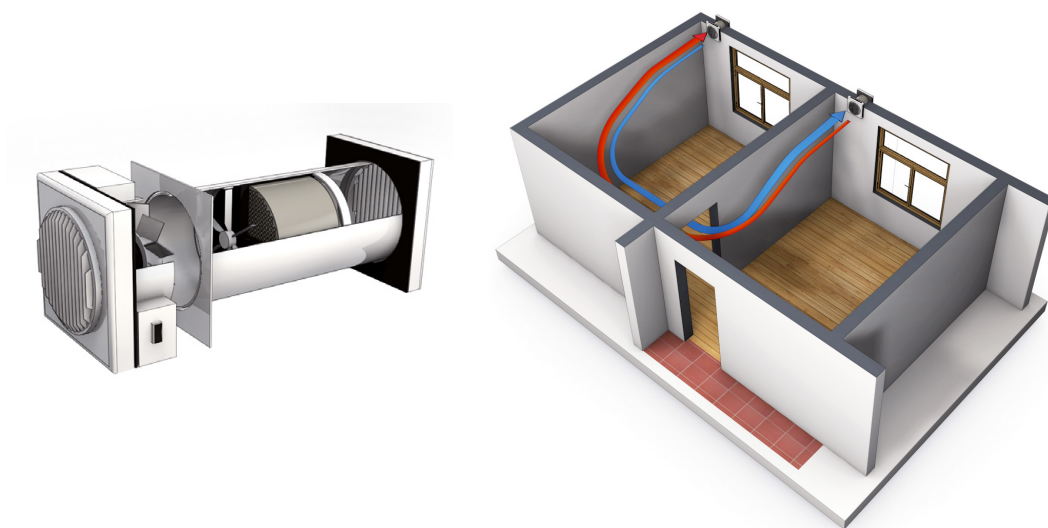


FIGURE 2 VMP Double-Flux Alterné « VMP DFA » en logement

L'implantation courante est principalement dans les pièces de vie telles que le salon/séjour et les chambres afin d'assurer un renouvellement de l'air « quasi » permanent et limiter l'augmentation du taux de CO₂ et d'humidité. Les pièces humides sont dans cette configuration, équipées d'extracteurs d'air simple flux. Dans ce cas, le débit d'air à extraire de la pièce humide sera régi par l'arrêt du 24 mars 1982.

Cependant, l'offre des fabricants donne également la possibilité d'intégrer une VMP DFA dans les pièces humides avec une régulation selon l'humidité. Dans ce cas, l'ensemble des systèmes implantés dans le logement peuvent être asservis entre eux afin d'assurer le principe de balayage au sein du logement.

Ce type d'appareil s'installe en façade et est destiné essentiellement pour l'habitat.

Des débits allant jusqu'à 100 m³/h permet d'assurer les débits réglementaires imposés par l'arrêt du 24 mars 1982. L'utilisation d'un accumulateur ne permet pas d'évaluer un rendement instantané. Le rendement de l'échangeur varie

au cours du temps et ne peut être comparé à un rendement d'un échangeur à plaques ou cylindrique.

Les avantages de la VMP DFA :

- Ventilateur à très faibles consommations
- Réglage selon 3 modes de fonctionnement (insufflation / reprise / alterné)
- Filtration à nettoyer, voire à remplacer

Les inconvénients de la VMP DFA :

- Absence de clapet automatisé (ouverture permanente sur l'extérieur, même à l'arrêt)
- Filtration souvent grossière
- Si le logement est équipé uniquement de VMP DFA, le balayage de l'air est à mi-temps inversé (de la pièce humide vers les pièces de vie)
- Portée relativement faible (local inférieur à 25 m² environ)
- Puissance acoustique non négligeable pour les pièces de sommeil

2.4.2 VMP DOUBLE-FLUX SIMULTANÉ « VMP DFS »

Une **VMP DOUBLE-FLUX SIMULTANÉ** est défini comme un système assurant le soufflage et l'extraction de l'air simultanément grâce aux deux ventilateurs présents dans l'appareil.

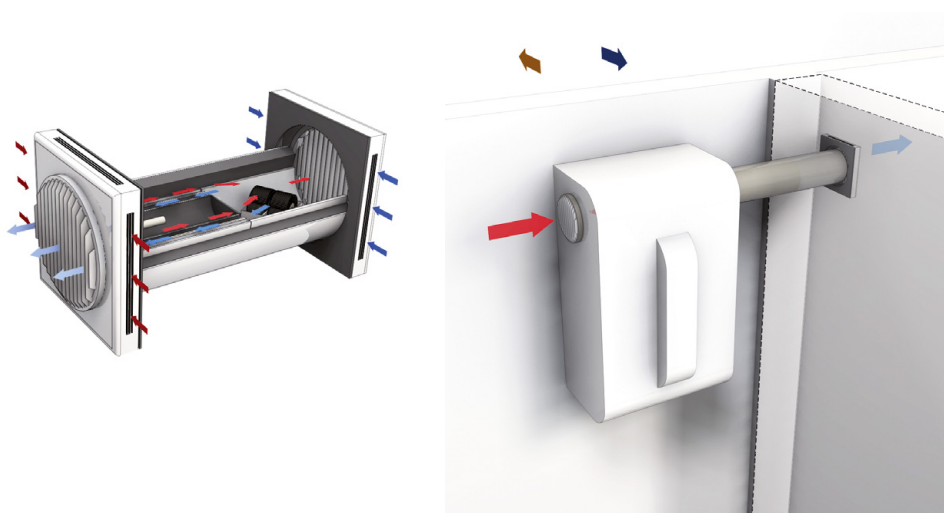


FIGURE 3 VMP Double-Flux Simultané « VMP DFS »

Ce type d'appareil s'installe en façade et est installé majoritairement en habitat mais se retrouve ponctuellement dans le secteur tertiaire pour traiter des locaux de petites tailles.

Deux implantations sont possibles :

- Dans les locaux à pollution spécifique (salle de bains, cuisine, etc.) → Limiter le taux d'humidité
- Dans les locaux à pollution non spécifique (salon, chambres, bureaux, etc.) → Limiter le taux de CO₂ et d'humidité.

Des débits allant jusqu'à 100 m³/h à vitesse maximale permet d'assurer les débits réglementaires d'un logement de type T3 et d'un local de petite taille en tertiaire.

Les avantages de la VMP DFS :

- Récupération de chaleur par échangeur à plaques, voir cylindrique
- Système léger facilitant la mise en œuvre

- Unique carottage dans le mur suffit pour l'installation
- Options complémentaires pour certaines offres (exemple : free-cooling)
- Systèmes souvent connectés pour un accès à distance
- Possibilité de raccorder un conduit pour traiter deux pièces (voir photo ci-dessus)
- Présence de clapets pour fermer le système hors fonctionnement

Les inconvénients de la VMP DFS :

- Entretien sur un filtre à l'extraction et au soufflage
- Ventilateur de soufflage et d'extraction à contrôler
- Consommation électrique plus importante
- Portée relativement faible (local inférieur à 25 m² environ)
- Puissance acoustique non négligeable pour les pièces de sommeil

2.4.3 VMP DOUBLE-FLUX SIMULTANÉ AVEC TRAITEMENT DE L'AIR « VMP DFST »

Une **VMP DOUBLE-FLUX SIMULTANÉ AVEC TRAITEMENT DE L'AIR** est défini comme un système assurant le soufflage et l'extraction de l'air simultanément grâce aux deux ventilateurs présents dans l'appareil et avec traitement de l'air soufflé.

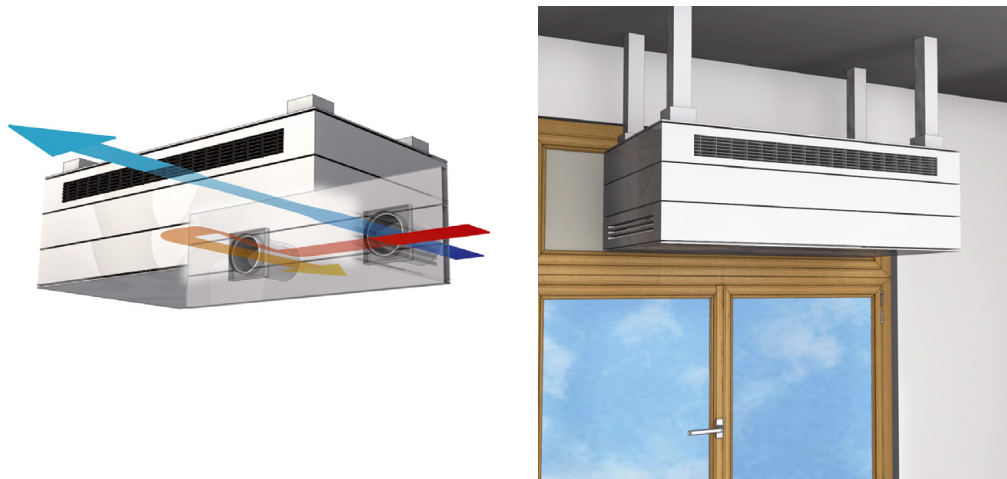


FIGURE 4 VMP Double-Flux Simultané « VMP DFST »

Les systèmes VMP DFST sont destinés essentiellement au traitement de l'air dans les locaux du secteur tertiaire. Ils assurent un renouvellement de l'air traité thermiquement dont le débit véhiculé est régulé en fonction du besoin. Pour assurer une qualité d'air au plus proche du besoin, il est possible de réguler le système en fonction du taux de CO_2 , d'humidité, de présence et de compléter la régulation de base par des options supplémentaires, telles que l'ajout d'une sonde de COV, contact de feuillure des ouvrants, etc. Ce type d'appareil s'installe en allège, en faux-plafond. Possibilité d'installer plusieurs appareils en un même local afin de traiter les grands espaces.

Des débits allant jusqu'à $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ à vitesse maximale permet d'assurer les débits réglementaires imposés par le code du travail pour une salle de réunion accueillant jusqu'à 33 personnes.

Les avantages spécifiques à ces systèmes sont les suivants :

- Récupération de chaleur par échangeur à plaques
- Possibilité de préchauffage et/ou le refroidissement de l'air soufflé

- Filtration fine sur l'air neuf
- Communicant avec le système GTB en place
- Clapets motorisés de fermeture (isoler le système de l'extérieur si arrêt)
- Options complémentaires (exemple : free-cooling, détection de présence, planification, CO_2 , COV, etc.)

Les inconvénients spécifiques à ces systèmes sont les suivants :

- Nécessité de réaliser 2 carottages en façade
- Entretien doit être réalisé sur 2 filtres, 2 ventilateurs et 1 échangeur
- Consommation électrique est fonction de deux ventilateurs et du type de filtres
- Poids important, parfois supérieur à 200 kg
- Installation complexe au regard du poids

3

APPLICATION EN SECTEUR RESIDENTIEL

3

1

ETUDE DE MARCHÉ

Au total, en France, les bâtiments d'habitation construits avant 1955 (sans conduit d'aération) et ceux construits entre 1955 et 1969 (avec conduit individualisé ou shunt) représentent environ 3 millions de logements à rénover.

L'installation de la VMP permet d'intégrer la qualité d'air dans les travaux de rénovation énergétique sans complexifier significativement la nature des travaux. Par ailleurs les cibles privilégiées pour ce type de ventilation sont les logements de petite taille et les locaux destinés à un usage individuel (bureaux par exemple).

Parmi les systèmes disponibles sur le marché français, certains sont plus complets et élaborés que d'autres. Les

moins sophistiqués assurent le renouvellement de l'air de façon permanente sans régulation, ni réglages. Les plus élaborés quant à eux disposent de paramètres de régulation permettant d'ajuster le niveau de ventilation selon le besoin à assurer.

Les conditions favorables à l'intégration d'une VMP double-flux sont :

- Les logements de petite taille
- L'impossibilité de créer un réseau centralisé (cas des logements construits avant 1955)
- Les difficultés techniques ou économiques à se raccorder sur le réseau de VMC existant

3

2

REGLEMENTATIONS ET RECOMMANDATIONS

La mise en œuvre de systèmes de ventilation dans les logements doit respecter un certain nombre d'exigences réglementaires et normatives dont les thématiques sont nommées ci-dessous :

- Réglementation thermique en existant
- Acoustique

- Sécurité incendie
- Fumisterie
- Electrique
- Autres textes associés

3.2.1 RÉGLEMENTATION THERMIQUE EN EXISTANT

Le texte de référence pour l'application de la réglementation thermique lors d'une opération de rénovation est fonction de la nature des travaux par rapport au bâtiment rénové. Sera alors appliquée la réglementation

élément / élément dans le cas d'une rénovation légère et la réglementation dite globale pour une rénovation lourde. La majorité des opérations répondent aux exigences d'une rénovation légère, soit élément / élément.

3.2.1.1 RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE « ÉLÉMENT / ÉLÉMENT »

La réglementation thermique dite « élément par élément », définie par l'arrêté du 3 mai 2007 modifié, précise uniquement les valeurs de performances minimales à respecter pour être conforme. Concernant la VMP double-flux, seuls les ventilateurs sont concernés par cette réglementation et doivent justifier d'une efficacité minimale.

Il est précisé dans l'article 36 que, « Les auxiliaires de ventilation, d'une puissance électrique absorbée inférieure à 30 W, installés ou remplacés dans les locaux d'habitation devront présenter une consommation maximale de 0,25 Wh/m³ par ventilateur, qui peut être portée à 0,4 Wh/m³ en présence de filtres F5 à F9. »

3.2.1.2 RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE « GLOBALE »

Lorsque la rénovation énergétique est dite « globale », elle est soumise au respect de l'arrêté du 13 juin 2008. Ce texte définit le calcul réglementaire à appliquer ainsi que les seuils de consommations d'énergie primaire à respecter. Concernant la VMP double-flux, ce texte précise les modalités d'application du calcul réglementaire et les moyens à mettre en œuvre pour être conforme.

A titre d'exemple, il est précisé dans l'article 48 que, « Les travaux de rénovation doivent conserver un système de ventilation général et permanent s'il en existait déjà un préalablement aux travaux de rénovation. Dans le cas

contraire, les travaux de rénovation doivent s'accompagner du maintien ou de la mise en place d'un système permettant d'assurer un renouvellement d'air minimum :

- soit une ventilation par pièce de service, mécanique ou par grilles d'aération dans les pièces donnant sur l'extérieur. Dans les deux cas, les pièces de vie sont munies d'entrées d'air de module minimum 45 pour les chambres et 90 pour les séjours.
- soit un système assurant une ventilation générale et permanente. »

3.2.2 ACOUSTIQUE

L'arrêté du 30 juin 1999 relatif aux critères acoustiques des bâtiments d'habitation impose des valeurs limites concernant les nuisances sonores engendrées par les installations domestiques, avec :

- Un niveau de pression acoustique normalisé, engendré par une installation de ventilation mécanique, en position de débit minimal, ne doit pas dépasser 30 dB(A)

dans les pièces principales et 35 dB(A) dans les cuisines (article 6)

- Un isolement acoustique standardisé pondéré contre les bruits extérieurs doit être au minimum de 30 décibels quelle que soit la pièce (article 7)
- Un temps de réverbération doit être inférieur à 0,5 secondes à toutes les fréquences (article 8)

3.2.3 SÉCURITÉ INCENDIE

L'absence de réseau aéraulique évite automatiquement les connexions entre les logements, évitant le risque de propagation du feu par les réseaux de ventilation. Cependant, plusieurs exigences pour satisfaire la sécurité incendie sont demandées.

L'arrêté du 31 janvier 1986 modifié, du code de la construction et de l'habitat précise que, les Locaux Collectifs Résidentiels « LCR » dont la surface est supérieure à 50 m² doivent respecter les conditions fixées par le règlement de sécurité contre l'incendie des établissements recevant du public, pris en application de l'article R. 123-12 dudit code (article 9).

Selon le classement au feu des bâtiments d'habitation, un indice différent de résistance au feu est demandé sur la

paroi verticale structurelle. Cependant, il est également précisé qu'une façade dite « sans ouverture » est comprise entre deux arrêtes verticales et ne comporte pas de baie ouvrante. Les orifices d'entrée d'air de ventilation dont la section est inférieure à 200 cm² ne sont pas pris en compte.

Au sens du décret 209-461 du 16 mai 2019, un système VMP double-flux est un système de façade. Ce décret portant sur les travaux de modification des Immeubles de Moyenne Hauteur précise que les systèmes de façade doivent être constitués de matériaux pratiquement incombustibles et doit permettre de neutraliser l'effet du tirage.

3.2.4 FUMISTERIE

Dans un local équipé d'un appareil à combustion, la mise en place d'un système mécanique de ventilation peut engendrer un refoulement des fumées et un risque d'intoxication. Dans ce cas, il conviendra de vérifier les caractéristiques de l'appareil, et notamment son étanchéité :

- Si étanche, le système de ventilation peut être installé indépendamment.

- Si non étanche, une vérification du dimensionnement des entrées d'air destinées à l'alimentation en air comburant doit être réalisée. A la mise en service de la VMP DF, les débits nominaux réglés ne doivent pas créer de refoulement des fumées sur l'ambiance.

CONSEILS



Un appareil non étanche nécessite des entrées d'air sur l'extérieur. Cette condition induit une réflexion quant à l'intérêt énergétique d'installer une VMP double-flux et dans le cas échéant son implantation dans la pièce par rapport à l'entrée d'air doit être justifiée.

POINT DE VIGILANCE



Le respect de ces exigences montre une incompatibilité avec les systèmes VMP DFA puisqu'une ventilation par alternance peut induire un refoulement des gaz de combustion sur l'ambiance lorsque l'appareil sera en mode extraction. Se référer à l'article 5 du 23/02/2009 pour les appareils utilisant un combustible liquide ou solide et à l'arrêté du 02/08/1977 pour un combustible gazeux.

3.2.5 ELECTRIQUE

Les règles de conception, de dimensionnement, de mise en œuvre et d'entretien sont précisées par la norme NF C 15-100 et notamment :

- La partie 7-701, sur les pièces équipées d'une baignoire ou d'une douche
- La partie 10-1, sur les parties intérieures des logements et parties privatives situées dans les parties communes

Toute installation électrique située dans un local contenant une baignoire ou une douche doit être protégée par un ou plusieurs dispositifs de courant différentiel-résiduel « DDR » inférieur ou égal à 30 mA (à l'exception

des circuits en aval d'un transformateur de séparation ou d'une source TBTS).

Ce même local est divisé en 4 volumes fictifs. A chaque volume est imposé :

- Le degré minimal de protection des équipements électriques, exemple : IPX4 en volume 2 (si le nettoyage de ce volume ne se fait pas à l'aide de jets d'eau)
 - Une classe de protection pour les canalisations, les appareils ou les équipements électriques de classe II ou III
- Pas d'autres exigences particulières précisées pour les cuisines, WC et pièces de vie.

3.2.6 AUTRES TEXTES ASSOCIÉS

L'arrêté du 24 mars 1982 interdit le refoulement de l'air extrait dans un conduit commun. Le refoulement est cependant autorisé dans un conduit uniquement s'il est individualisé.

En raison d'accessibilité aux personnes handicapées, l'article 9 de l'arrêté 24 décembre 2015 modifié précise que, les équipements et dispositifs de commande doivent être situés :

- A plus de 0,40 m d'un angle rentrant de parois ou de tout autre obstacle
- A une hauteur comprise entre 0,90 m et 1,30 m
- Au droit d'un espace d'usage selon les caractéristiques dimensionnelles

La directive 2009/125/CE du Parlement européen et du Conseil précise les exigences d'éco-conception pour les unités de ventilation. Il y est précisé que les unités de ventilation ayant une puissance absorbée inférieure à 30 W par flux d'air ne sont tenues qu'à une exigence d'information. Les unités de ventilation ayant une puissance supérieure à 30 W par flux d'air sont tenues de respecter des exigences minimales de performance énergétique spécifiques aux UVR.

Cette même directive précise que l'ensemble des unités de ventilation doivent avoir une motorisation à plusieurs vitesses ou un variateur de vitesse.

3

3

ANALYSE DE L'OFFRE EN 2020

3.3.1 VMP DOUBLE-FLUX ALTERNÉ « VMP DFA »

Marque	Modèle	Local	Débit	Pabs	Pression Acoustique	Poids	Filtration	Plage de vitesse	Régulation
ATLANTIC	MONO DF LT	SDE*	22-55 m³/h	3,2 W	20-36 dB(A)	3 kg		Multiples	
MAICO	PULL PUSH	PDV**	17-50 m³/h	2-4,8 W	18-35 dB(A)	3,1 kg	G3 – M6		HR
ALDES	NANO AIR 50	PDV	14-54 m³/h	3,8-5,6 W	19-29 dB(A)		G3	3 vitesses	HR
VAILLANT	RECOVAIR	SDE	30 – 60 m³/h	5-9 W		2,4 kg		3 vitesses	
EMMETI	RECUPERA ONE 100		97 m³/h						
ARIAS	ECO 60	SDE	30-60 m³/h	4,5-9 W	25-30 dB(A)		G3	2 vitesses	(HR)
O.ERRE	TEMPERO 100		30-60 m³/h	7,9-8,9 W	23-24 dB(A)	4 kg	G3		
VORTICE	HRW MONO	SDE	10-40 m³/h	1-5 W	16-24 dB(A)	2,55 kg	G3 – F5	5 vitesses	(HR)
AUTOGYRE	CASSIO 100	SDE	34-44 m³/h	1,8-2,5 W	32-36 dB(A)	1,6 kg	G4	2 vitesses	-
GECO	AIRDEC60		60 m³/h	2-6W	9-40 dB(A)		G4	5 vitesses	HR
VENTS	TWIN FRESH EXPERT RW-30	PDV + cuisine	10-30 m³/h	1.8-4 W	21-31 dB(A)		G3	3 vitesses	HR (CO ₂)
	TWINFRES EASY RL7-50	PDV + cuisine	21-50 m³/h	4.5-7 W	12-20 dB(A)		G3 – F8	3 vitesses	
	TWINFRESH COMFO RA1-25	PDV + cuisine	24-50 m³/h		13-23 dB(A)		G3	3 vitesses	HR
	TWIN FRESH RA-50-14	PDV + cuisine	25-50 m³/h	3.5-4.6 W	14-24 dB(A)		G3	2 vitesses	
	SOLO VENTILATOR	PDV + cuisine	46 m³/h		27-32 dB(A)		G4		

* SDE : Salle d'eau type salle de bains/de douche et cuisine

** PDV : Pièce de vie (séjour, salon, chambre)

TABLEAU 1 Offre VMP DFA disponible sur le marché français en février 2021

Au total, 11 industriels commercialisant 15 modèles différents de VMP DFA en France en février 2021 ont été recensés.

L'analyse de l'offre met en évidence des tendances communes, telles que :

- Une filtration sur l'air par une filtration grossière, type G3 et jusqu'à F5 sur option
- Une plage de vitesse de rotation du ventilateur allant de 1 à 3 vitesses (variation manuelle ou automatique selon l'humidité)
- Le système s'installe en façade (paroi verticale)
- Système léger, inférieur à 4 kg
- Pas de protection contre le gel du ventilateur et de l'échangeur

Ce qui les différencie :

- Une plage de débit importante allant de 10 à 60 m³/h, suffisant pour assurer les débits réglementaires / pièce
- Pression acoustique inférieure à 40 dB(A) à vitesse maximale
- Une motorisation efficiente répondant aux exigences européennes ERP
- Étanchéité de l'appareil à 22% lorsque celui-ci est à l'arrêt (fermeture manuelle possible)
- Une seule offre donne la possibilité de free-cooling

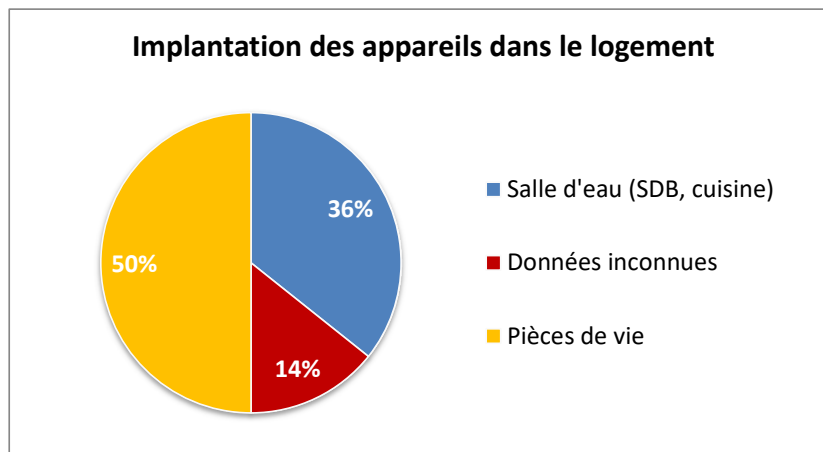


FIGURE 5 Implantation des systèmes ponctuels double-flux alterné dans le logement

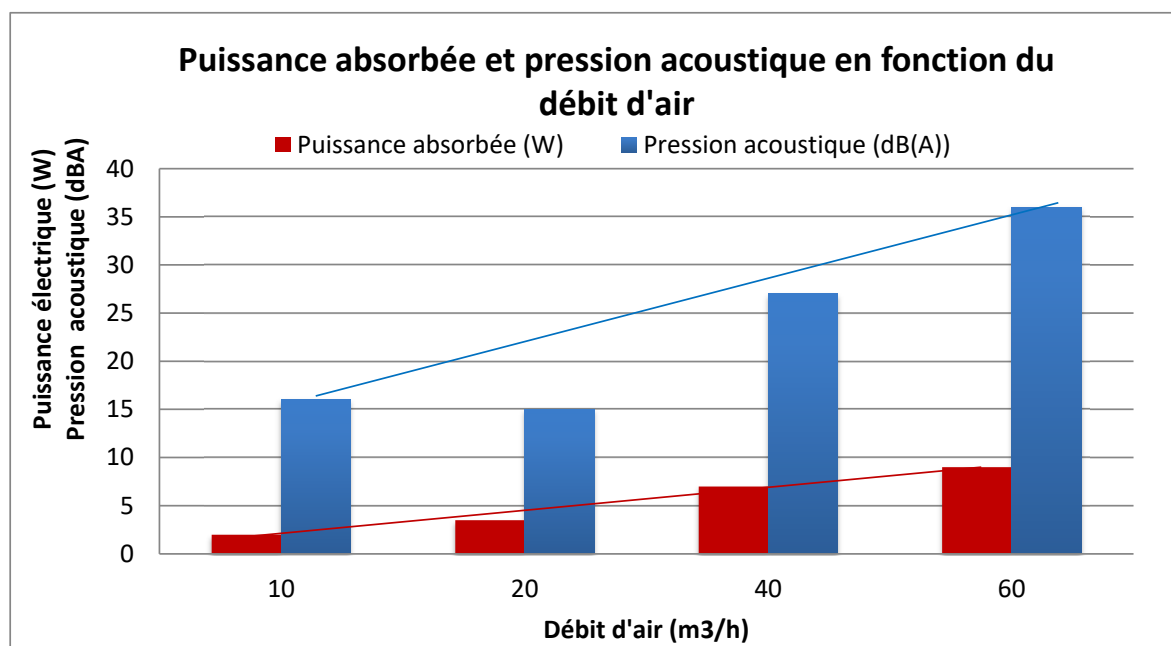


FIGURE 6 Plage des puissances absorbées et des pressions acoustiques des systèmes ponctuels double-flux alterné en fonction du débit

3.3.2 VMP DOUBLE-FLUX SIMULTANÉ « VMP DFS »

Marque	Modèle	Local	Débit	Pabs	Pression Acoustique	Poids	Filtration Reprise	Filtration Soufflage	Régulation	Protec. Gel	Clapet	Free-cooling
MAICO	WRG 35		17-60 m³/h	2-8 W	17-37 dB(A)	4,7 kg	G4	G4	HR	Arrêt	OUI	OUI
UNELVENT	ECOROOM	SDE*	21-72 m³/h	15 W	22-39 dB(A)	2,4 kg			HR	Arrêt		OUI
ZEHNDER	CONFOAIR 70	PDV**	15-60 m³/h	16,1 W	11-36,4 dB(A)	22 kg	G4	G4 - F7	HR + CO ₂ + COV	Arrêt	OUI	
	CONFOSPOT 50	PDV + SDE	15-50 m³/h		5,2-29 dB(A)	6 kg					Manuel	
BRINK (WOLF)	AIR 70		15-70 m³/h	4,2-23 W	13-36 dB(A)	12 kg		G4 - F7	HR + CO ₂	Traceur		OUI
OLYMPIA SPLENDID	SITALI DF100 PURE		10-31 m³/h	4-16,5 W	18-36,6 dB(A)	6,5 kg	G4	F7				OUI
HELIOS	ECOVENT KWL EC 60	SDE	17-60 m³/h	2-8 W	18-30 dB(A)	12,5 kg	G4	F7	HR		OUI	
FAIR	F100 (SXRL - SX)	SDE	43-77 m³/h	12-31 W	20-30 dB(A)	5 kg						
DIMPLEX	DL 50 W		15-55 m³/h		8-33,5 dB(A)		G4	F7		Traceur		
MELTEM	M-WRG-II		10-100 m³/h	4,2-53 W	13-48,6 dB(A)	8,3 kg	G4	F7 - ePM1	COV			

* SDE : Salle d'eau type salle de bains/de douche et cuisine

**PDV : Pièce de vie (séjour, salon, chambre)

TABLEAU 2 Offre VMP DFS disponible sur le marché français en février 2021

Au total, 10 industriels commercialisant 11 modèles différents de VMP DFS en France en février 2021 ont été recensés.

L'analyse de l'offre met en évidence des tendances consensuelles, telles que :

- Une filtration sur l'air repris par une filtration grossière, type G4
- Une filtration sur l'air soufflé très fine, type F7
- Une plage de vitesse de rotation du ventilateur importante (variation manuelle ou automatique)
- L'humidité relative est la première grandeur de régulation (TOR ou modulation)
- Le système s'installe en façade (paroi verticale)

Ce qui les différencie :

- Une plage de débit importante allant de 10 à 100 m³/h, suffisant pour assurer les débits réglementaires
- Une motorisation efficiente répondant aux exigences européennes ERP
- Une protection contre le gel pour 42% des offres (présence de traceur électrique ou arrêt des ventilateurs)
- Étanchéité de l'appareil à 33% lorsque celui-ci est à l'arrêt
- Possibilité de free-cooling automatique à 42% des offres
- Extraction gainable pour couvrir plusieurs pièces
- Régulation en pièce de vie sur sonde COV ou CO₂ à 25%

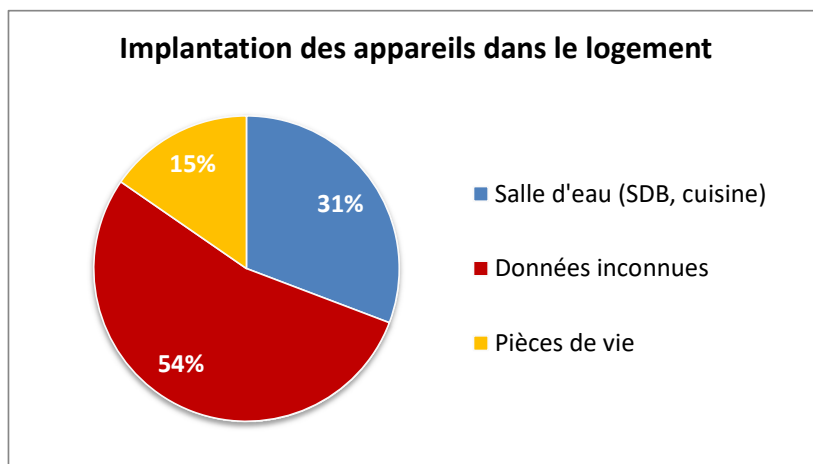


FIGURE 7 Implantation des systèmes ponctuels double-flux simultanés dans le logement

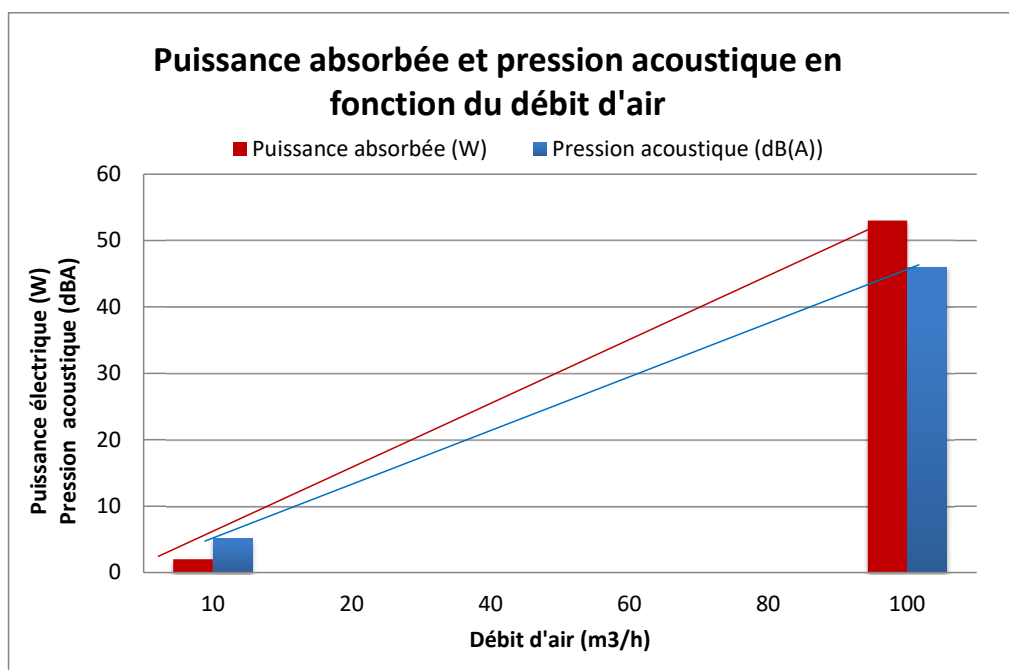


FIGURE 8 Plage des puissances absorbées et des pressions acoustiques des systèmes ponctuels double-flux simultanés en fonction du débit

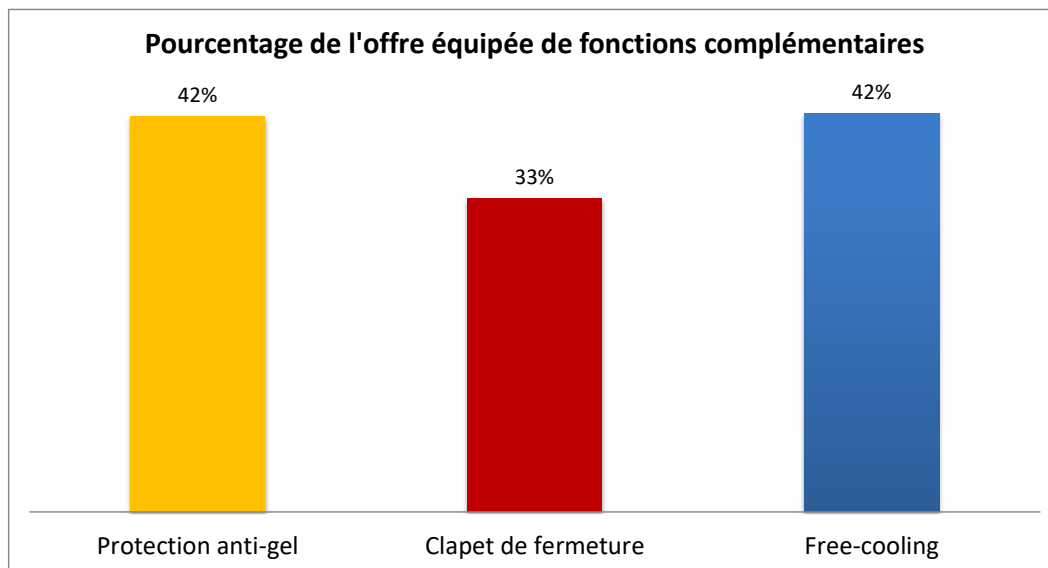


FIGURE 9 Plage de débits et de puissances absorbées en secteur résidentiel



APPLICATION EN SECTEUR TERTIAIRE



ETUDE DE MARCHÉ

Les unités de VMP double-flux présentes dans l'offre du secteur tertiaire intègrent de nouvelles fonctions, au point de concurrencer les centrales de traitement d'air centralisées : récupération d'énergie, moteurs à commutation électronique pilotés par des variateurs de vitesse et asservis à des capteurs, programmation et contrôle à distance, présence de batteries de préchauffage et/ou de refroidissement.

Le marché de la VMP dans le parc tertiaire cible les bâtiments existants construits avant la généralisation de la

VMC dont le principe de renouvellement de l'air présent ne satisfait pas les usagers. Il pourra alors être installé par exemple, dans les bureaux et salle de classes.

La VMP se place également dans le secteur tertiaire pour des extensions de bâtiments existants lorsque le raccordement au réseau centralisé nécessite des travaux contraignants.



REGLEMENTATIONS ET RECOMMANDATIONS

La mise en œuvre de systèmes de ventilation dans le secteur du tertiaire doit respecter un certain nombre d'exigences réglementaires et normatives dont les thématiques sont nommées ci-dessous :

- Thermique en existant
- Acoustique

- Sécurité incendie
- Fumisterie
- Electrique
- Autres textes associés

4.2.1 REGLEMENTATION THERMIQUE EN EXISTANT

Sur le même principe qu'en secteur résidentiel, le texte de référence à appliquer pour la réglementation thermique lors d'une opération de rénovation est fonction de la nature des travaux par rapport au bâtiment rénové. Sera alors appliquée la réglementation élément / élément dans

le cas d'une rénovation légère et la réglementation dite globale pour une rénovation lourde. La majorité des opérations répondent aux exigences d'une rénovation légère, soit élément / élément.

4.2.1.1 RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE « ÉLÉMENT / ÉLÉMENT »

La réglementation thermique dite « élément par élément », définie par l'arrêté du 3 mai 2007 modifié, précise uniquement les valeurs de performances minimales à respecter pour être conforme. Concernant les unités de VMP double-flux, seuls les ventilateurs sont concernés par cette réglementation et doivent justifier d'une efficacité minimale, avec notamment :

- « Les auxiliaires de ventilation, d'une puissance électrique absorbée inférieure à 30 W, installés ou remplacés dans les locaux à usage autre que d'habitation devront présenter une consommation maximale par ventilateur de 0,3 Wh/m³, qui peut être portée à 0,45 Wh/m³ en présence de filtres F5 à F9 » [article 37]

4.2.1.2 RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE « GLOBALE »

Lorsque la rénovation énergétique est dite « globale », elle est soumise au respect de l'arrêté du 13 juin 2008. Ce texte définit le calcul réglementaire à appliquer ainsi que les seuils de consommations d'énergie primaire à respecter. L'article 48 précise que, « Les travaux de rénovation doivent conserver un système de ventilation générale et permanente s'il en existait déjà un préalablement aux travaux de rénovation. Dans le cas contraire, les travaux de rénovation doivent s'accompagner du maintien ou de la mise en place d'un système permettant d'assurer un renouvellement d'air minimum :

- Soit une ventilation par pièce de service, mécanique ou par grilles d'aération dans les pièces donnant sur

- « lors de l'installation ou du remplacement du dispositif de ventilation, la ventilation des locaux ou groupes de locaux concernés ayant des occupations ou des usages nettement différents doit être assurée par des systèmes indépendants » [article 38]
- « tout nouveau système de ventilation dispose d'une régulation en fonction des besoins, mesurés en fonction de paramètres d'occupation, ou d'une régulation sur horloge le cas échéant » [article 39]
- « dans les bâtiments ou parties de bâtiments à usage autre que d'habitation, le dispositif de modification manuelle des débits d'air d'un local pour un nouveau système de ventilation est temporisé » [article 40]

l'extérieur. Dans les deux cas les pièces de vie sont munies d'entrées d'air de module minimum 45 pour les chambres et 90 pour les séjours.

- Soit un système assurant une ventilation générale et permanente. »

L'article 52 précise que, « dans le cas d'une zone à usage autre que d'habitation, les systèmes mécanisés spécifiques de ventilation doivent être munis de dispositifs permettant, en période de chauffage et de refroidissement, de limiter les débits aux valeurs minimales résultant des règlements d'hygiène pour les périodes où la zone est inoccupée. »

4.2.2 ACOUSTIQUE

L'arrêté du 25 avril 2003 relatif aux critères acoustiques des établissements de santé, hôtelier et d'enseignement neuf ou parties nouvelles de bâtiments existants, impose des valeurs limites concernant les nuisances acoustiques engendrées par les installations domestiques, avec :

- Des niveaux de pression acoustique normalisés du bruit engendré par un équipement, dépend du type de bâtiment, avec :
 - Établissements de santé : LnAT : 30 dB(A) Local d'hébergement
 - Salles d'examen et de consultations, bureaux médicaux et soignants, salles d'attente : LnAT : 35 dB(A)
 - Locaux de soins, salles d'opérations, d'obstétrique et salles de travail : LnAT : 40 dB(A)
 - Hôtels : LnAT : 30 dB(A) Chambres (ventilation) et LnAT : 35 dB(A) dans les chambres (chauffage, climatisation)
 - Enseignement, bibliothèques, centres de documentation et d'information, locaux médicaux,

infirmières et salles de repos, salles de musique : LnAT : 33/38 dB(A) (permanent/intermittent)

- Autres locaux de réception : LnAT : 38/43 dB(A) (permanent/intermittent)

- Un isolement acoustique contre les bruits extérieurs de minimum 30 décibels quelle que soit la pièce [article 7]

Le confort acoustique dans les bureaux n'est pas traité par la réglementation française. Cependant, l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO) a précisé les degrés de confort acoustique à atteindre pour les bureaux et autres tertiaires. Ces degrés de confort sont atteints si la pression acoustique maximum est inférieure à l'indice Noise Rating appelé NR pour chaque bande d'octave.

L'article 102 du Règlement Sanitaire Départemental Type précise également que, les installations à moteur dans les établissements industriels et commerciaux ne doivent pas occasionner de gêne acoustique pour le voisinage ainsi que pour les occupants [article 102].

4.2.3 SÉCURITÉ INCENDIE

L'article CH28, modifié par l'arrêté du 14 février 2000 précise que, les ventilo-convecteurs, aérothermes, climatiseurs qui, sans utilisation de conduits, traitent et diffusent l'air dans les seuls locaux où ils sont installés sont des appareils indépendants et relèvent de la section VIII.

L'article CH28 précise que, lorsque l'air est utilisé comme véhicule de la chaleur, sa température, mesurée à 1 centimètre des bouches de distribution, ne doit pas excéder 100 °C.

L'article CH32 modifié par l'arrêté du 22 novembre 2004 précise que :

- Afin de limiter une éventuelle propagation du feu dans les circuits, tous les conduits de distribution et de reprise d'air, à l'exception des joints, doivent être en matériau classé M0
- S'ils sont placés dans le circuit d'air, ils doivent être équipés d'un dispositif thermique coupant automatiquement leur alimentation électrique en cas d'échauffement supérieur à celui autorisé par leur classe de température.

L'article CO 13 de précise que, les appareils de traitement d'air et les moteurs ne peuvent être placés dans le plénum au-dessus d'un écran assurant la stabilité au feu de la structure de toiture.

L'arrêté du 25 juin 1980 modifié précise que, toutes les trémies réservées ou les percements effectués pour le passage des conduits à travers un plancher ou une paroi doivent être rebouchés avec un matériau reconstituant la résistance au feu de l'élément traversé.

Au sens du décret 209-461 du 16 mai 2019, une unité de VMP double-flux est un système de façade. Dans le cas de travaux de modification des Immeubles de Moyenne Hauteur, ce même décret précise que les systèmes de façade doivent être constitués de matériaux pratiquement incombustibles et doit permettre de neutraliser l'effet du tirage.

4.2.4 FUMISTERIE

Dans un local équipé d'un appareil à combustion, la mise en place d'un système mécanique de ventilation peut engendrer un refoulement des fumées et un risque d'intoxication. Dans ce cas, il conviendra de vérifier les caractéristiques de l'appareil, et notamment son étanchéité :

- Si étanche, le système de ventilation peut être installé indépendamment.

- Si non étanche, une vérification du dimensionnement des entrées d'air destinées à l'alimentation en air comburant doit être réalisée. A la mise en service de la VMP DF, les débits nominaux réglés ne doivent pas créer de refoulement des fumées sur l'ambiance.

CONSEILS



Un appareil non étanche nécessite des entrées d'air sur l'extérieur. Cette condition induit une réflexion quant à l'intérêt énergétique d'installer une VMP double-flux et dans le cas échéant son implantation dans la pièce par rapport à l'entrée d'air doit être justifiée.

4.2.5 NORME ÉLECTRIQUE

Les règles de conception, de dimensionnement, de mise en œuvre et d'entretien sont précisées par la norme NF C 15-100.

4.2.6 QUALITÉ D'AIR

Il est précisé dans le code du travail que :

- Les installations doivent assurer le renouvellement d'air sans provoquer la gêne des occupants pouvant résulter de la vitesse, de la température, de l'humidité ou des bruits [article R4212-2]
- Lorsque les entrées d'air sont mécaniques, une filtration doit être prévue si un risque de pollution existe
- L'intérieur des conduits d'arrivée d'air ne doit pas se désagréger et émettre des substances dangereuses pour la santé
- Une filtration minimale est exigée dans la circulaire du 9 mai 1985 :
 - Filtration G4 (au sens de la NF EN 779) sur l'arrivée d'air neuf sans recyclage
 - Filtration F5 si le système ne permet pas le recyclage

Il est précisé dans le Règlement Sanitaire Départemental Type, article 63.1, que :

- Les entrées d'air neuf ainsi que les ouvrants doivent être distantes d'au moins 8 mètres de sources de pollution (conduit de fumées, extraction d'air de groupe de locaux, espaces fumeurs, etc.). Il est possible néanmoins lorsque cette dernière exigence n'est pas possible de prévoir un dispositif de non recyclage d'air.
- Pour les locaux à pollution spécifique (salles d'eau notamment), que l'air extrait doit y être rejeté sans recyclage.

L'illustration ci-dessous interprète les implantations possibles de ce type d'équipement sur une façade.

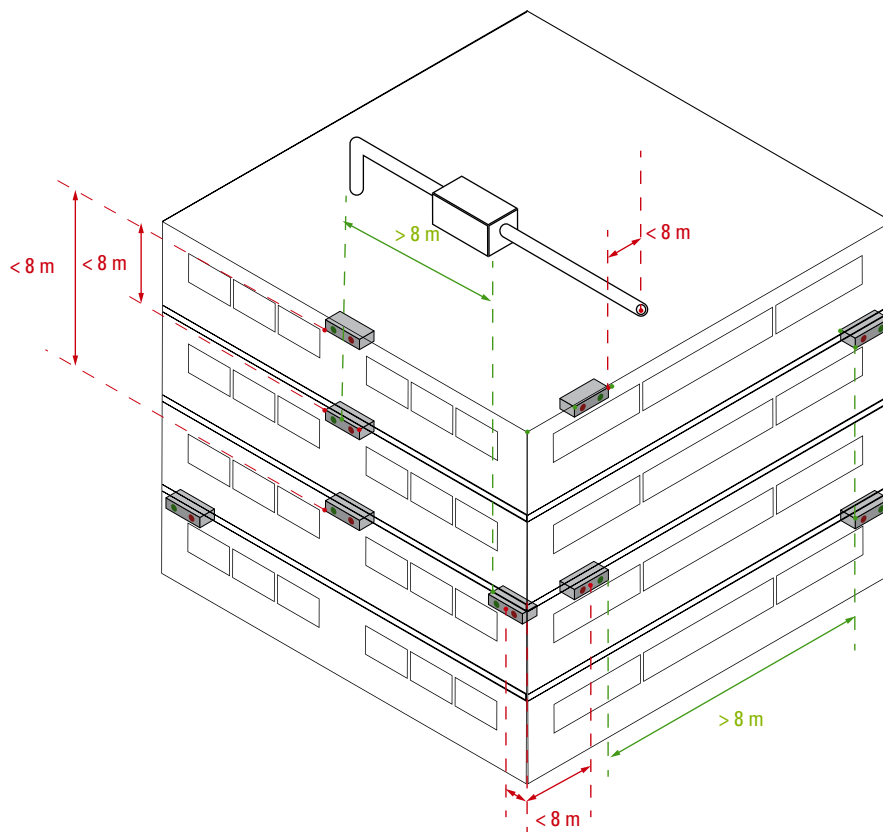


FIGURE 10 Exigences de distances à respecter selon l'article 63.1 du RSDT

Néanmoins, il est précisé dans l'article 63.2, qu'un air recyclé est un air provenant d'un groupe de locaux et n'est pas considéré comme air recyclé, un air provenant du même local. Selon cette définition, le système double-flux ponctuel n'est alors pas concerné s'il est unique, mais le sera

vis-à-vis d'un système similaire situé au local adjacent voir exemple ci-dessous. Ce dernier point n'exclut pas les locaux à pollution spécifique. Ci-dessous, une interprétation illustrée du texte :

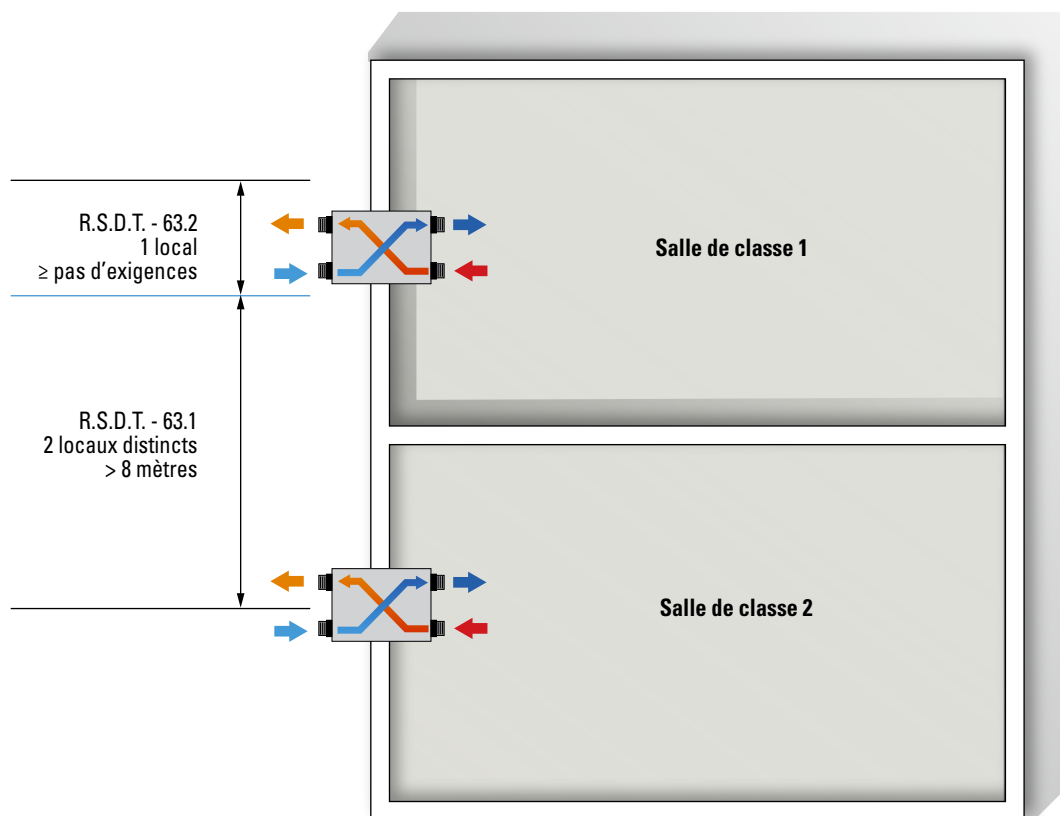


FIGURE 11 Exigences de distances à respecter selon l'article 63.2 du RSDT

4.2.7 ACCESSIBILITÉ PMR

En raison d'accessibilité aux personnes handicapées, l'article 9 de l'arrêté 8 décembre 2014 modifié précise que, les équipements et dispositifs de commande doivent être situés :

- A plus de 0,40 m d'un angle rentrant de parois ou de tout autre obstacle
- A une hauteur comprise entre 0,90 m et 1,30 m
- Au droit d'un espace d'usage dont les caractéristiques dimensionnelles sont définies à l'annexe 2

- A une hauteur maximale de 0,80 m et un vide en partie inférieure d'au moins 0,30 m de profondeur, 0,60 m de largeur et 0,70 m de hauteur permettant le passage des pieds et des genoux d'une personne en fauteuil roulant, lorsqu'un élément de mobilier permet de lire un document, écrire, utiliser un clavier
- Les interrupteurs et les boutons de commande mis à disposition du public ne sont pas à effleurement

4.2.8 ECO-CONCEPTION

La directive 2009/125/CE du Parlement européen et du Conseil précise les exigences d'éco-conception pour les unités de ventilation. Il y est précisé que les unités de ventilation ayant une puissance absorbée inférieure à 30 W ne sont tenues qu'à une exigence d'information. Les unités

de ventilation ayant une puissance supérieure à 30 W sont tenues de respecter des exigences minimales de performance énergétique spécifiques aux unités de ventilation non résidentielles.

4

3

ANALYSE DE L'OFFRE EN 2020

Marque	Modèle	Débit	Pabs	Pw	Poids	Filtration Reprise	Filtration Soufflage	Batterie chaude	Batterie froide	Batterie électrique	Régulation
		m³/h	W	dB(A)	kg			kW	kW	kW	
ALDES	DFE XS	100-1000	103-343	25-36	220	G4	F7	-	-	OUI	T° CO ₂ Horaire
	VEX308	150-850	575	29	203	M5	F7	OUI	-	2,2	CO ₂ HR Présence Horaire
TROX	FSL-B-ZAB/SEK	150	22	31-43		G3	F7	2,6	0,69	-	COV
	SCHOOLAIR-B	150-300	SFP -1	32-49	70	G3	F7	6,5	1,75	-	COV
MELTEM	M-WRG-II	10-100	4,2-53	13-48,6	8,	G4	F7 - ePM1			-	HR COV
HELIOS	AML	115-950	21-305	30-35	47-28	M5	M5 - F9 ePm1	0,5-2,5	0,14-0,9	0,6-2,3	T° HR CO ₂ Présence
UNELVENT	ECOROOM	21-72	15	22-3	2,4	-	-	-	-	-	HR
ATLANTIC	NOVA HR	125-1000	28-150	35	35-95	G4	M5 - F7 (option)	1,3		OUI	T° CO ₂ Présence Horaire
KAMPMANN (EMCO)	UZAS	120	5-26	27-45		G4	F7	0,2-3	0,1-0,9 (direct)	-	T° CO ₂ COV
	UZA										T° CO ₂ COV

TABLEAU 3 Offre VMP DFST disponible sur le marché français en février 2021

Au total, 7 industriels commercialisant 10 systèmes VMP DFST en France en 2020 ont été recensés.

L'analyse de l'offre met en évidence des tendances consensuelles, telles que :

- Une filtration sur l'air soufflé très fine, type F7 (ePm1)
- Une variation du débit en fonction du besoin (humidité, présence, planification)

- Le système s'installe majoritairement en façade (allège ou faux-plafond)
- Une batterie chaude hydraulique pour le préchauffage de l'air soufflé
- La fermeture de clapets donnant sur l'extérieur lorsque le système est à l'arrêt

Ce qui les différencie :

- Une plage de débit importante allant de 10 à 1000 m³/h, suffisant pour assurer les débits minimums spécifiés par le code du travail pour environ 40 personnes (25 m³/h.pers)
- Une motorisation efficiente répondant aux exigences européennes ERP, soit une consommation < 0,4 Wh/m³
- Une protection contre le gel pour 90% des offres (by-pass de l'échangeur majoritairement sinon arrêt des ventilateurs)
- Etanchéité de l'appareil à 80% lorsque celui-ci est à l'arrêt
- Possibilité de free-cooling automatique à 60% des offres
- Régulés selon une sonde COV ou CO₂ à 50% des cas

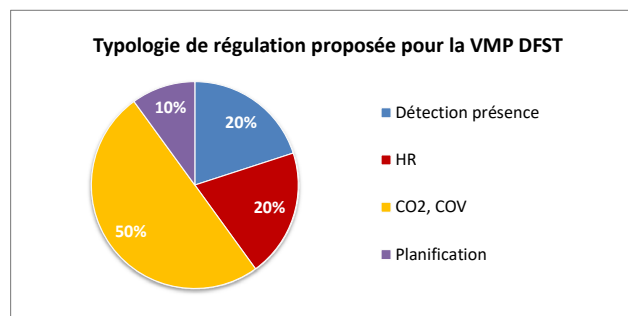


FIGURE 12 Répartition de l'offre des VMP DFST en fonction du principe de régulation

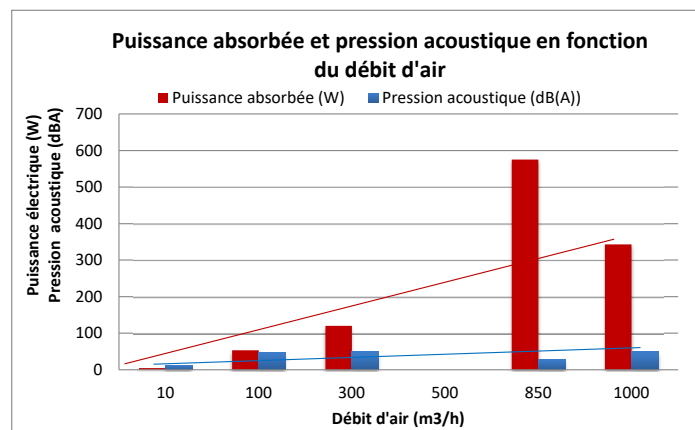


FIGURE 13 Plage des puissances absorbées et des pressions acoustiques des VMP DFST en fonction du débit

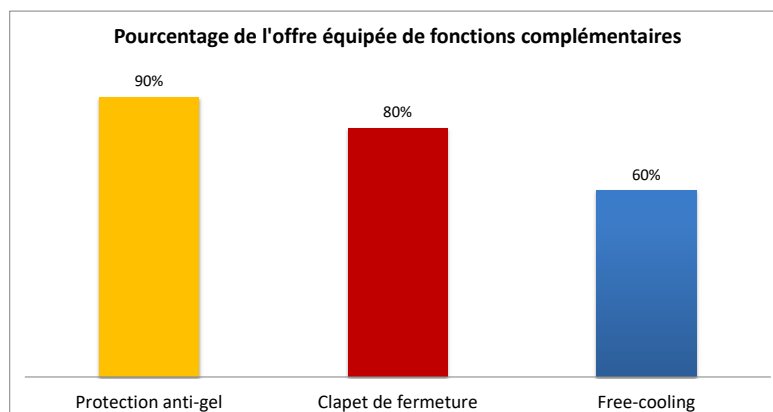


FIGURE 14 Fonctions complémentaires proposées dans l'offre des VMP DFST

5

LES ETAPES D'UN PROJET

5

1

CONCEPTION

5.1.1 DÉFINITION DU BESOIN

Le renouvellement de l'air est essentiel pour traiter la qualité d'air d'une pièce. L'apport d'air neuf et l'extraction de l'air vicié permet d'évacuer l'humidité, de réduire le taux de CO₂ et de COV. Ces polluants sont les principales grandeurs caractérisant la qualité d'air. Il est nécessaire de :

- Traiter la teneur en humidité d'un local pour éviter le développement des bactéries et pérenniser le bâti. Il est d'autant plus important d'évacuer mécaniquement l'humidité d'un local suite à des travaux, si ces derniers

améliorent l'étanchéité des parois, par exemple, le remplacement des menuiseries.

- Traiter la quantité de CO₂ dans une salle fermée accueillant du public améliore la concentration des utilisateurs et limite les risques sanitaires dus à un confinement de l'air trop important

La majorité des systèmes présents sur le marché résidentiel et tertiaire offre la possibilité de moduler la vitesse à la demande.

5.1.2 EVALUATION DES DÉBITS AÉRAULIQUES

Lors d'une rénovation élément par élément, les textes réglementaires n'imposent pas une valeur minimale concernant les débits d'air neuf ou d'air vicié à assurer. Il pourra alors être envisagé de définir des débits adaptés en se

référant aux textes existants, tels que l'arrêté du 24 mars 1982 modifié pour les logements, le RSDT et le code du travail.

Selon la nature du local à traiter (tertiaire ou résidentiel), les débits à mettre en œuvre sont :

- Pour le résidentiel (application de l'arrêté du 24 mars 1982 modifié) :

Configuration logement			Débit total à extraire	Nombre d'équipement conseillé	
Nombre de pièces principales	Nombre de salles de bains	Nombre de WC	m ³ /h	VMP DFA	VMP DFS
1	1	-	35/80	2	1
	1	1	50/105	2 + 1 VMR	
2	1	-	60/120	3	2
	1	1		3 + 1 VMR	
3	1	-	75/135	4	3
	1	1	90/150	4 + 1 VMR	
4	1	1	105/180	5 + 1 VMR	4
	1	2	105/180	5 + 2 VMR	
	2	-	105/180	6	
	2	1	135/210	6 + 1 VMR	

TABEAU 4 Détermination du débit à véhiculer et du nombre d'appareil à sélectionner selon la technologie étudiée

Le tableau précédent propose une configuration possible d'intégration des systèmes VMP DFA et DFS selon la typologie du logement. Il est proposé d'installer un équipement

ponctuel simple-flux, appelé « VMR » dans les WC séparés et une VMP DFA dans les autres salles d'eau couplés aux VMP DFA des pièces de vie.

CONSEILS



La VMP DFA étant spécifique, il est recommandé de se référer aux préconisations des constructeurs pour l'étude de la ventilation.

- Pour un bâtiment de bureaux (application du code du travail) :

Nombre de salariés dans un bureau (salle de réunion)	Débit total à neuf (m ³ /h)	Nombre d'équipement VMP DFS conseillé	Nombre d'équipement VMP DFST conseillé
1	25 (30)	1	-
2	50 (60)		-
3	75 (90)		-
5	125 (150)	2	1
10	250 (300)	3	
15	375 (450)	-	
20	500 (600)	-	
25	625 (750)	-	
30	750 (900)	-	

TABEAU 5 Détermination du débit à véhiculer en fonction de l'occupation du bureau ou salle de réunions

- Pour un bâtiment d'enseignement (application du code du travail et du R.S.D.T.) :

Nombre d'élève + 1 enseignant	Débit total à neuf (m ³ /h)	
	Ecole maternelle et primaire	Etablissement secondaire et universitaire
5	105	120
10	180	210
20	330	390
30	480	570
50	780	930

TABLEAU 6 Détermination du débit à véhiculer en fonction de la taille de la classe et du type d'établissement scolaire

CONSEILS



Pour des raisons d'exigences acoustiques élevées et d'une occupation intensive dans une salle de classe, il est conseillé d'étudier les solutions destinées aux bâtiments tertiaires, avec traitement de l'air, les VMP DFST. L'offre permet avec un unique appareil d'assurer les débits jusqu'à 50 personnes en établissement secondaire ou universitaire. Si la configuration du local ne permet pas une bonne diffusion de l'air, il peut être envisagé d'installer deux appareils pour assurer un bon balayage de l'air.

5.1.3 ETUDE DU LOCAL

Pour valider l'intégration de ce matériel de nombreux critères existent : hauteur du bâtiment, le poids du matériel, les percements en façade, la sécurité des personnes, etc. Pour ces raisons, le local doit être préalablement étudié avant d'engager les études et la réalisation des travaux. Quelques points pourront alors être vérifiés lors d'une pré-visite, tels que :

- Les caractéristiques et la fonction du mur. Si ce mur joue un rôle structurel, une étude structurelle s'avère nécessaire si les percements détériorent la solidité de l'ouvrage
- La mise en place d'un dispositif de protection collective temporaire, tel qu'un échafaudage en façade est nécessaire (hors implantation au RDC)
- La hauteur sous-plafond est un critère déterminant afin d'éviter tout risque de blessure par un utilisateur une fois l'appareil installé. Avec des équipements de 50 cm de hauteur, la hauteur libre de tout obstacle peut dans certains cas être à hauteur d'homme. Dans ce cas, l'implantation en semi-encasté sera préférée.
- L'accessibilité à un lève-matériel dans les locaux (étages, passages de portes, etc.) doit être vérifiée. Les équipements pouvant pesés jusqu'à 250 kg, il sera indispensable de prévoir un dispositif permettant l'élévation du matériel afin de travailler en sécurité.
- Le type de chauffage et/ou de climatisation en place peut avoir une influence sur l'emplacement et la faisabilité d'implanter l'équipement de ventilation. Un

conditionnement d'air de type convectif utilise l'effet Coanda pour assurer une diffusion du chauffage et/ou du froid. L'installation d'une ventilation ponctuelle peut perturber les flux du conditionnement d'air.

- L'étanchéité à l'air du local est un critère technico-économique. Une mauvaise étanchéité à l'air réduira l'efficacité de l'appareil et donc la pertinence d'investir pour un équipement type double-flux.
- La géométrie du local joue un rôle sur la bonne diffusion de l'air. L'implantation du système ne peut se faire que sur une façade extérieure, cependant, il est couramment recommandé de l'installer sur la largeur du local. Parfois, ces deux critères sont différents.
- L'orientation des façades peut avoir une influence sur le choix du mur où l'appareil sera installé. Il est préférable d'installer cet équipement à l'abri des apports solaires et des vents dominants. De plus, des règles d'urbanisme locales existent (P.L.U., Architectes de France, Parc Naturel Régional, etc.) et peuvent nuire à la faisabilité du projet.
- La destination du local peut être un frein à la réalisation du projet, notamment sur le critère acoustique. L'intégration d'un équipement ponctuel induit systématiquement une source sonore supplémentaire. Dans le cas de locaux nécessitant un niveau sonore relativement faible, cas d'une salle d'examen par exemple, la faisabilité peut être remise en cause.

5.1.4 IMPACT SUR LE CONFORT

L'intégration de ces systèmes nécessite des percements dans les parois verticales ce qui induit une dégradation des performances thermiques ainsi que de l'étanchéité à l'air du local. L'installation de cet équipement dans une pièce initialement non ventilée peut engendrer une majoration des déperditions. Il convient donc de vérifier l'impact d'une telle solution par rapport à la puissance de chauffage installée. Cependant, l'efficacité actuelle de la récupération de chaleur atténue les déperditions supplémentaires.

La vitesse d'air résiduelle ressentie par l'utilisateur dépend directement de la vitesse d'air au soufflage. Selon le dimensionnement de l'appareil, il est parfois nécessaire de régler une vitesse d'air de soufflage élevée pour obtenir le débit d'air hygiénique minimum ainsi qu'une portée suffisante. Cette configuration peut se révéler inconfortable pour l'utilisateur pouvant ressentir un effet de courant d'air.

Lors de la sélection du matériel, il doit être vérifié les niveaux de pression acoustique et d'isolement acoustique. En effet, la valeur de puissance acoustique pondérée spécifiée par le fabricant du système doit pour cela être ramenée au niveau de pression acoustique correspondant au local où il sera installé et devra être inférieur au seuil précisé dans les arrêtés du 30 juin 1999 et du 30 mai 1996. Le niveau de pression acoustique normalisé, L_{nAT} et le temps de réverbération sont évalués selon la norme NF S 31-057.

En résidentiel, il peut y être installer les systèmes type VMP DFA par paire, avec un fonctionnement par alternance. Cette configuration induit, la moitié du temps, un balayage inversé avec un air provenant du local à pollution spécifique vers le local à pollution non spécifique. Un inconfort olfactif peut subvenir dans l'ensemble du logement.

CONSEILS



Être vigilant lors du câblage électrique de l'appareil en respectant les préconisations du fabricant. Le câblage différencie l'appareil maître de l'esclave, donnant la possibilité de régler les appareils en mode simple-flux en respectant le balayage conventionnel.

5

2

INSTALLATION ET MISE EN SERVICE

5.2.1 MOYENS HUMAINS ET PRINCIPAUX MATÉRIELS NÉCESSAIRES

Les compétences, habilitations et qualifications pour installer ces produits sont multiples afin de garantir une installation selon les règles de l'art et les réglementations en vigueur.

L'installateur devra intervenir :

- Sur les installations électriques existantes (extension et raccordement)
- En hauteur sur échafaudage
- Pour les percements des parois structurelles
- Sur l'extension de canalisations de chauffage et/ou de climatisation (si batteries)
- Sur le réseau de communication (si présent)

Il faudra compter entre 2 à 5 jours par unité pour l'installation. L'estimation du temps dépend de plusieurs facteurs : la technologie, le poids, les options choisies, la paroi, le degré de finitions attendu.

Les matériels spécifiques nécessaires sont :

- Un échafaudage, une carotteuse, une nacelle
- Un lève-matériel
- Un niveau
- Un vérificateur d'absence de tension VAT et autres EPI électriques
- Une valise d'équilibrage hydraulique si batterie hydraulique
- Un fumigène
- Un anémomètre à hélice avec un cône adapté
- Un sonomètre
- Des outils à main divers (clés, tournevis, etc.)



FIGURE 15 Quelques outils nécessaires aux vérifications

Calepins de chantier PACTE

5.2.2 DÉFINITION DE L'IMPLANTATION

Le système est en principe installé sur une paroi donnant sur l'extérieur et idéalement installé sur le mur le moins

large du local afin d'assurer un balayage sur l'ensemble du volume du local.

5.2.2.1 EN APPARENT ET EN ENCASTRÉ

Deux possibilités d'intégration du système sont possibles :

- La première est une installation dite « en apparent », c'est-à-dire, totalement visible des utilisateurs sans finitions fastidieuses
- La seconde est une installation dite « en encastré » ou « en semi-encastré », c'est-à-dire, intégrée partiellement

dans un faux-plafond. Elle a pour avantage de limiter l'impact visuel et de conserver une hauteur sous-plafond relativement proche du plafond existant. Cette solution nécessite une finition plus complexe et n'est pas proposée par tous les fabricants.



FIGURE 16 Etat initial (à gauche) - Intégration en apparent (au centre) - Intégration en semi-encastré (à droite)

5.2.2.2 EN MENUISERIE

L'intégration d'une VMP DFST peut se réaliser également à travers une menuiserie. Cela évite de dégrader la qualité structurelle du bâti par les percements en façade et de réduire le temps d'installation. Cette solution est

envisageable uniquement si la condamnation de la fenêtre a peu d'impact sur l'éclairage naturelle de la pièce. Ci-dessous, une illustration d'intégration de l'appareil sur la partie supérieure de la menuiserie.



FIGURE 17 Etat initial (à gauche) – Intégration après dépose de la menuiserie en apparent (à droite)

5.2.2.3 CAS PARTICULIERS

Dans certains cas, il est possible de gainer l'appareil si une traversée de mur directement sur l'extérieur n'est pas possible. Le système VMP DFST doit justifier d'une pression

disponible supérieure au réseau additionnel pour garantir les débits escomptés.

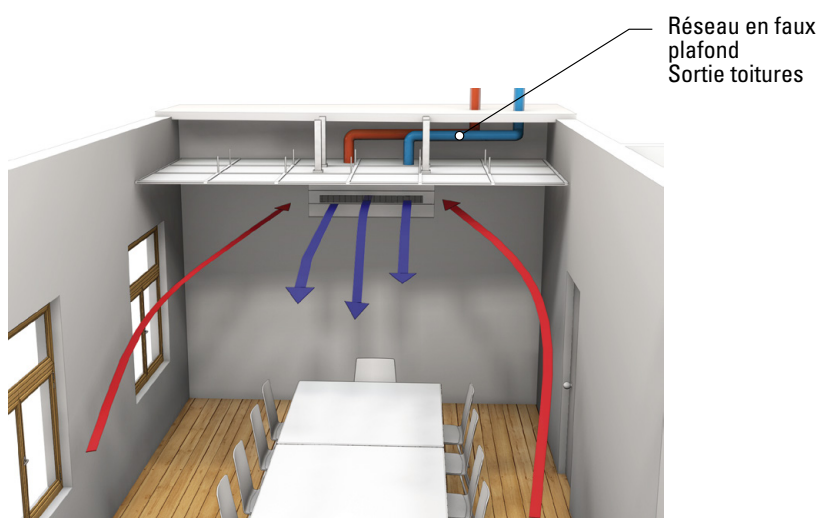


FIGURE 18 Intégration en faux-plafond avec conduits d'air neuf et d'air vicié

5.2.3 TRAVAUX D'INSTALLATION

Après avoir identifié l'implantation du matériel, l'installation se résume en 5 étapes :

- Le percement
- Les raccordements électriques
- L'installation du bloc échangeur
- Le raccordement des vidanges aux évacuations
- L'installation des grilles extérieures

Etape 1 : Le percement à la carotteuse permet d'obtenir une forme ronde précise et régulière. Cependant l'hétérogénéité de certains murs et/ou matériaux empêche sa mise en œuvre. Il est alors parfois nécessaire de réaliser les percements à la main. Le diamètre du tuyau à incorporer dans le mur est compris entre 200 et 320 mm selon le modèle sélectionné.



FIGURE 19 Percement en cloison (à gauche) et en façade (à droite)

Ci-après, une illustration représentant la mise en place d'un conduit dans une paroi pour l'installation d'un appareil de ventilation.

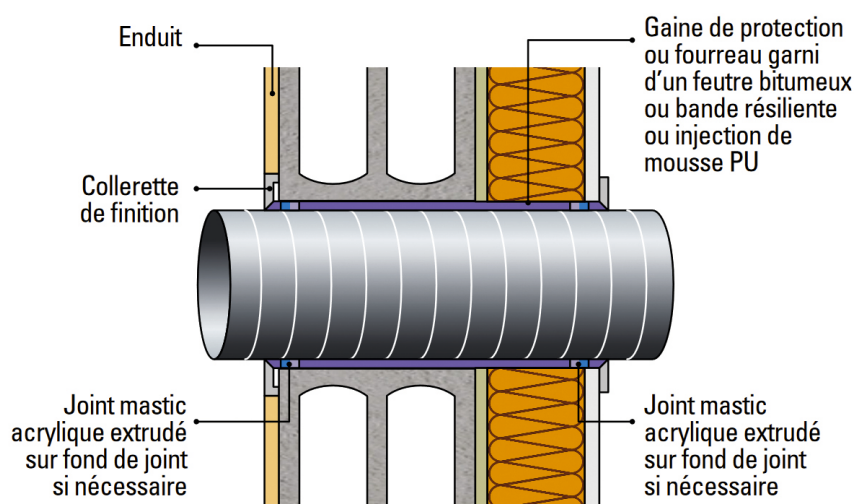


FIGURE 20 Passage des parois

Etape 2 : Le raccordement électrique du système doit respecter les exigences de la NF-C 15-100. Les appareils sont alimentés en Moyenne Tension en 230 V. Toutes interventions doivent être réalisées par un professionnel qualifié et habilité. La procédure d'intervention doit permettre de travailler en sécurité par le professionnel (verrouillage disjoncteur, vérification d'absence de

tension, utilisation d'outils spécifiques au matériels électriques).

Une installation composée de plusieurs équipements asservis en MAÎTRE/ESCLAVE se verra dotée de deux circuits électriques, un pour la commande et le second pour l'alimentation électrique. Ci-dessous, un exemple de raccordement en MAÎTRE/ESCLAVE de 4 appareils :

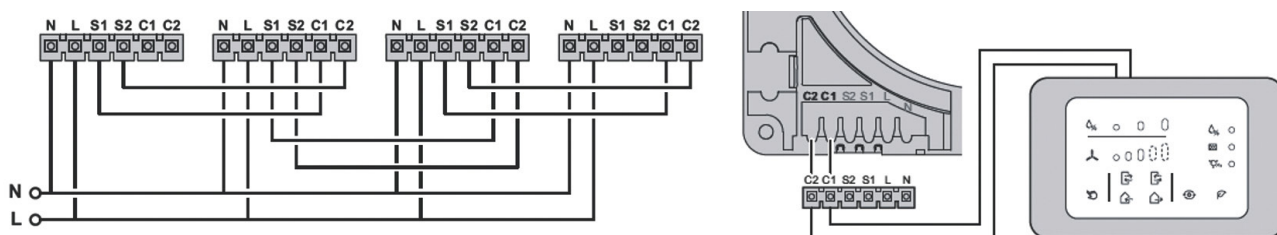


FIGURE 21 Exemple de raccordement de 4 VMP DFA (maître - esclaves)

CONSEILS



Création d'une ligne spécifique à l'alimentation du système. Les appareils sont protégés par des disjoncteurs de courbe C, dont l'ampérage sera dépendant de l'équipement. Dans le cas d'un appartement, le module de protection se situe dans le tableau électrique existant. Dans le cas d'un local en tertiaire, il sera courant de prévoir un coffret spécifique à approximé du local.



FIGURE 22 Intégration d'un disjoncteur sur tableau électrique en résidentiel (à gauche) et tableau spécifique regroupant 10 unités en tertiaire (à droite)

Les câbles d'alimentation électrique séparant l'équipement de l'armoire électrique sont protégés par des tubes plastiques ou moulures dans le cas d'un réseau apparent ou en gaine si le passage est en cloison.

La partie commande du système doit être aisément accessible aux PMR, soit entre 80 et 130 cm à partir du sol si la commande est non fixée au mur, soit à une hauteur

maximale de 80 cm de hauteur si la commande est non amovible.

Etape 3 : La complexité de la pose de l'équipement dépend directement de son poids. Allant de quelques kilos à plus de 250 kg, le matériel nécessaire à l'installation ainsi que les moyens de fixation seront différents. La procédure mise en place par l'entreprise doit garantir la sécurité des

personnes lors de la pose des équipements, tant à l'extérieur par la mise en place d'échafaudage, qu'à l'intérieur avec la mise à disposition de outils permettant l'installation de l'équipement.

Dans le cas de rénovation, une étude structurelle aura validé l'implantation et les points de fixation de l'équipement.

Pour lutter contre la transmission du bruit, les équipements installés doivent être désolidarisés de la paroi sur laquelle ils sont fixés. Cette désolidarisation pourra se faire par un matériau isolant ou des silentblocs (parfois fournis par l'industriel).

CONSEILS



Il est nécessaire d'obstruer les entrées d'air des pièces principales (si présentes) pour ne pas court-circuiter l'échangeur, dégradant les performances thermiques du système et la qualité de l'air intérieur.

Etape 4 : Un risque de condensation dans le système est présent en hiver. Une pente de 3% vers l'extérieur est alors à prévoir si le système n'intègre pas in situ, un système d'évacuation des condensats. Certains industriels proposent en option, une pompe pour l'évacuation les

condensats. Dans ce cas, la création d'une ligne d'évacuation des condensats est nécessaire et sera réalisée selon les règles de l'art, voir NF DTU 60.1 P1.

Il est parfois nécessaire de percer le conduit pour faire ressortir le flexible de condensat (voir figure ci-après).

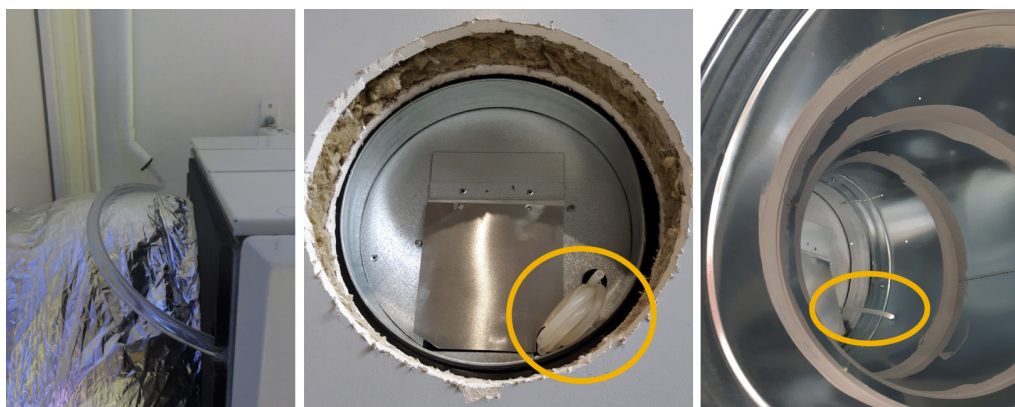


FIGURE 23 Exemple d'évacuation des condensats de l'équipement par un capillaire vers un réseau d'évacuation des eaux usées

Etape 5 : Cette étape concerne les finitions. Avec la mise en place des grilles extérieures, peintures, étanchéité, câblage de l'équipement, nettoyage chantier.



FIGURE 24 Façade extérieure après travaux de rénovation : ITE avec bardage bois + intégration d'une VMP DFST sans remplacement des menuiseries

5.2.4 AUTOCONTRÔLE ET MISE EN SERVICE

La mise en service devrait s'accompagner au préalable d'un autocontrôle de l'entreprise qui a réalisé les travaux afin de s'assurer que les conformités réglementaires, normatives et fonctionnelles soient respectées. L'autocontrôle garantit une mise en service efficace et sans surprise par le biais d'une vérification de points tels que les connexions électriques, l'évacuation des condensats, etc.

La mise en service est réalisée soit par l'installateur, soit par le fabricant. Elle doit comporter à minima les points suivants :

- Réglage des débits aérauliques en fonction des consignes
- Paramétrage des plages horaires de fonctionnement
- Mesure des niveaux sonores acoustiques au centre de la pièce
- Mesure des émergences acoustiques à l'extérieur
- Mesure de l'intensité absorbée à la vitesse nominale

- Réglages de la diffusion d'air (orientation des ailettes, portée, brassage d'air)
- Equilibrage hydraulique si présence d'une batterie hydraulique
- Remise des notices d'utilisation
- Formation aux usagers au fonctionnement de l'appareil

Certains équipements proposent de multiples fonctionnalités pour s'adapter au plus proche des besoins. L'occupation pouvant changer au cours du temps, il est nécessaire de sensibiliser et de former l'utilisateur au fonctionnement de l'appareil pour assurer le confort acoustique et la qualité d'air tout au long de sa durée de vie.

La mise en service se termine avec l'élaboration de procès-verbaux de réception et de la transmission des notices d'utilisation aux maîtres d'ouvrages.

5

3

MAINTENANCE ET ENTRETIEN

5.3.1 ACCESSIBILITÉ

Pour garantir un entretien et une maintenance des appareils installés, il est nécessaire que l'accessibilité soit facile et permanente et donc de prévoir :

- Une hauteur sous-plafond importante
- Du mobilier amovible réduisant l'espace d'intervention

A noter, qu'une ventilation ponctuelle reste néanmoins plus accessible qu'un système centralisé situé en comble. Cependant, un bâtiment équipé totalement en systèmes ponctuels nécessite une durée d'intervention plus importante qu'une installation centralisée.

5.3.2 NATURE DE TRAVAUX D'ENTRETIEN

Deux niveaux d'entretien sont à prévoir :

- Faible périodicité (de 2 mois à 1 an) :
 - Changement des filtres tous les 60 à 90 jours en moyenne
 - Vérification et vidange des condensats si non automatique
- Longue périodicité (de 1 à 3 ans) :
 - Vérification et nettoyage du ou des ventilateurs (roue, grilles etc.)
 - Vérification et nettoyage de l'échangeur

Comme pour tout système qui se doit d'être entretenu et suivi, il est préconisé de mettre en place un carnet d'entretien afin de garantir une traçabilité. Le carnet d'entretien devra être adapté au système installé et devra préciser les entretiens attendus (systématique, préventif et curatif) ainsi que leurs périodicités.

5

4

CHIFFRAGE ET INVESTISSEMENT

L'investissement à prévoir pour l'installation d'une VMP double-flux dépend de la technologie, du débit d'air à véhiculer et de la nature de l'opération. Lorsque l'équipement est installé en habitat, une unique entreprise réalise généralement la totalité des travaux. Sur une opération

de plus grande envergure, comme en secteur tertiaire, il est parfois nécessaire de recourir à plusieurs corps d'état pour mener à bien l'installation, tels que :

- Menuisier poseur
- Chauffagiste

- Electricien (éventuellement un automaticien)
 - Chargé d'affaire si sollicitation d'un bureau d'études
- Le chiffrage devra alors tenir compte de ces critères pour estimer l'investissement au plus proche de la réalité. Il est

représenté ci-dessous, des coûts d'installation selon la technologie étudiée. Dans le cas particulier de la VMP DFA, deux unités sont considérées.

	VMP DFA	VMP DFS	VMP DFST	
	< 50 m ³ /h	< 50 m ³ /h	350 m ³ /h	700 m ³ /h
Nombre d'occupant	< 3	< 2	16	32
Quantité minimale	2	1	1	1
Matériel installé* (hors M.O.E.)	2 800 ± 200 € HT	2 700 ± 200 € HT	6 300 ± 400 € HT	10 500 ± 1 500 € HT
Répartition des coûts d'une installation (fournie et posée)				
Matériel	43 %	63 %	55 %	72 %
Installation + Mise en service	57 %	37 %	45 %	28 %

* Les coûts sont issus de projets réalisés et sont donnés à titre indicatif. Ils peuvent varier selon les contraintes inhérentes au projet.

TABEAU 7 Estimation de chiffrage selon la technologie étudiée

5

5

POINTS DE VIGILANCE

Une étude préalable doit permettre le contrôle de quelques points de vigilance pour valider la faisabilité du projet :

- Ne pas provoquer d'interférence avec un système de ventilation ou de climatisation existant
- Impact sur les déperditions (vérification de la puissance installée)
- Considération de l'esthétique de la façade de l'immeuble (PLU, architectes de France, syndic de copropriétaires, etc.)
- Evaluation du risque de refoulement des gaz de combustion si présence d'un appareil à combustion non étanche

- Possibilité d'isoler le circuit d'alimentation électrique de la ventilation pendant l'installation de l'appareil
- Étanchéité à l'air à parfaire (entrées d'air existantes à condamner)
- Implantation des équipements en fonction des vents dominants
- Prise en compte des sources de pollution (feuilles, axes routiers, PAC en façade, espaces fumeurs, etc.)
- Evaluation du critère acoustique du local par l'utilisateur (prioritaire ou secondaire)

CONSEILS



Les points de vigilance doivent être soulevés avec attention. L'intégration du système ne doit pas dégrader le confort initial de l'utilisateur, que ce soit thermique, olfactif ou acoustique.

6

ETUDE DE CAS – ETABLISSEMENT SCOLAIRE

6

1

PRESENTATION

Une étude de cas a été réalisée sur un établissement scolaire, allant de 1 à 10 salles de classe à traiter. L'objectif étant de visualiser l'intérêt d'une solution double-flux ponctuelle par rapport à un système centralisé simple-flux et double-flux.

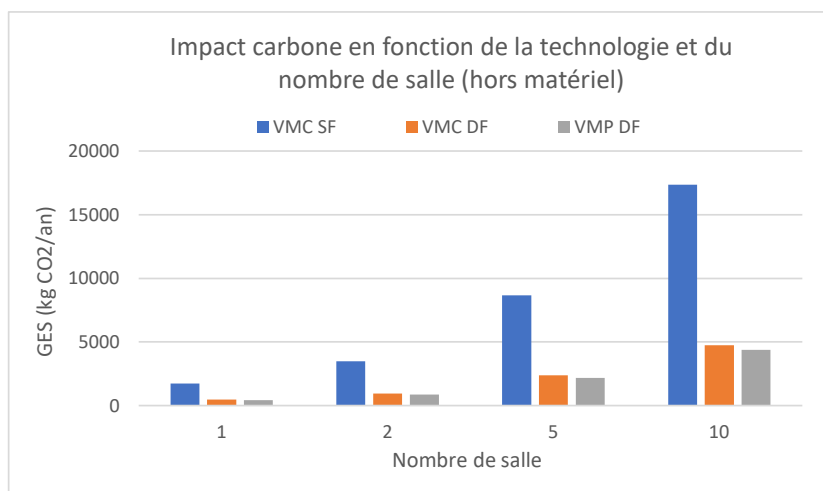
Il est considéré pour l'étude de cas, que le chauffage des classes est assuré par une production de chaleur centralisée au gaz avec un coût moyen de 7 c€/TTC/kWh consommé et un impact de carbone de 234 gCO₂/kWh. L'électricité consommée par les auxiliaires de ventilation a un coût de 15 c€/TTC/kWh et à un impact carbone de 84 gCO₂/kWh.

6

2

CONSTATS ET RÉSULTATS

6.2.1 BILAN ENERGETIQUE



Constats et résultats

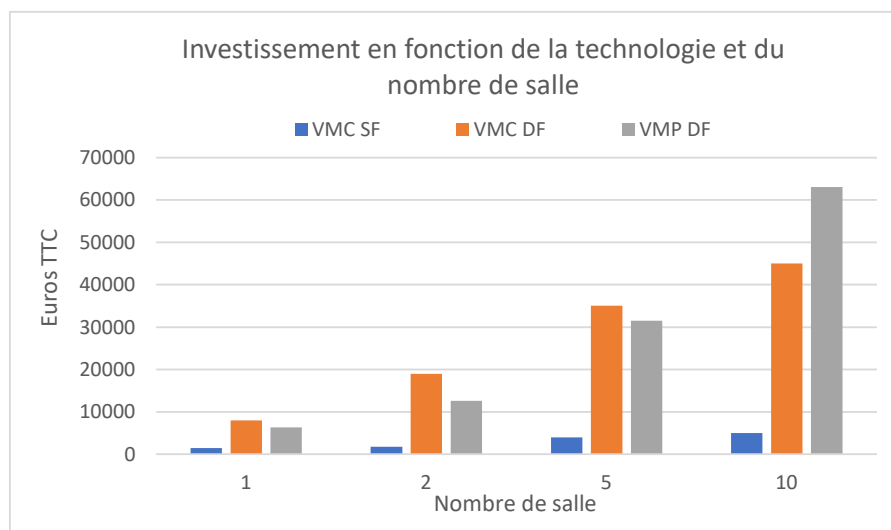
Une consommation d'énergie plus importante avec une VMC SF pour assurer les besoins de chauffage.

L'écart s'intensifie avec le nombre de salle à traiter.

Peu d'écart sur les consommations d'énergie entre une VMC DF et VMP DF.

FIGURE 25 Résultats de l'étude de cas : Energie finale consommée

6.2.2 BILAN ECONOMIQUE



Constats et résultats

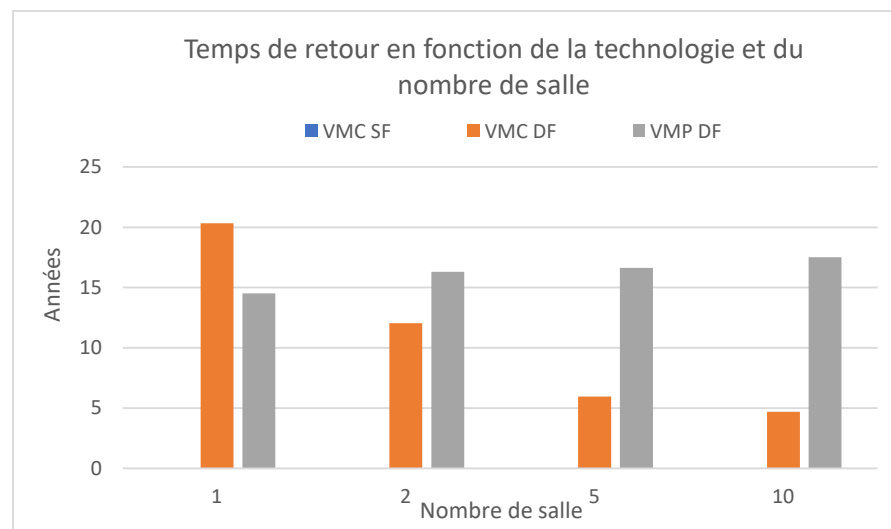
L'investissement d'une VMC SF est bien inférieur aux autres technologies.

Entre 5 et 10 salles à traiter, les investissements pour une VMC DF et une VMP DF sont proches

Au-delà, l'investissement de systèmes ponctuels n'est plus compétitif.

FIGURE 26 Résultats de l'étude de cas : Investissement

6.2.3 RENTABILITE



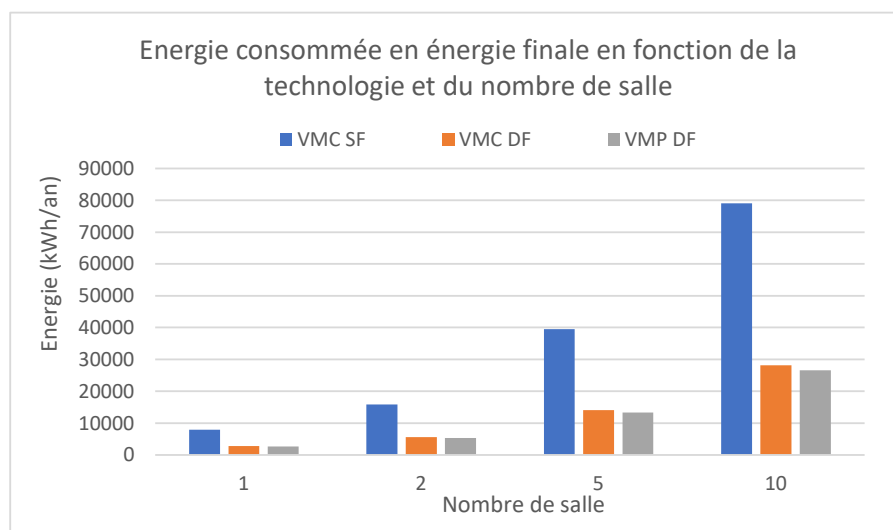
Constats et résultats

Le Temps de retour pour un système ponctuel varie peu en fonction du nombre de salle à équiper.

Pour le même besoin à assurer, un système centralisé verra son coût d'investissement réduit et donc un TRB réduit pour un nombre de salle à traiter important.

FIGURE 27 Résultats de l'étude de cas : Rentabilité

6.2.4 BILAN CARBONE



Constats et résultats

Le calcul de l'impact carbone ne tient pas compte du matériel mais uniquement des énergies consommées.

L'impact carbone d'une solution simple-flux est nettement supérieur aux systèmes DF. Son évolution est proportionnelle aux consommations d'énergie liée au chauffage.

L'impact carbone des systèmes DF se limite aux auxiliaires de ventilation.

FIGURE 28 Résultats de l'étude de cas : Bilan carbone

6

3

ENSEIGNEMENTS

Le système simple-flux, utilisé comme référence dans l'étude de cas, a un coût d'investissement faible, cependant, les consommations d'énergie et l'impact carbone sont supérieurs aux systèmes double-flux. L'écart est d'autant plus important lorsque le nombre de salle de classe augmente.

Le système double-flux centralisé est pertinent économiquement lorsque le nombre de salle à traiter est supérieur à cinq. Les indicateurs environnementaux et énergétique sont semblables à un système ponctuel double-flux.

Le système double-flux ponctuel est alors intéressant pour traiter jusqu'à 5 à 10 salles de classe. Au-delà, l'investissement devient largement supérieur à un système centralisé. De plus, l'étude de cas ne tient pas compte du coût d'entretien des appareils et de l'affectation du matériel dans l'impact carbone, réduisant la pertinence de cette solution lorsque le nombre d'appareil à installer augmente.

7

RETOURS D'EXPERIENCES

7 1

ENQUETE AUPRES DE LA FILIERE

7.1.1 DÉROULEMENT DES ENQUÊTES

Une enquête destinée à la filière a permis de toucher l'ensemble des professions concernées et également les utilisateurs, avec 23 retours d'enquête. Les enquêtes sont spécifiques à la profession de l'interlocuteur.

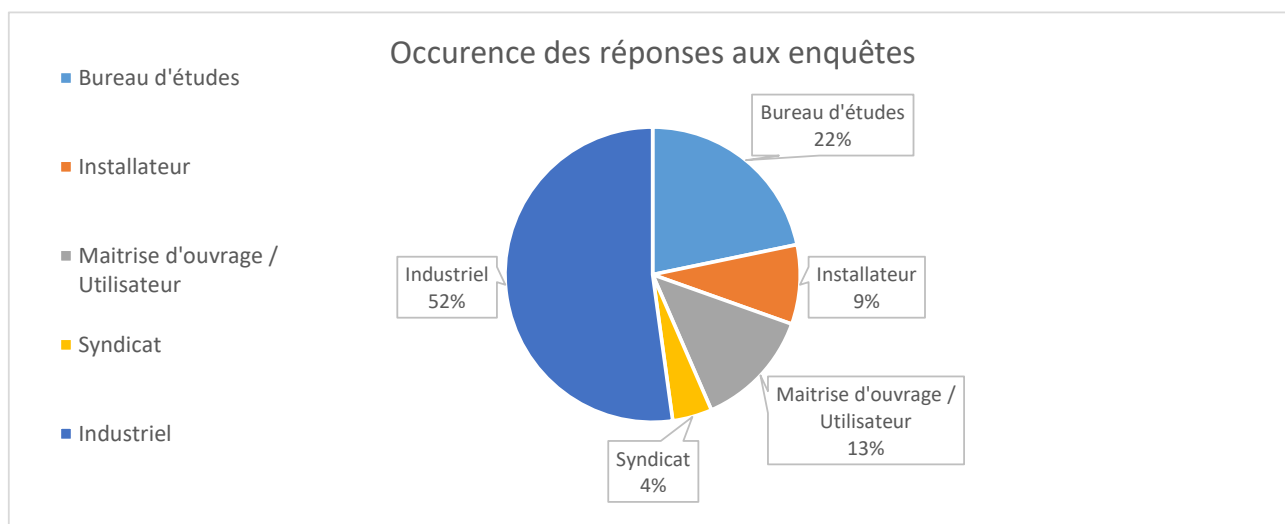


FIGURE 29 Occurrence des réponses aux enquêtes

7.1.2 ANALYSE QUALITATIVE

Une analyse qualitative sur retour d'expérience a été réalisée. Il en ressort le graphique ci-après :

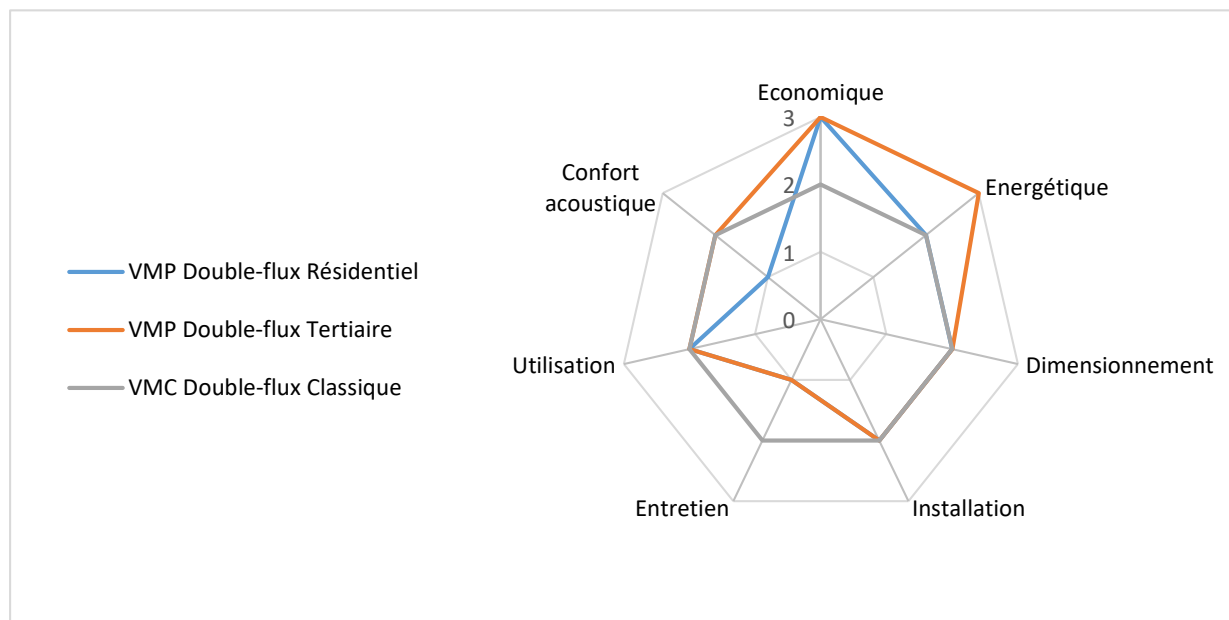


FIGURE 30 Résultats des enquêtes menées auprès de professionnels de la ventilation

En synthèse, les constats sont :

- **Critère économique** : Dans le cas d'une unique salle à traiter, l'unicité de l'appareil rend un coût d'installation inférieur à une VMC DF classique, cependant, la multiplicité des appareils augmente significativement le coût d'installation.
- **Critère énergétique** : En habitat, la ventilation est permanente. L'installation d'un appareil ponctuel ne permet pas un gain énergétique par rapport à une ventilation centralisée. En tertiaire, les régulations proposées par les fabricants permettent d'ajuster au plus proche des besoins les consommations électriques, ayant un impact positif sur le critère énergétique.
- **Critère de dimensionnement** : L'absence de conduits aérauliques limite les contraintes de dimensionnement des réseaux, néanmoins, une VMP DF nécessite une étude particulière du local afin de garantir une bonne diffusion de l'air. Le débit, la portée, l'emplacement, le surdimensionnement éventuel pour limiter les nuisances acoustiques sont des critères dimensionnels à étudier.
- **Critère d'installation** : L'absence de conduits aérauliques de percements des murs intérieurs et de l'installation de clapets coupe-feu sont des gains de temps et d'investissement, cependant, une VMP DF nécessite le percement en façade et dans la majorité des cas, l'installation d'un échafaudage. En tertiaire, le poids des appareils est une contrainte importante puisqu'elle nécessite l'accès d'un engin de levage à l'intérieur pour installer l'appareil. En habitat collectif,

le percement en façade nécessite l'accord du syndic et du PLU. La création d'un réseau pour l'évacuation des condensats est une contrainte supplémentaire.

- **Critère d'entretien** : L'accès aux appareils est simplifié puisqu'il est situé dans le local qu'il dessert. Lorsque le bâtiment est équipé d'un nombre important d'appareil, le temps d'entretien est bien supérieur à un système centralisé. En habitat collectif, l'entretien des appareils ponctuels nécessite l'accès aux logements.
- **Critère d'utilisation** : Un système centralisé ne nécessite pas d'actions particulières de l'utilisateur, ni de formation à l'utilisation de l'appareil. En habitat, un système ponctuel nécessitera une formation à l'utilisateur de l'appareil. L'utilisateur sera amené à adapter les réglages par rapport à ces besoins. En tertiaire, les systèmes ponctuels sont programmés à la mise en service et sont dotés d'une régulation automatique. Il n'y a en général pas d'action particulière attendue par l'utilisateur.
- **Critère acoustique** : En habitat, l'installation d'une VMP DF induit automatiquement une source sonore supplémentaire. La sélection du matériel doit tenir compte de la puissance acoustique de l'appareil pour limiter la nuisance. En tertiaire, le critère acoustique est un point particulièrement traité, avec des équipements ne dépassant pas 25 dB en petite vitesse. Il est parfois nécessaire de sélectionner un appareil légèrement surdimensionner pour travailler une vitesse réduite.

7

2

AUDITS DES INSTALLATIONS

7.2.1 OBJECTIF DES AUDITS

Les audits ont permis d'évaluer l'intégration du système depuis leur mise en œuvre jusqu'à leur entretien. Les audits couvrent l'aspect fonctionnel, confort et ergonomie d'utilisation.

Pour chacun des sites audités et lorsque cela a été possible, les informations suivantes ont été relevées :

1. Caractérisation de l'installation
 - Date d'installation
 - Nature du local
 - Campagne photographique
 - Prise de cote du local et repérage métré de l'équipement dans le local
 - Questionnaire utilisateurs (prise en main, difficultés rencontrées, entretien...)
 - Devis liés à l'installation du matériel
 - Contact avec l'exploitant

2. Evaluation ponctuelle du fonctionnement

- Mesure d'intensité (évaluation du mode de fonctionnement)
- Mesure de débit de ventilation en sortie de diffuseurs (soufflage/extraction)

3. Evaluation ponctuelle de la diffusion de l'air

- Mesure de vitesse d'air en différents points du local (balayage de la pièce)
- Mesure acoustique au centre de la pièce et au niveau des postes de travail
- Evaluation de la diffusion de l'air par test fumigène

Chaque site audité fait l'objet d'une fiche descriptive de la solution et de son intégration.

7.2.2 FICHES D'AUDITS ILLUSTRÉES

Au total, 7 sites ont fait l'objet d'un audit technique de fonctionnement regroupant différentes destinations d'usage :

- FICHE n°1 : Studio équipé de deux VMP DFA sur un même étage
- FICHE n°2 : Extension de maison individuelle étanche à l'air équipé d'une VMP DFS
- FICHE n°3 : Ecole élémentaire équipée de VMP DFST
- FICHE n°4 : Réhabilitation d'un entrepôt en Tiers-lieu équipé d'une VMP DFST

- FICHE n°5 : Rénovation lourde d'une crèche équipée d'une VMP DFST
- FICHE n°6 : Amélioration de la qualité d'air d'une salle de formation avec une VMP DFST
- FICHE n°7 : Amélioration de la qualité d'air en bureau avec une VMP DFST

Ci-après, un résumé de chacun des sites.

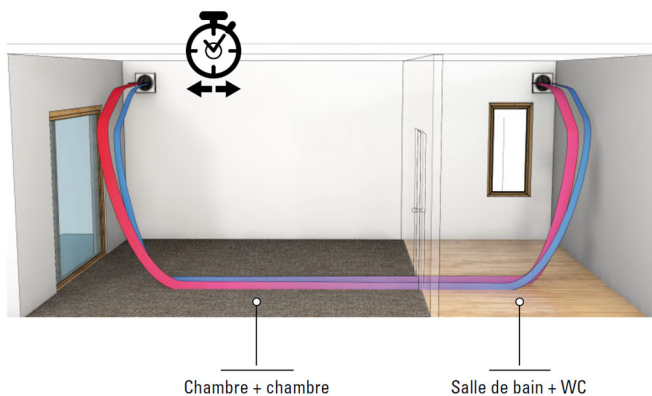
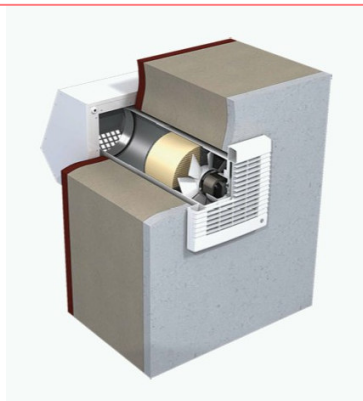
FICHE 1**VENTILATION PONCTUELLE DOUBLE-FLUX ALTERNÉE
SECTEUR RESIDENTIEL****STUDIO SITUE A HAUBOURDIN (59)****Motivations principales :**

- ~ Projet de rénovation ambitieux
- ~ Pas de VMC à l'état initial
- ~ Récupération sur l'air extrait
- ~ Etanchéité à l'air, triple vitrage, ITE biosourcé
- ~ Installation : 2 systèmes VMP DFA

**MATERIEL INSTALLE****VMP DFA : CONFORENO ZHENDER**

- ~ Dim : 212 x 212 x 30 mm
- ~ Poids : 6 kg
- ~ Plage de débit : 25-50 m³/h
- ~ Coût installé : 2 800 € TTC (2 unités)
- ~ Unités asservies (maitre-esclave)
- ~ Alternance à 70 sec

Mode	Vitesse 1	Vitesse 2
Qv_{extrait}	-16 m ³ /h	-35 m ³ /h
Qv_{soufflé}	+12 m ³ /h	+24 m ³ /h
Lp_{Int}	36 dB(A)	41 dB(A)
Lp_{Ext}	-	+3 dB(A)



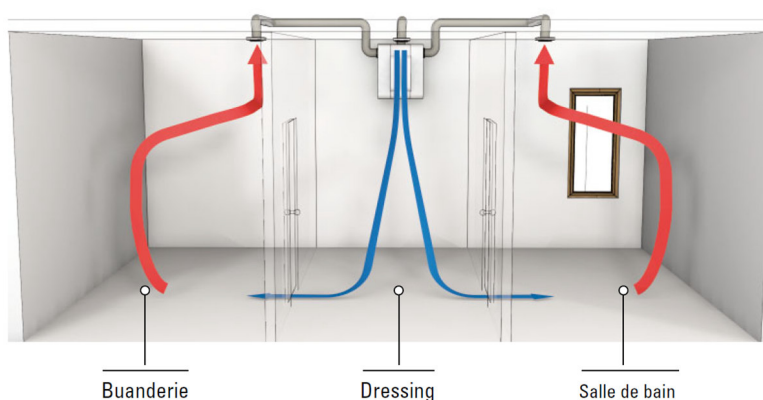
FICHE 2**VENTILATION PONCTUELLE DOUBLE-FLUX SIMULTANEE
SECTEUR RESIDENTIEL****MAISON SITUÉE A VILLENEUVE D'ASCQ (59)****Motivations principales :**

- ~ Installation : 1 système VMP DFS
- ~ Création SDB + buanderie + dressing
- ~ Maison étanche
- ~ Système double-flux centralisé existant
- ~ Raccordement sur le réseau existant complexe

**MATERIEL INSTALLE****VMP DFS : MELTEM M-WRG**

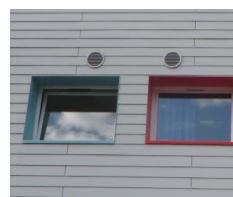
- ~ Dimensions : 388 x 409 x 196 mm
- ~ Poids : 8,3 kg
- ~ Plage de débit : 10 – 100 m³/h
- ~ Coût installé : 2 900 € TTC
- ~ Spécificité(s) du produit :
- ~ Possibilité de gainer

Mode	Vitesse 1	Vitesse 2	Vitesse 3
Q _v _{extrait}	-13 m ³ /h	-22 m ³ /h	-44 m ³ /h
Q _v _{soufflé}	+7 m ³ /h	+13 m ³ /h	+26 m ³ /h
L _p _{Int}	21 dB(A)	25 dB(A)	31 dB(A)
η _{échangeur}	-	-	91%



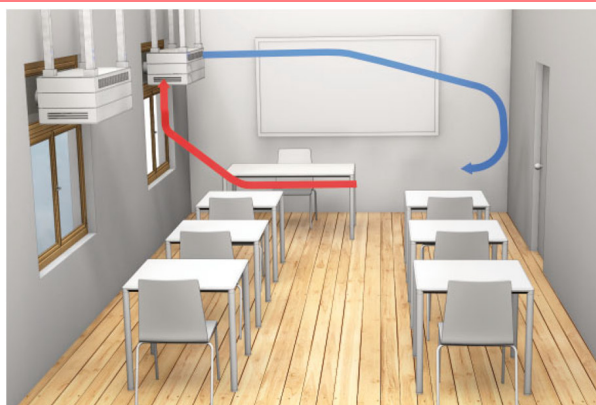
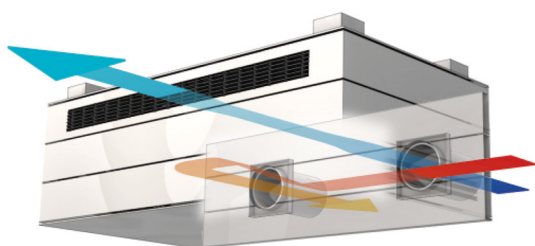
FICHE 3**VENTILATION PONCTUELLE DOUBLE-FLUX SIMULTANEE
SECTEUR TERTIAIRE****ECOLE PRIMAIRE SITUÉE À CLICHY-SOUS-BOIS (93)****Motivations principales :**

- ~ Retour d'expérience négatif de VMC DF
- ~ Méfiance du Maître d'ouvrage
- ~ Etude comparative entre VMP DF et VMC DF
- ~ ITE avec bardage bois + système double-flux
- ~ Qualité d'Air Intérieur (ventilation permanente)
- ~ 26 systèmes double-flux ponctuels installés

**MATERIEL INSTALLE****VMP DFST : HELIO AIR MASTER (AM 500)**

- ~ Dimensions : 1600 x 450 x 800 mm
- ~ Poids : 108 kg
- ~ Plage de débit : 430 m³/h
- ~ Coût unitaire installé : 8 000 € HT
- ~ Régulation en fonction du CO₂

Mode	Vitesse 1
Qv _{extrait}	-112 m ³ /h
Qv _{soufflé}	+72 m ³ /h
Lp _{Int}	25 dB(A)
Lp _{Ext}	+2 dB(A)
V _{amb}	< 0,2 m/s



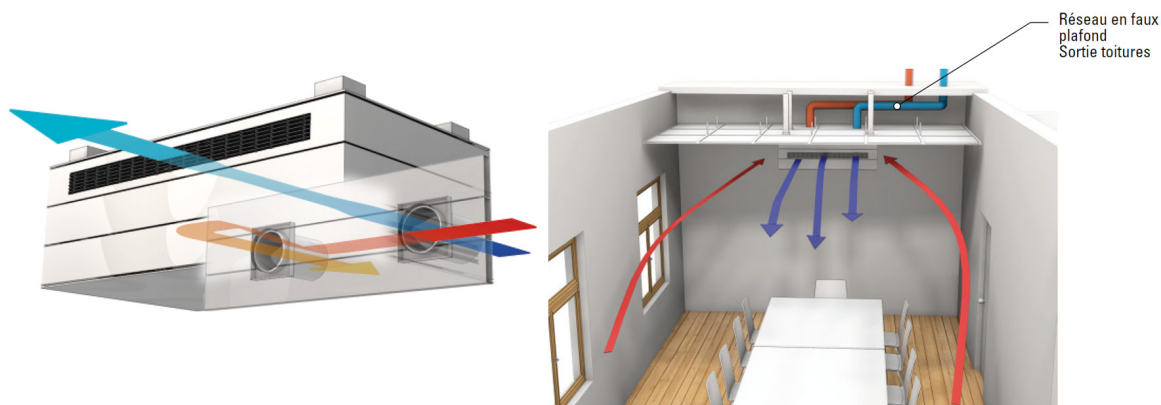
FICHE 4**VENTILATION PONCTUELLE DOUBLE-FLUX SIMULTANEE
SECTEUR TERTIAIRE****TIERS-LIEUX SITUE A MARANS (17)****Motivations principales :**

- ~ ITI + système double-flux centralisé
- ~ 1 système double-flux ponctuel installé
- ~ Micro-réseau de gaine avec sortie toiture
- ~ Raccordement au réseau centralisé complexe
- ~ Salle à forte intermittence
- ~ Intégration en semi-encastré

**MATERIEL INSTALLE****VMP DFST : HELIO AIR MASTER (AM 500)**

- ~ Dimensions : 1600 x 450 x 800 mm
- ~ Poids : 108 kg
- ~ Plage de débit : 430 m³/h
- ~ Coût unitaire installé : 8 000 € HT
- ~ Régulation en fonction du CO₂

Pas de mesures
possibles – En cours
d'installation



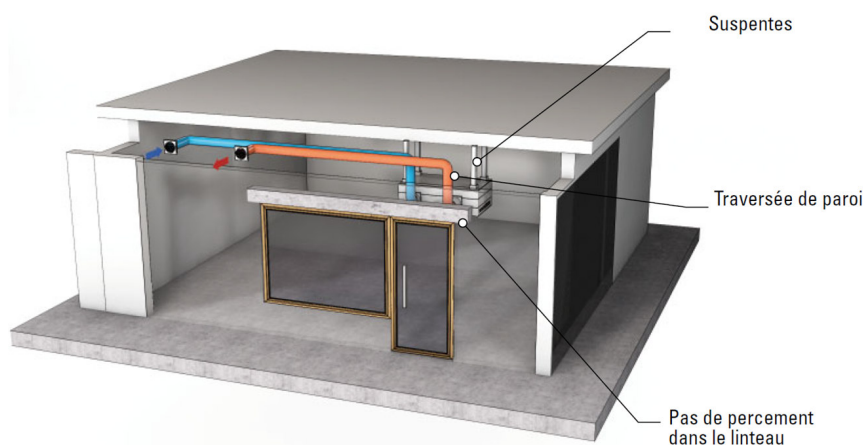
FICHE 5**VENTILATION PONCTUELLE DOUBLE-FLUX SIMULTANEE
SECTEUR TERTIAIRE****CRECHE SITUÉE A NIORT (79)****Motivations principales :**

- ~ ITI + Installation de chauffage + Ventilation
- ~ 7 système double-flux ponctuels installés
- ~ Création d'un réseau centralisé complexe
- ~ Etude de faisabilité favorable
- ~ Possibilité de climatiser par ajout d'un module

**MATERIEL INSTALLE****VMP DFST : HELIO AIR MASTER (AM 300)**

- ~ Dimensions : 1600 x 450 x 800 mm
- ~ Poids : 50 kg
- ~ Plage de débit : 240 m³/h
- ~ Coût unitaire installé : 6 000 € HT
- ~ Régulation en fonction du CO₂

Mode	Vitesse 1
Q _v _{extrait}	-121 m ³ /h
Q _v _{soufflé}	+214 m ³ /h
L _p _{Int}	39 dB(A)
L _p _{Ext}	+17 dB(A)



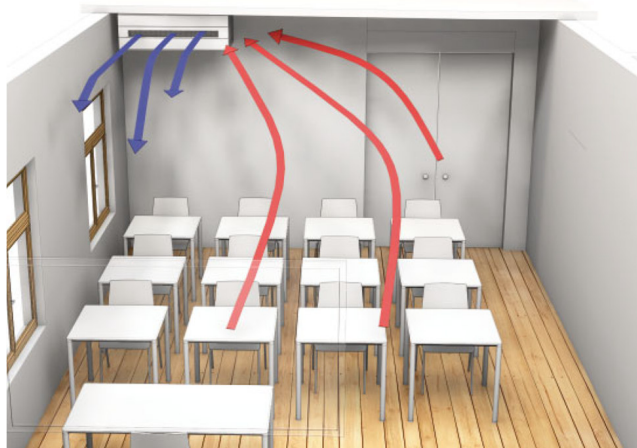
FICHE 6**VENTILATION PONCTUELLE DOUBLE-FLUX SIMULTANÉE
SECTEUR TERTIAIRE****SALLE DE FORMATION A ST REMY (78)****Motivations principales :**

- ~ Bâtiment rénové depuis 2000
- ~ Menuiseries DV ALU
- ~ SPILT réversible (chauffage/climatisation)
- ~ Expérimentation
- ~ Amélioration de la qualité d'air

**MATERIEL INSTALLE****VMP DFST : ALDES VEX 308**

- ~ Dimensions : 2072 x 500 x 840 mm
- ~ Poids : 185 kg
- ~ Plage de débit : 150 - 850 m³/h
- ~ Coût unitaire installé : 9 300 € HT
- ~ Régulation en fonction du CO₂
- ~ Batterie électrique de 2 kW

Mode	Vitesse mini	Vitesse maxi
Qv _{extrait}	-160 m ³ /h	-632 m ³ /h
Qv _{soufflé}	+246 m ³ /h	+782 m ³ /h
Lp _{Int}	29 dB(A)	45 dB(A)
Lp _{Ext}	+5 dB(A)	+22 (dB(A)



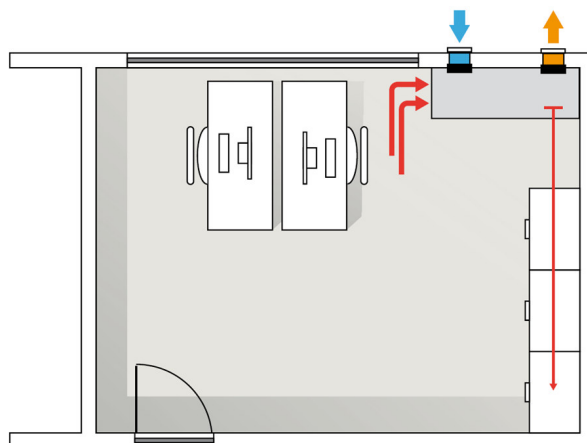
FICHE 7**VENTILATION PONCTUELLE DOUBLE-FLUX SIMULTANEE
SECTEUR TERTIAIRE****BUREAU A HAUBOURDIN (59)****Motivations principales :**

- ~ Salle à forte intermittence
- ~ Expérimentation
- ~ Performance énergétique
- ~ Qualité d'air intérieur

**MATERIEL INSTALLE****VMP DFS : MAICO POWERBOX WS 75**

- ~ Dimensions : 1090 x 554 x 190 mm
- ~ Poids : 18 kg
- ~ Plage de débit : 20 - 70 m³/h
- ~ Coût unitaire installé : 3 500 € HT
- ~ Régulation en fonction de l'humidité
- ~ Régulation en fonction du CO₂

Mode	Vitesse mini	Vitesse maxi
Qv _{extrait}	-31 m ³ /h	-44 m ³ /h
Qv _{soufflé}	+33 m ³ /h	+43 m ³ /h
Intensité	0,08 A	0,12 A
η _{échangeur}	78%	79%





EXPERIMENTATION PAR L'INSTRUMENTATION

8

1

OBJECTIF DE L'INSTRUMENTATION

Le suivi instrumenté permet d'évaluer l'efficacité d'un système ponctuel double-flux en conditions réelles. Il sera

étudié pour cela, la qualité d'air et les consommations liées à l'équipement selon plusieurs modes de fonctionnement.

8

2

METHODOLOGIE APPLIQUEE

8.2.1 DESCRIPTION DU BÂTIMENT

Cette expérimentation s'est déroulée dans les locaux du COSTIC à Saint Rémy-Lès-Chevreuse (78). Le bâtiment du COSTIC est un cas de figure couramment retrouvé dans le secteur tertiaire. Les locaux sont ventilés par ouverture des fenêtres limitant l'apport d'air neuf aux simples infiltrations d'air liées à la faible étanchéité et aux ouvertures

ponctuelles des menuiseries. A titre d'exemple, est représenté ci-dessous, l'évolution de la quantité de CO₂ mesurée dans une salle de formation du bâtiment du COSTIC sans ventilation, ayant accueilli environ 35 personnes sur une journée.

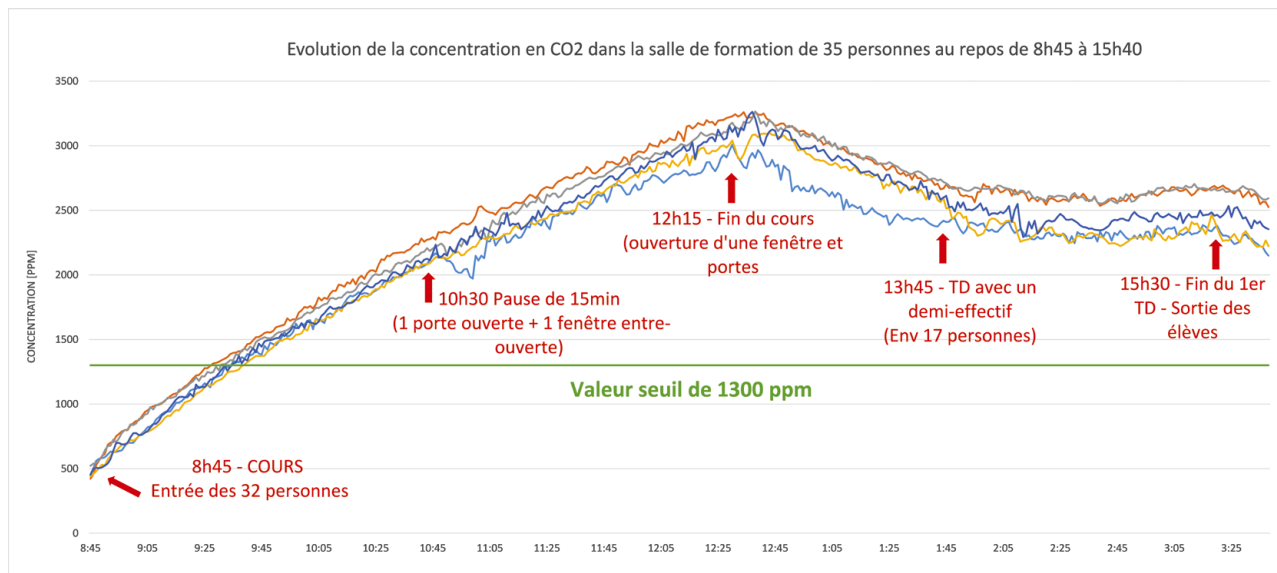


FIGURE 31 Caractérisation du bâtiment recevant l'instrumentation

On observe une augmentation importante des taux de CO₂ dans l'ambiance jusqu'à dépasser le seuil des 3000 ppm.

Le taux est abaissé uniquement lorsque les fenêtres sont maintenues ouvertes.

8.2.2 STRATEGIE D'INSTRUMENTATION

Le Costic a équipé l'une de ses salles de formation d'une centrale double-flux Aldes. Le local sélectionné a accueilli 13 personnes sur la période du suivi instrumenté.

L'enregistrement des données a été réalisé sur 2 semaines consécutives, au pas de temps de la minute. Les grandeurs mesurées pour évaluer la qualité d'air et le confort thermique sont :

- Conditions intérieures en différents points du local
 - Humidité relative
 - Température
 - Taux de CO₂
- Conditions extérieures
 - Humidité relative
 - Température
 - Taux de CO₂

Les grandeurs mesurées pour évaluer le fonctionnement et l'efficacité du système sont :

- Intensité des ventilateurs
- Intensité de la résistance électrique (si présente)
- Grandeur réglante du système installé
- Température Entrée/Sortie batterie (si présente)
- Température d'air Extrait / Soufflé / Vicié / Neuf

Contraint par les délais d'installation de l'équipement, le suivi instrumenté a débuté en période estivale. Il n'est donc pas étudié l'efficacité liée à l'échangeur de chaleur. Cependant, il est analysé le fonctionnement du système et ces performances lors de sollicitations variables.

Sur deux semaines, différents paramétrage de l'équipement sont testés. Les utilisateurs ne sont pas informés des réglages. Un questionnaire en fin de chaque journée permet d'obtenir leurs ressentis sur le confort acoustique, olfactif et aussi sur la qualité d'air.

8

3

INSTALLATION ET RECEPTION

8.3.1 INSTALLATION DE L'ÉQUIPEMENT

La centrale installée pour l'instrumentation est décrite ci-dessous :

VMP DFST : ALDES VEX 308

Dimensions : 2072 x 500 x 840 mm

Poids : 185 kg

Plage de débit : 150 – 850 m³/h

Diamètre des gaines ALU : 315 mm

Régulation sur CO₂ (réglage 1000 ppm)

Batterie électrique de 2 kW



FIGURE 32 VMP DFST ALDES VEX 308 installée dans une salle de formation (vue intérieure)

Air neuf gainé depuis l'extérieur
Air vicié rejeté en hall technique
Condensats rejetés aux eaux usées



FIGURE 33 VMP DFST ALDES VEX 308 installée dans une salle de formation (vue extérieure)

8.3.2 PLAN DE COMPTAGE

L'instrumentation est présentée par l'illustration ci-après :

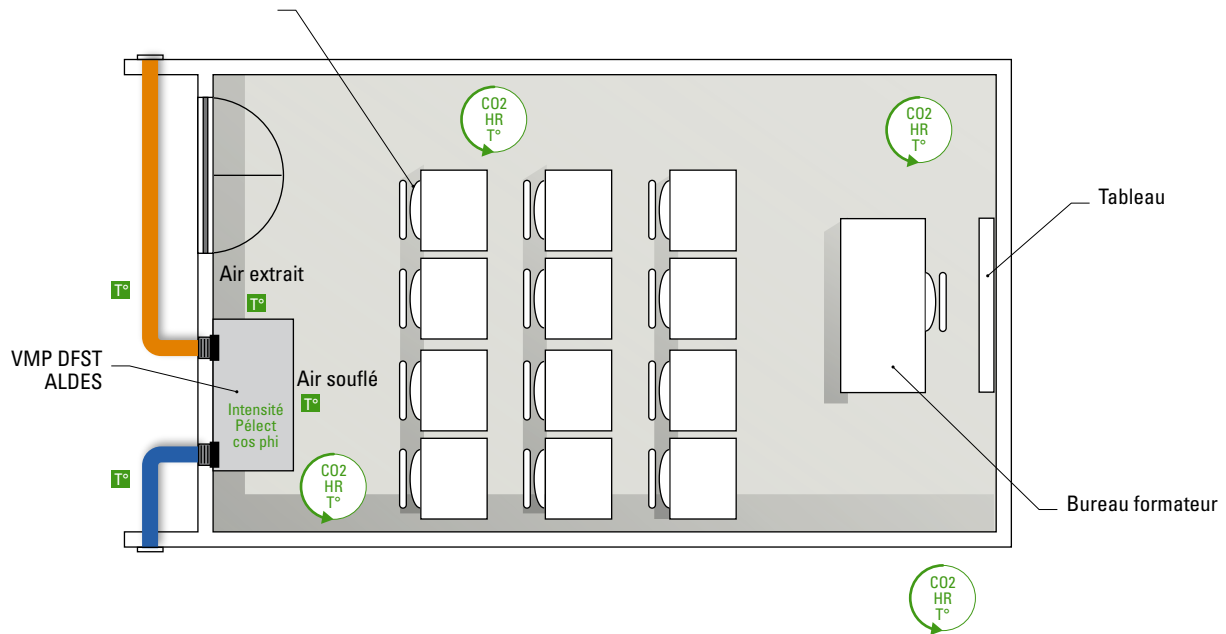


FIGURE 34 Implantation de l'instrumentation dans la salle de formation

8.3.3 MESURES À RÉCEPTION

En amont de l'instrumentation, des mesures ponctuelles ont été réalisées pour différentes vitesses :

			V0	V10	V45	V100
Qv soufflage	m ³ /h		-	246	547	782
Qv reprise	m ³ /h		-	160	401	632
% Reprise/Soufflage	-		-	65%	73%	81%
Intensité	A	MOY	0,2	0,58	0,65	0,94
Puissance	W	MOY	20	32	92	400
SFP	Wh/m ³		0	0,13	0,17	0,51

TABLEAU 8 Mesures liées au fonctionnement de l'appareil

L'ajout des gaines génère une légère baisse du débit annoncé. Le coefficient SFP est inférieur ou égal à 0,4 Wh/m³ sur toute la plage de débit, hormis en vitesse maximale de

l'appareil, respectant les exigences de performances des systèmes de ventilation intégrés en rénovation.

			V0	V10	V45	V100
Vitesses résiduelles (1 mètres)	m/s	MIN	-	0,016	-	0,043
	m/s	AVG	-	0,044	-	0,128
	m/s	MAX	-	0,071	-	0,274
Vitesses résiduelles (4 mètres)	m/s	MIN	-	0,001	-	0,053
	m/s	AVG	-	0,001	-	0,205
	m/s	MAX	-	0,003	-	0,464
Vitesses résiduelles (6 mètres)	m/s	MIN	-	0,046	-	0,064
	m/s	AVG	-	0,089	-	0,208
	m/s	MAX	-	0,249	-	0,317

TABLEAU 9 Mesures liées au confort sensoriel (vitesses d'air ambiant)

En moyenne, quelle que soit la vitesse réglée à l'équipement, les vitesses résiduelles sont inférieures ou proche de la limite considérée comme inconfortable de 0,2 m/s. Plus la distance par rapport à l'appareil est importante et plus la vitesse d'air ressentie est plus importante. Les

vitesses d'air résiduelles génèrent de l'inconfort lorsque le débit réglé est de 550 m³/h. L'inconfort lié aux vitesses d'air ambiante est majoré lorsque la température de soufflage est inférieure ou égale à la température ambiante en période de chauffage.

		V0	V10	V45	V100
Acoustique (1 m)	dB(A)	-	28,9	36	45
Acoustique (3 m)	dB(A)	-	28,4	35	44,1
Acoustique extérieure (3 m)	dB(A)	32,2	36,9	44,4	54,1
Emergence	dB(A)	-	5	12	22

TABLEAU 10 Mesures liées au confort acoustique (intérieur à 1 et 3 mètres et extérieur à 3 mètres).

Pour une vitesse réglée à 45%, soit environ 550 m³/h, la pression acoustique est d'environ 35 dB(A). En vitesse

maximale, la pression acoustique est de 45 dB(A) devenant inconfortable pour les usagers.

8

4

SUIVI INSTRUMENTE

8.4.1 SCÉNARIO

Le scénario établi met en évidence l'efficacité du système à répondre aux besoins des utilisateurs. Le paramétrage est modifié tous les jours et un questionnaire est rempli quotidiennement par les 13 utilisateurs de la salle.

Le scénario était le suivant :

- Réglage 1 : Vitesse 0
- Réglage 2 : Vitesse 10%, soit 246 m³/h (soufflage) + Régulation automatique sur CO₂

- Réglage 3 : Vitesse 20%, soit 340 m³/h (soufflage) + Régulation automatique sur CO₂
- Réglage 4 : Vitesse 45%, soit 547 m³/h (soufflage) + Régulation automatique sur CO₂
- Réglage 5 : Vitesse 10%, soit 246 m³/h (soufflage)
- Réglage 6 : Vitesse 20%, soit 340 m³/h (soufflage)
- Réglage 7 : Vitesse 45%, soit 547 m³/h (soufflage)

Rappel : Le débit réglementaire demandé par le code du travail serait de 390 m³/h, soit le réglage n°2.

8.4.2 RÉSULTATS DU QUESTIONNAIRE

Le questionnaire de satisfaction est établi sur 3 critères :

- La qualité d'air globale (critère subjectif)
- La qualité d'air olfactive
- La nuisance sonore

L'analyse des questionnaires apporte les interprétations suivantes :

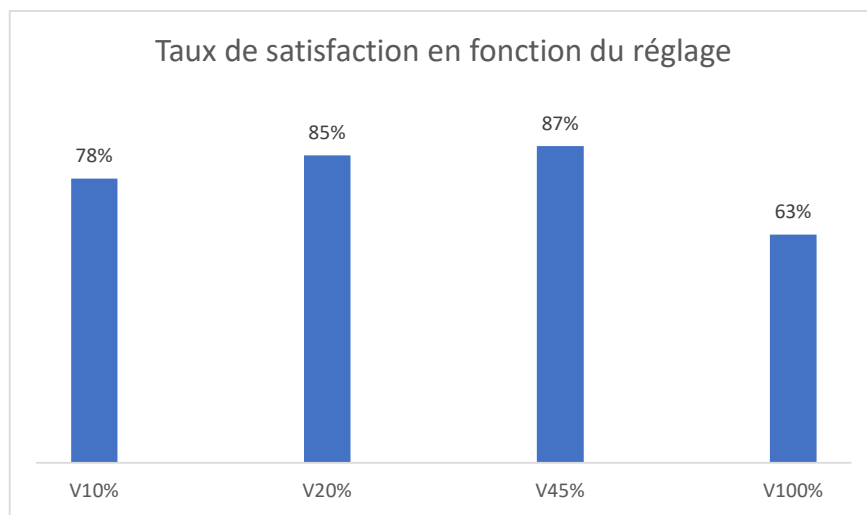


FIGURE 35 Résultats de l'instrumentation : Taux de satisfaction en fonction du réglage

Les journées les plus confortables pour les utilisateurs sont les journées où l'équipement était réglé entre 20 et 45% de la vitesse maximale, soit entre 250 et 550 m³/h.

La journée où la vitesse était réglée à 10%, la nuisance sonore et la qualité d'air globale sont les critères pénalisant la satisfaction. En effet, un système en veille sera toujours moins gênant sur le bruit qu'un système en fonctionnement installé dans la pièce.

La journée où la vitesse était réglée à 20%, la notation est meilleure que la journée précédente par l'amélioration de la qualité d'air global. Cependant, elle reste inférieure à la journée où l'installation était à l'arrêt dû à la qualité d'air globale et aux odeurs. Cela peut s'expliquer probablement à une journée plus intense.

La journée où la vitesse était réglée à 45%, la notation est maximale et équivalente à la journée où la ventilation n'était pas en fonctionnement. On remarque un juste compromis entre nuisance sonore et qualité d'air.

La journée où la vitesse était réglée à 100%, la notation est la plus faible pour des raisons de gênes acoustiques. L'avis est partagé par l'ensemble des usagers.

Nota : Durant les pauses et les pauses déjeunées, les fenêtres étaient ouvertes. Les essais se sont réalisés hors période de chauffe. En période hivernale, l'ouverture des fenêtres est sans doute plus faible. Ce point doit être considéré dans l'interprétation des résultats présentés ci-avant, favorables à la ventilation par ouverture de fenêtres.

Ci-après, la synthèse de l'analyse des questionnaires :

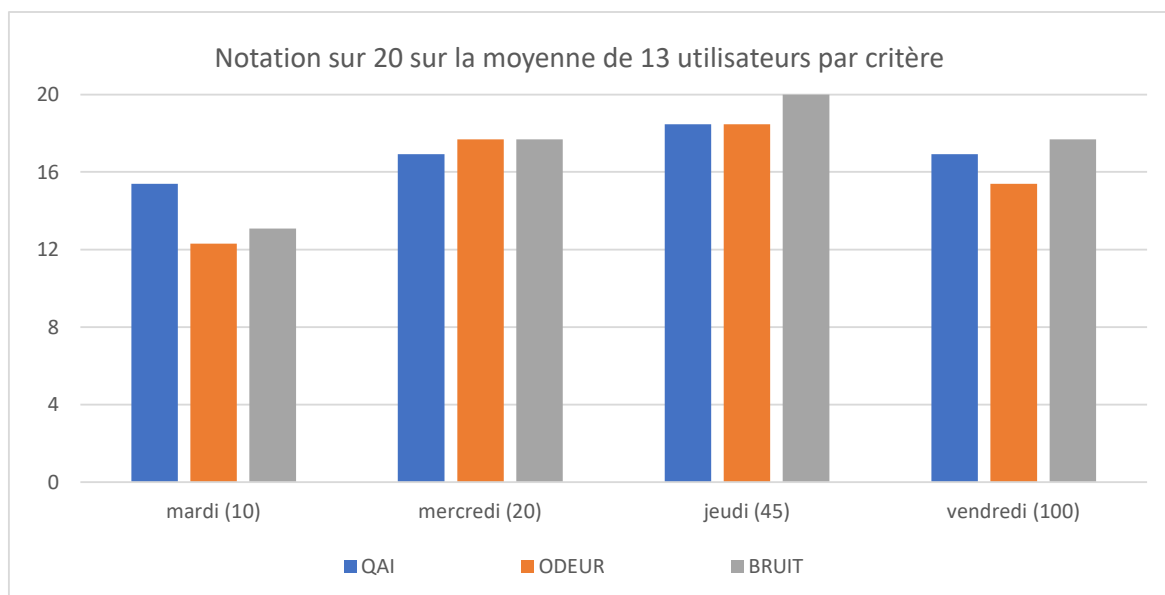


FIGURE 36 Résultats du suivi instrumenté : Synthèse de la notation des utilisateurs après 1 semaine d'essais

8.4.3 ANALYSE DES PERFORMANCES

8.4.3.1 EVOLUTION DE L'HUMIDITÉ RELATIVE ET ABSOLUE DANS L'AIR

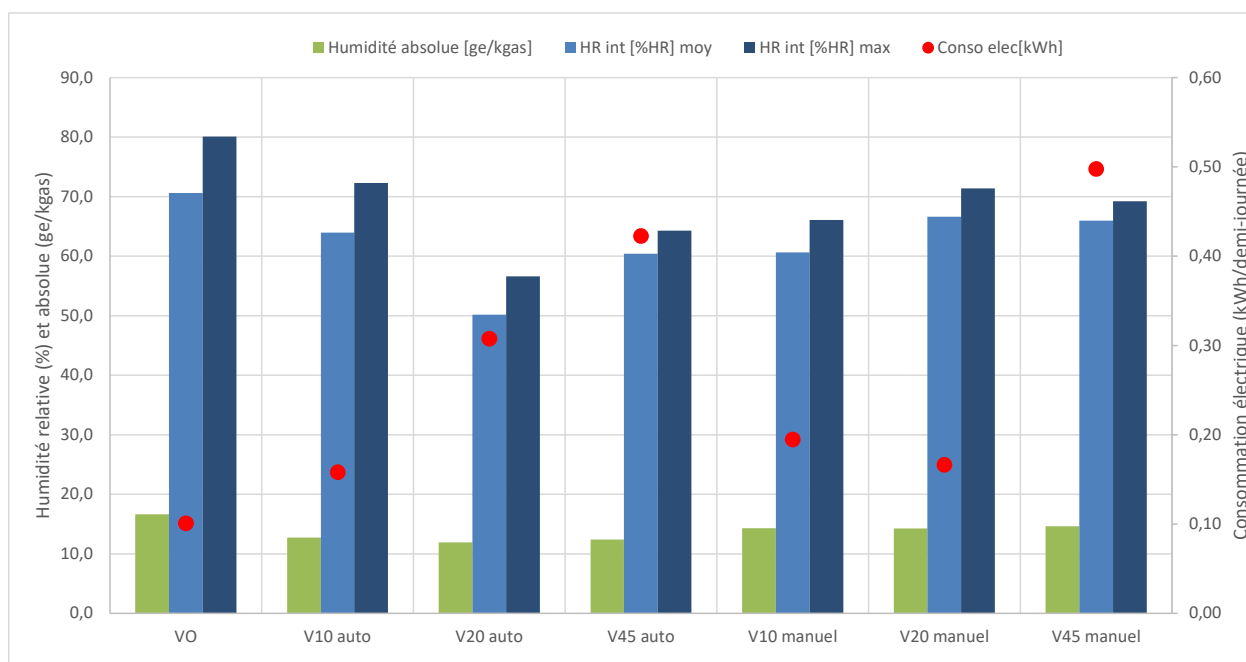


FIGURE 37 Résultats de l'instrumentation par demi-journée : Humidité et consommations électriques en fonction du réglage

Lorsque la ventilation est à l'arrêt, l'humidité relative dépend de l'activité exercée dans le local et des ouvertures ponctuelles des ouvrants. Dans notre cas, on constate une humidité relative moyenne dépassant le taux de 70%. Le seuil maximal mesuré sur cette période est de 80%. Lorsque la centrale est en fonctionnement, on constate une amélioration de la qualité de l'air dès la première

vitesse de 10%. L'humidité relative moyenne mesurée est globalement constante quelle que soit les réglages. Au troisième réglage, on observe une humidité relative abaissée à 50%. Sans lien direct avec la ventilation, la température ambiante était plus importante sur cette période, abaissant le taux d'humidité relative.

A RETENIR



Quel que soit le débit d'air neuf véhiculé, l'humidité relative oscille autour de 60% dès lors que la ventilation est en fonctionnement. Un renouvellement d'air continu suffit dans les conditions expérimentées à abaisser le taux d'humidité.

8.4.3.2 EVOLUTION DU TAUX DE CO₂ DANS L'AIR



FIGURE 38 Résultats de l'instrumentation par demi-journée : Taux de CO₂ et consommations électrique en fonction du paramétrage

On observe sur le graphique précédent, une consommation d'énergie croissante en fonction de la vitesse. Un talon de consommation est dû à la veille du système. Ce talon est proche de la consommation que nécessite la plus petite vitesse.

Dès lors que la ventilation est actionnée, le taux de CO₂ est considérablement réduit. Quel que soit les réglages, le taux de CO₂ est maîtrisé et ne dépasse pas 1500 ppm en valeur maximale mesurée. Les taux moyens sur une demi-journée sont toujours inférieurs à 1000 ppm.

On constate une consommation d'énergie plus importante en mode automatique pour une vitesse réglée de 20%. Cela peut s'expliquer par une anticipation de la régulation en augmentant la vitesse d'air automatiquement pour palier à une augmentation brusque du CO₂. A l'inverse, en mode automatique et pour une vitesse réglée de 45%, la consommation électrique est plus faible qu'en mode manuel. Cela s'explique par un renouvellement d'air supérieur aux besoins. Le mode automatique permet de réguler la vitesse d'air au plus proche des besoins.

A RETENIR



Ces résultats mettent en évidence, qu'un renouvellement d'air continu est le principal facteur pour maintenir un taux de CO₂ acceptable, dans les conditions expérimentées. Le débit d'air ne joue pas un rôle de premier ordre sur le taux de CO₂.

8.4.3.3 ETUDE DE L'INDICE ICONÉ

La concentration en CO₂ dans une ambiance peut se caractériser par l'indice ICONÉ. L'indice ICONÉ est un indicateur traduisant le taux de confinement de l'air dans une ambiance. Cet indice est utilisé pour évaluer si le renouvellement de l'air dans une pièce est suffisant ou non au regard de l'occupation.

Cet indice est proposé par le CSTB en 2007 dans l'ouvrage de 1988 « Cahiers du CSTB, n° 2286 ».

// L'indice ICONÉ et les mesures de CO₂ en général ne sont pas un indicateur d'impact sanitaire mais un indicateur préventif (dans le cas d'une source de pollution présente dans le local) et de confort. Pour un indice inférieur ou égal à 3, on considère qu'il n'y a pas de situation de confinement. La ventilation est suffisante, sauf en cas de source de pollution significative dans le bâtiment. A 4 ou 5, la situation est considérée comme trop confinée. La ventilation devrait être améliorée, en incitant les usagers du bâtiment à aérer plus régulièrement et en améliorant le fonctionnement du système de ventilation.

Ci-après, les indices de confinement pour chacun des réglages :

	V0	V10	V45	V100
Capteur à 1 mètre (gauche)	3	0	0	0
Capteur à 4 mètres (centre)	3	0	0	0
Capteur à 7 mètres (droite)	3	1	0	0

TABLEAU 11 Résultats de l'instrumentation : Indice de confinement ICONÉ

L'indice de confinement lorsque la ventilation est à l'arrêt est équivalent à 3. Le niveau 3 est défini comme une situation non confinée. Pour information, il a été précisé par l'animateur de salle, des ouvertures ponctuelles des fenêtres pendant l'expérimentation minimisant l'indice de confinement. En période hivernale, l'indice ICONÉ aurait sans doute dépassé le niveau 3.

L'indice de confinement lorsque la ventilation est en vitesse minimale est de niveau 0 pour les capteurs de

CO₂ proches du système et au centre de la salle mais de niveau 1 à l'extrémité de la salle. Cela se traduit par une portée efficace comprise entre 3 et 4 mètres à vitesse minimale.

Lorsque la vitesse est supérieure à 10% de la vitesse maximale, l'indice de confinement est inférieur ou égal à 1 en tout point de la pièce. Il est alors considéré que la diffusion de l'air est homogène dans toute la pièce.

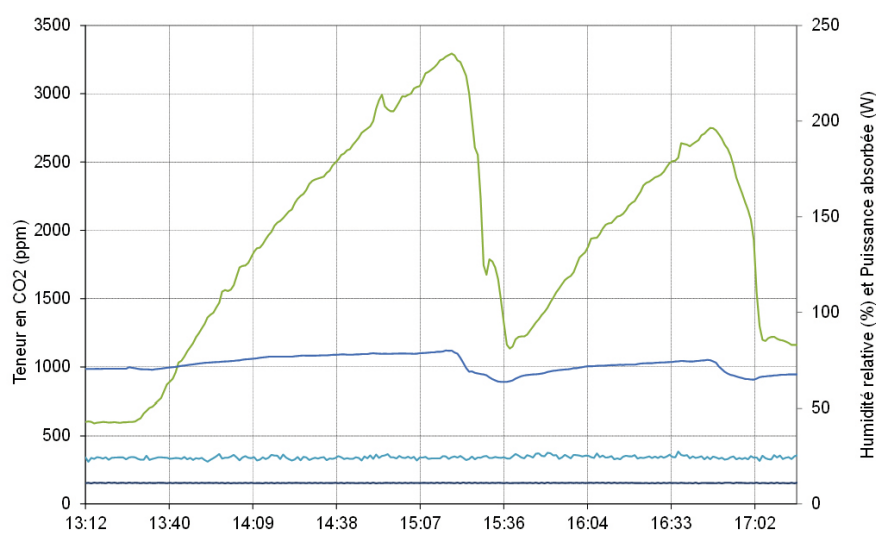
8.4.4 ANALYSE DU FONCTIONNEMENT

On visualise ci-dessous, 8 graphiques issus du suivi instrumenté mettant en évidence le fonctionnement de l'appareil et son influence sur les conditions intérieures. Les graphiques sont légendés comme suit :

- Taux de CO₂ moyen dans la salle (ppm)
- Taux de CO₂ mesuré à l'extérieur (ppm)

- Puissance électrique absorbée (W)
- Humidité relative dans la salle (%)
- Température intérieure (°C)
- Température extérieure (°C)

8.4.4.1 LA CENTRALE EST MISE EN VEILLE



Constats sans ventilation

Une consommation électrique équivalente à la consommation de veille de l'appareil, soit environ 0,1 kWh sur 7 heures.

La teneur en CO₂ à l'intérieure est très variable et dépasse 3000 ppm à certains moments de la journée.

San ventilation, il suffit d'une heure pour observer une augmentation de 125% de la teneur en CO₂.

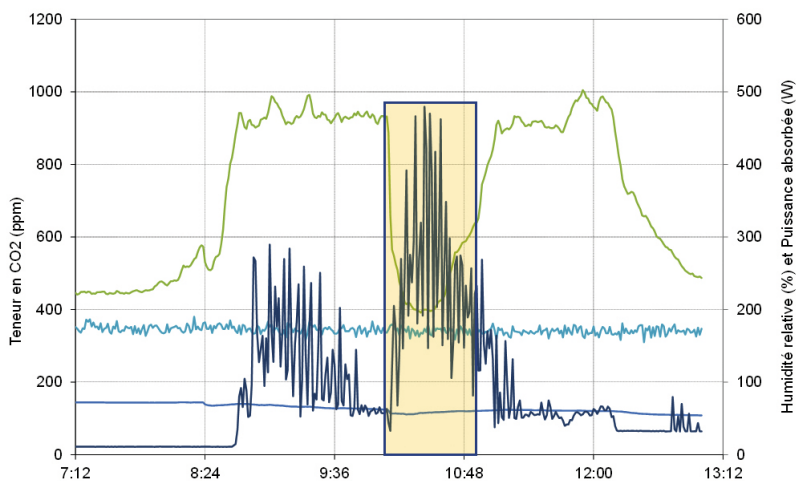
La chute en CO₂ est liée à l'ouverture des fenêtres à la pause de l'après-midi

CONSTATS



En l'absence de système de ventilation mécanique, on remarque une augmentation de CO₂ dépassant les seuils tolérés par le RSDT, allant de 400 à 3200 ppm en moins de deux heures avec une humidité relative atteignant 80%. En période estivale, il est intuitif d'ouvrir les fenêtres pour améliorer la qualité d'air. En période de chauffe, l'ouverture des menuiseries est possible au moment des pauses, ce qui n'est pas suffisant pour garantir une bonne qualité d'air.

8.4.4.2 LA CENTRALE EST RÉGLÉE EN MODE AUTOMATIQUE (FONCTION DU CO₂)



Constats à 10% + compensation CO₂

Une consommation électrique s'adapte afin de maintenir un taux de CO₂ inférieur à 1000 ppm. Parmi les deux pics constatés, le premier est lié à la régulation en fonction du CO₂. Une sur-ventilation est réalisée par anticipation afin d'éviter de dépasser le seuil réglé de 1000 ppm, générant une consommation légèrement plus élevée en mode automatique.

En orange : La ventilation n'est pas responsable de la chute en CO₂ dans l'ambiance (ouverture de fenêtres à 10h). Période où la résistance électrique est activée (non souhaité)

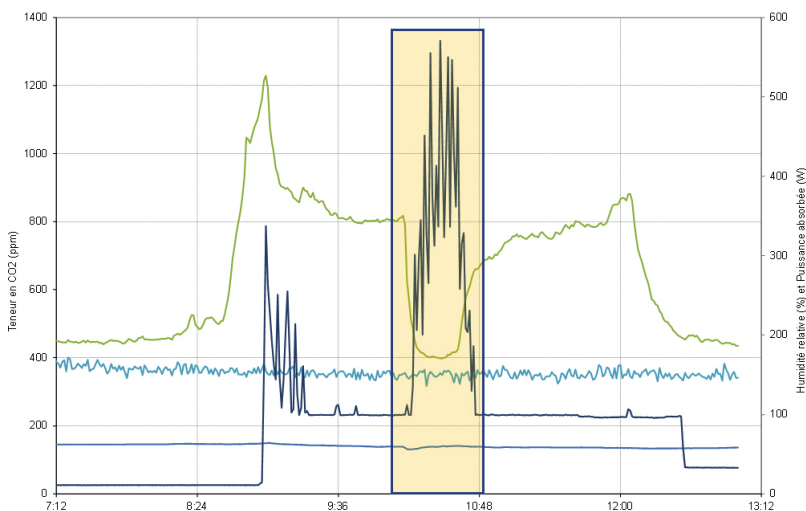


Constats à 20% + compensation CO₂

Une consommation électrique s'adapte afin de maintenir un taux de CO₂ inférieur à 1000 ppm. On observe 2 pics de consommations. La puissance absorbée augmente jusqu'à deux fois la puissance nominale pour maintenir le seuil de CO₂ inférieur à 1000 ppm.

L'abaissement de la teneur en CO₂ constaté en milieu d'après-midi est dû à l'ouverture des fenêtres.

L'humidité relative est comprise entre 50 et 57%.



Constat à 45% + compensation CO₂

La teneur en CO₂ augmente brusquement avec l'arrivée des stagiaires jusqu'à un seuil de 1200 ppm. Lorsque le seuil de 1000 ppm est dépassé, la centrale augmente le débit d'air. L'abaissement du seuil à 1000 ppm se fait en 50 min.

Un abaissement brusque de la teneur en CO₂ est constaté à 10h10, dû à l'ouverture des fenêtres à 10h10.

En orange : La ventilation n'est pas responsable de la chute en CO₂ dans l'ambiance (ouverture de fenêtres à 10h). Période où la résistance électrique est activée (non souhaité)

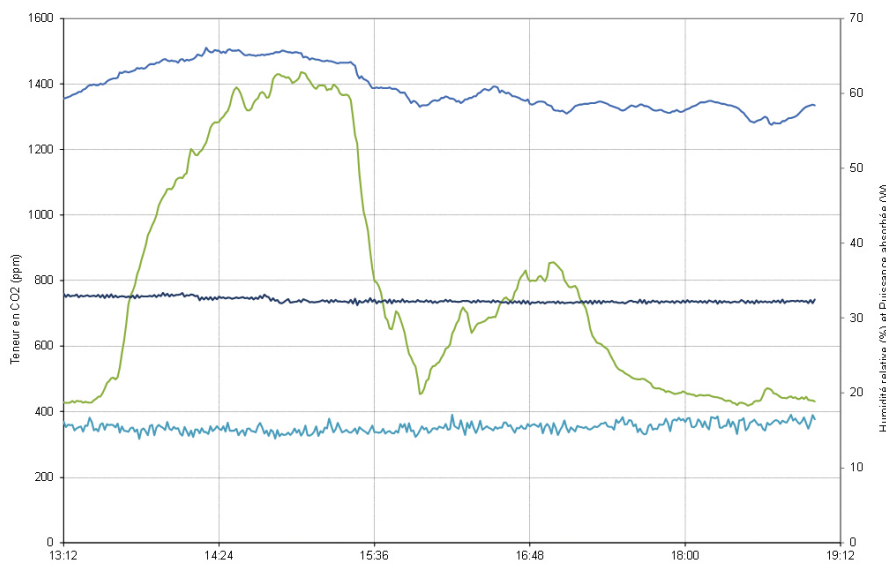
CONSTATS



La régulation de la centrale en mode automatique permet dès la plus petite vitesse de maintenir un taux de CO₂ inférieur à 1000 ppm. La modulation de CO₂ peut induire une augmentation des consommations par rapport au mode manuel, cependant, il permet d'adapter les débits en fonction du besoin.

Dans notre cas, un réglage entre 20 et 30 % suffit pour obtenir une qualité d'air optimale.

8.4.4.3 LA CENTRALE EST RÉGLÉE EN MODE MANUEL



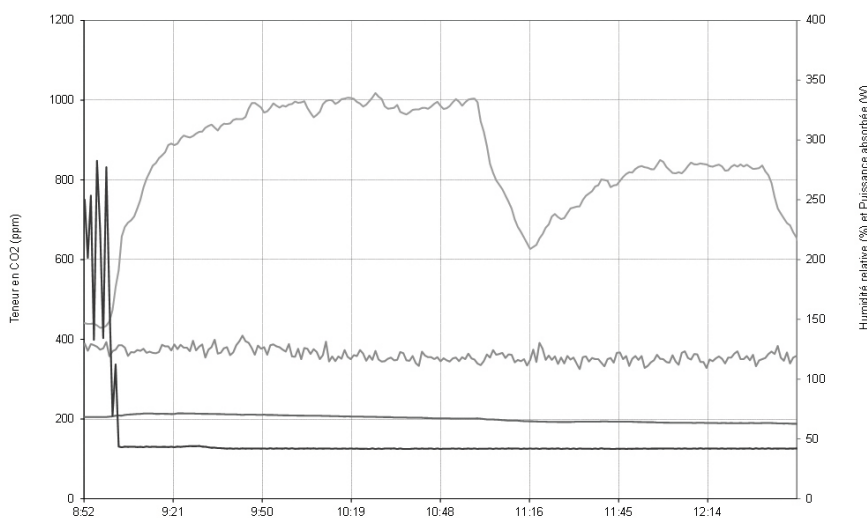
Constats à 10%

La puissance absorbée de la centrale est constante dans le temps et ne dépend pas de la qualité d'air intérieure.

La teneur en CO₂ augmente avec l'activité humaine dans la pièce et atteint 1400 ppm.

Le réglage de la centrale permet de stabiliser le taux de CO₂ à 1400 ppm.

Le renouvellement d'air est dans ce cas, peu satisfaisant pour une occupation de 13 personnes.



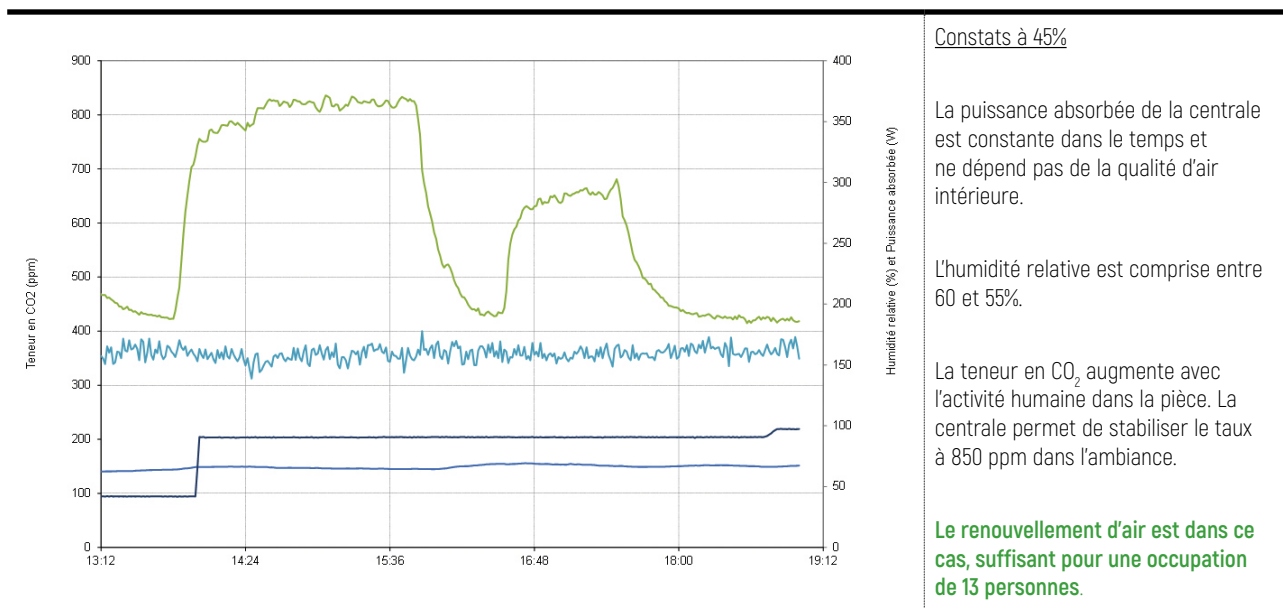
Constats à 20%

La puissance absorbée de la centrale est constante dans le temps et ne dépend pas de la qualité d'air intérieure.

L'humidité relative est comprise entre 70 et 60%.

La teneur en CO₂ augmente avec l'activité humaine dans la pièce. La centrale permet de stabiliser le taux à 1000 ppm dans l'ambiance.

Le renouvellement d'air est dans ce cas, suffisant pour une occupation de 13 personnes.



CONSTATS



La consommation électrique de la centrale en mode manuel est stable quelle que soit les conditions intérieures. Cette régulation ne permet pas de s'adapter en fonction du besoin et donc de l'intermittence. Ce mode est cependant valable pour une utilisation du local régulière et continue. Un deuxième prérequis est de trouver le réglage optimal à l'occupation pouvant nécessiter plusieurs interventions.

Un débit insuffisant engendrera une qualité d'air probablement insuffisante. À l'inverse, un débit trop important par rapport au besoin, augmentera les consommations électriques inutilement.

Dans notre cas, un réglage entre 30 et 45 % suffit pour obtenir une qualité d'air optimale.

8

5

ENSEIGNEMENTS

Plusieurs enseignements peuvent être tirés des analyses du suivi instrumenté :

- Sans système de ventilation, la qualité d'air dans une salle de formation est rapidement dégradée et inconfortable. En période estivale, il est intuitif d'ouvrir les fenêtres pour améliorer la qualité d'air. En période de chauffe, l'ouverture des menuiseries est possible au moment des pauses, ce qui n'est pas suffisant pour garantir une bonne qualité d'air.
- L'emplacement de l'équipement est essentiel pour assurer une diffusion de l'air optimale

- La qualité d'air sur les critères de l'humidité relative et du CO₂ est améliorée dès lors que la centrale est actionnée et quelle que soit la vitesse et le mode paramétrés.
- Une régulation automatique en fonction du CO₂ peut maintenir un taux de CO₂ et d'humidité confortable pour un débit unitaire de 19 m³/h.personne.
- Une régulation en mode manuel nécessitera un débit unitaire d'environ 25 m³/h pour obtenir les mêmes conditions.

- La régulation en fonction du CO₂ voit plusieurs avantages :
 - Réaliser des économies lors d'une occupation à forte intermittence
 - Éviter une erreur de réglage de la vitesse lorsque la centrale est en mode manuel
 - S'adapter aux variations d'usages sans modifier les paramètres
- Pour respecter les exigences d'utilisation, notamment sur le confort, la valeur maximale réglée à la télécommande doit dépendre de la nuisance acoustique maximale tolérée. En effet, si l'équipement génère une nuisance sonore inconfortable à l'utilisation du local, il est probable que l'équipement soit mis totalement à l'arrêt. Le confort acoustique prédomine sur la qualité d'air et peut engendrer un arrêt de l'installation.
- En mode automatique, une dégradation de la qualité d'air peut induire une augmentation de la vitesse d'air de soufflage jusqu'à atteindre des vitesses d'air ambiantes inconfortables aux utilisateurs, notamment en période de chauffe. Les options de batterie de préchauffage peuvent réduire l'inconfort en augmentant la température de soufflage.
- Une nuisance olfactive est survenue ponctuellement au cours du suivi instrumenté par l'introduction dans le local des odeurs de cigarettes. Ce phénomène a eu un impact significatif sur le ressenti des utilisateurs préférant arrêter l'appareil sur cette période. Le confort olfactif prédomine sur la qualité d'air et peut engendrer un arrêt de l'installation.
- Des options sont parfois possibles, comme c'est le cas, avec l'équipement suivi. Ces options sont des atouts indéniables pour maîtriser le confort des utilisateurs. La batterie chaude de préchauffage apportera un confort pour limiter les sensations d'air frais en période hivernale. La sur-ventilation nocturne permet de limiter les surchauffes en été en refroidissement pendant la nuit le local. D'autres options existent ayant un rôle d'économies d'énergie en adaptant au plus juste les consommations aux besoins, avec une programmation horaire, une détection de présence, une régulation automatique en fonction d'une grandeur spécifique telle que le CO₂ ou l'humidité.

9

CONCLUSION

L'objet de ce rapport est d'apporter des éléments de réponse face à un manque marqué de données concernant les technologies ponctuelles double-flux, n'encourageant pas les concepteurs et la maîtrise d'ouvrage à mettre en œuvre ces solutions.

Les exigences réglementaires en vigueur favorisent le marché de la ventilation double-flux centralisée puisqu'elle répond au principe de balayage. Le marché de la ventilation mécanique ponctuelle est alors celui de l'existant.

On différencie trois technologies distinctes, de par leurs fonctionnements, leurs caractéristiques, et leurs implantations possibles :

- La VMP Double-Flux Alternée, nommée « VMPA DFA », destinée essentiellement au secteur résidentiel
- La VMP Double-Flux Simultanée, nommée « VMPA DFS », destinée pour les secteurs résidentiels et tertiaires
- La VMP Double-Flux Simultanée avec Traitement d'air, nommée « VMPA DFST », destinée au secteur tertiaire

Un état de l'offre est présent dans le rapport et recense un nombre non négligeable de produits, avec notamment :

- 11 industriels commercialisant le système VMP DFA (15 modèles)
- 10 industriels commercialisant le système VMP DFS (11 modèles)
- 7 industriels commercialisant 10 systèmes VMP DFST (10 modèles)

En résidentiel, des exigences réglementaires sont à respecter, telles que :

- L'implantation d'une VMP DF n'est possible que pour une rénovation dite « élément/élément »
- En fonction de la nature de la pièce à traiter, le matériel installé doit limiter les nuisances acoustiques générées
- Selon la hauteur du bâtiment, de la surface du logement et du diamètre de percement en façade, des exigences liées à la sécurité incendie sont à respecter
- Si un appareil non étanche est présent, l'installation d'une VMP DF requiert un contrôle rigoureux de bon fonctionnement
- Les règles de conception, de dimensionnement, de mise en œuvre et d'entretien doivent respecter la norme NF C 15-100
- Les dispositifs de commande doivent être accessibles aux personnes handicapées

En tertiaire, certaines exigences sont communes au secteur résidentiel. Les principales exigences réglementaires spécifiques au secteur tertiaire sont :

- Un niveau sonore maximal généré par l'équipement en fonction du type d'établissement
- Des niveaux de filtration sont exigés sur l'air soufflé et dépendent du recyclage ou non de l'air repris
- Les entrées d'air neuf ainsi que les ouvrants doivent être distantes d'au moins 8 mètres de sources de pollution
- L'exigence des 8 mètres ne s'applique pas à une VMP DF qui extrait un air provenant du même local
- L'exigence des 8 mètres s'applique à un ensemble de VMP DF installé sur un même bâtiment
- Un dispositif évitant le recyclage de l'air peut se soustraire à l'exigence des 8 mètres

L'étude bibliographique montre un manque d'encadrement, que ce soit réglementaire, règles de l'art, DTU, guides et ouvrages n'encourageant pas le développement de ce marché. De plus, les exigences précisées dans le RSDT peuvent à ce jour, pénaliser les solutions ponctuelles suivant l'interprétation du texte par le concepteur. La prise en compte de ces technologies dans les textes réglementaires favorisera les concepteurs à s'orienter vers ce type de solutions.

Certains concepteurs, installateurs et maîtres d'ouvrages ont opté pour ce type de solutions. Les fiches synthétiques de sites visitées mettent à jour des installations pour des usages et motivations différentes.

Néanmoins, il existe des spécificités à respecter pour que l'implantation soit réussie. En effet, le confort de l'utilisateur du local est au cœur du sujet. En réponse à un problème de qualité d'air, l'installation d'une ventilation mécanique ponctuelle ne doit pas générer un inconfort supplémentaire, qu'il soit acoustique, olfactif ou thermique. C'est pour ces raisons qu'il est recommandé de réaliser une étude de faisabilité pour valider la pertinence de cette solution au cas par cas. Un inconfort additionnel engendrera sans doute l'arrêt de l'appareil au détriment de la qualité d'air. Les points de vigilances à soulever sont explicités dans ce rapport.

En définitif, la technologie de ventilation mécanique ponctuelle double-flux est une réponse judicieuse lorsque les conditions sont favorables pour améliorer la qualité de l'air d'un local existant. Cependant, la multiplicité des appareils peut engendrer des contraintes économiques, réglementaires et techniques lorsque la solution est généralisée à l'échelle d'un bâtiment.

TABLe DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION	4
2	ETAT DE L'ART	5
2.1	CONTEXTE	5
2.2	QUELQUES DEFINITIONS	5
2.3	DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE	7
2.3.1	Application	7
2.3.2	Avantages / inconvénients	7
2.4	TYPES DE TECHNOLOGIES	8
2.4.1	VMP Double-Flux Alterné « VMP DFA »	8
2.4.2	VMP Double-Flux Simultané « VMP DFS »	9
2.4.3	VMP Double-Flux Simultané avec Traitement de l'air « VMP DFST »	9
3	APPLICATION EN SECTEUR RESIDENTIEL	11
3.1	ETUDE DE MARCHE	11
3.2	REGLEMENTATIONS ET RECOMMANDATIONS	11
3.2.1	Réglementation thermique en existant	11
3.2.2	Acoustique	12
3.2.3	Sécurité incendie	12
3.2.4	Fumisterie	12
3.2.5	Electrique	13
3.2.6	Autres textes associés	13
3.3	ANALYSE DE L'OFFRE EN 2020	14
3.3.1	VMP Double-Flux Alterné « VMP DFA »	14
3.3.2	VMP Double-Flux Simultané « VMP DFS »	16
4	APPLICATION EN SECTEUR TERTIAIRE	19
4.1	ETUDE DE MARCHE	19
4.2	REGLEMENTATIONS ET RECOMMANDATIONS	19
4.2.1	Reglementation Thermique en existant	19
4.2.2	Acoustique	20
4.2.3	Sécurité incendie	20
4.2.4	Fumisterie	21
4.2.5	Norme électrique	21
4.2.6	Qualité d'air	21
4.2.7	Accessibilité PMR	23
4.2.8	Eco-conception	23
4.3	ANALYSE DE L'OFFRE EN 2020	24

TABLE DES MATIÈRES

5	LES ETAPES D'UN PROJET	26
5.1	CONCEPTION	26
5.1.1	Définition du besoin	26
5.1.2	Evaluation des débits aérauliques	26
5.1.3	Etude du local	28
5.1.4	Impact sur le confort	29
5.2	INSTALLATION ET MISE EN SERVICE	29
5.2.1	Moyens humains et principaux matériels nécessaires	29
5.2.2	Définition de l'implantation	30
5.2.3	Travaux d'installation	32
5.2.4	Autocontrôle et mise en service	35
5.3	MAINTENANCE ET ENTRETIEN	35
5.3.1	Accessibilité	35
5.3.2	Nature de travaux d'entretien	35
5.4	CHIFFRAGE ET INVESTISSEMENT	35
5.5	POINTS DE VIGILANCE	36
6	ETUDE DE CAS - ETABLISSEMENT SCOLAIRE	37
6.1	PRESENTATION	37
6.2	Constats et résultats	37
6.2.1	BILAN ENERGETIQUE	37
6.2.2	BILAN ECONOMIQUE	38
6.2.3	RENTABILITE	38
6.2.4	BILAN CARBONE	39
6.3	ENSEIGNEMENTS	39
7	RETOURS D'EXPERIENCES	40
7.1	ENQUETE AUPRES DE LA FILIERE	40
7.1.1	Déroulement des enquêtes	40
7.1.2	Analyse qualitative	41
7.2	AUDITS DES INSTALLATIONS	42
7.2.1	Objectif des audits	42
7.2.2	Fiches d'audits illustrées	42
8	EXPERIMENTATION PAR L'INSTRUMENTATION	50
8.1	OBJECTIF DE L'INSTRUMENTATION	50
8.2	METHODOLOGIE APPLIQUEE	50
8.2.1	Description du bâtiment	50
8.2.2	strategie d'instrumentation	51

TABLe DES MATIÈRES

8.3	INSTALLATION ET RECEPTION	52
8.3.1	Installation de l'équipement	52
8.3.2	Plan de comptage	53
8.3.3	Mesures à réception	53
8.4	SUIVI INSTRUMENTE	54
8.4.1	Scénario	54
8.4.2	Résultats du questionnaire	55
8.4.3	Analyse des performances	56
8.4.4	Analyse du fonctionnement	59
8.5	ENSEIGNEMENTS	62



CONCLUSION

64

NOTES

This image shows a full page of a worksheet designed for handwriting practice. It features 18 evenly spaced, horizontal dashed lines across the entire width of the page. The background is plain white, and there are no margins, text, or other markings present.

NOTES

This image shows a full page of a handwriting practice worksheet. It consists of multiple rows of horizontal dashed lines spaced evenly down the page, providing a guide for letter height and placement. The background is plain white, and there are no other markings or text present.

NOTES

This image shows a full page of a handwriting practice worksheet. It consists of multiple rows of horizontal dashed lines spaced evenly down the page, providing a guide for letter height and placement. The background is plain white, and there are no other markings or text present.

This image shows a full page of a worksheet designed for handwriting practice. It features 20 evenly spaced, horizontal dashed lines across the entire width of the page. The background is plain white, and there are no margins, text, or other markings present.

RÉSUMÉ

Les systèmes de ventilation décentralisés existent en France depuis le début de la ventilation mécanique par la commercialisation de systèmes simple-flux, généralement utilisés pour l'extraction dans les pièces humides. L'évolution des exigences énergétiques, économiques et de qualité d'air ont fait évoluer ces technologies afin de l'associer à une récupération d'énergie sur l'air extrait, développant ainsi les systèmes double-flux décentralisés.

Le nombre de sites équipés de ces systèmes étant relativement faible en France, les professionnels du bâtiment sont confrontés à une bibliographie et un retour terrain quasi inexistant, ne facilitant pas le développement et la promotion de ces technologies. Ce rapport a vocation à apporter des éléments de réponse sur, les réglementations qui s'y appliquent, la mise en œuvre, les points de vigilance de la conception à l'exploitation, et l'efficacité réelle de ces technologies.

Ces systèmes permettent de répondre aux problématiques de qualité d'air et de difficultés à se raccorder sur un réseau centralisé existant. Ils se positionnent tant sur le secteur résidentiel, que tertiaire, avec une technologie adaptée pour chaque nature de besoin et de réglementation à respecter. Au regard de la réglementation en vigueur, le marché en France est majoritairement axé sur le parc existant.

On recense trois technologies :

- La VMP Double-Flux Alternée, nommée « VMPA DFA » destinée essentiellement au secteur résidentiel
- La VMP Double-Flux Simultanée, nommée « VMPA DFS », destinée pour les secteurs résidentiels et tertiaires
- La VMP Double-Flux Simultanée avec Traitement d'air, nommée « VMPA DFST », destinée au secteur tertiaire

Un état de l'offre est présent dans ce rapport et précise pour chaque matériel recensé, le domaine d'application, les caractéristiques thermique, aéraulique et acoustique ainsi que les options qui les différencient.

En définitif, la technologie de ventilation mécanique ponctuelle double-flux est une réponse judicieuse lorsque le raccordement au réseau centralisé existant est complexe. Cependant, la multiplicité des appareils peut engendrer des contraintes économique, réglementaire et technique lorsque la solution est généralisée à l'échelle d'un bâtiment.