



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS
« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr

RAPPORT

VENTILATION DOUBLE FLUX

PERFORMANCE ET RETOUR D'EXPÉRIENCES

FÉVRIER 2015

ÉDITO

Le Grenelle Environnement a fixé pour les bâtiments neufs et existants des objectifs ambitieux en matière d'économie et de production d'énergie. Le secteur du bâtiment est engagé dans une mutation de très grande ampleur qui l'oblige à une qualité de réalisation fondée sur de nouvelles règles de construction.

Le programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » a pour mission, à la demande des Pouvoirs Publics, d'accompagner les quelque 370 000 entreprises et artisans du secteur du bâtiment et l'ensemble des acteurs de la filière dans la réalisation de ces objectifs.

Sous l'impulsion de la CAPEB et de la FFB, de l'AQC, de la COPREC Construction et du CSTB, les acteurs de la construction se sont rassemblés pour définir collectivement ce programme. Financé dans le cadre du dispositif des certificats d'économies d'énergie grâce à des contributions importantes d'EDF (15 millions d'euros) et de GDF SUEZ (5 millions d'euros), ce programme vise, en particulier, à mettre à jour les règles de l'art en vigueur aujourd'hui et à en proposer de nouvelles, notamment pour ce qui concerne les travaux de rénovation. Ces nouveaux textes de référence destinés à alimenter le processus normatif classique seront opérationnels et reconnus par les assureurs dès leur approbation ; ils serviront aussi à l'établissement de manuels de formation.

Le succès du programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » repose sur un vaste effort de formation initiale et continue afin de renforcer la compétence des entreprises et artisans sur ces nouvelles techniques et ces nouvelles façons de faire. Dotées des outils nécessaires, les organisations professionnelles auront à cœur d'aider et d'inciter à la formation de tous.

Les professionnels ont besoin rapidement de ces outils et « règles du jeu » pour « réussir » le Grenelle Environnement.

Alain MAUGARD

Président du Comité de pilotage du Programme
« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »
Président de QUALIBAT



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS

« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

Ce programme est une application du Grenelle Environnement. Il vise à revoir l'ensemble des règles de construction, afin de réaliser des économies d'énergie dans le bâtiment et de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr

AVANT-PROPOS

Afin de répondre au besoin d'accompagnement des professionnels du bâtiment pour atteindre les objectifs ambitieux du Grenelle Environnement, le programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » a prévu d'élaborer les documents suivants :

Les Recommandations Professionnelles « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents techniques de référence, préfigurant un avant-projet NF DTU, sur une solution technique clé améliorant les performances énergétiques des bâtiments. Leur vocation est d'alimenter soit la révision d'un NF DTU aujourd'hui en vigueur, soit la rédaction d'un nouveau NF DTU. Ces nouveaux textes de référence seront reconnus par les assureurs dès leur approbation.

Les Guides « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents techniques sur une solution technique innovante améliorant les performances énergétiques des bâtiments. Leur objectif est de donner aux professionnels de la filière les règles à suivre pour assurer une bonne conception, ainsi qu'une bonne mise en œuvre et réaliser une maintenance de la solution technique considérée. Ils présentent les conditions techniques minimales à respecter.

Les Calepins de chantier « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des mémentos destinés aux personnels de chantier, qui illustrent les bonnes pratiques d'exécution et les dispositions essentielles des Recommandations Professionnelles et des Guides « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 ».

Les Rapports « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » présentent les résultats soit d'une étude conduite dans le cadre du programme, soit d'essais réalisés pour mener à bien la rédaction de Recommandations Professionnelles ou de Guides.

Les Recommandations Pédagogiques « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents destinés à alimenter la révision des référentiels de formation continue et initiale. Elles se basent sur les éléments nouveaux et/ou essentiels contenus dans les Recommandations Professionnelles ou Guides produits par le programme.

L'ensemble des productions du programme d'accompagnement des professionnels « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » est mis gratuitement à disposition des acteurs de la filière sur le site Internet du programme : <http://www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr>



Sommaire

1 - Introduction	5
2 - L'offre actuelle des systèmes de ventilation double flux	6
2.1. • Les familles de VMC double flux	6
2.2. • Etat de l'offre des industriels	9
3 - Les visites sur sites	12
3.1. • Instrumentation d'installations double flux en habitat individuel	12
3.2. • Site n°1.....	13
3.2.1. • Mesures ponctuelles.....	13
3.2.2. • Mesures en continu	15
3.3. • Site n°2.....	20
3.3.1. • Mesures ponctuelles.....	20
3.3.2. • Mesures en continu	23
3.4. • Site n°3.....	28
3.4.1. • Mesures ponctuelles.....	28
3.4.2. • Mesures en continu	28
4 - Analyse des pratiques et des installations actuelles	30
4.1. • Bonnes et mauvaises pratiques	30
4.1.1. • Positionnement de la prise d'air et du rejet	30
4.1.2. • Bouches de soufflage.....	31
4.1.3. • Bouches d'extraction	31
4.1.4. • Isolation du réseau d'insufflation	32
4.1.5. • Accessibilité des filtres	32
4.1.6. • Encrassement des filtres	33
4.1.7. • Etat des conduits	33
4.2. • Analyses et recommandations par type d'installations.....	34

Introduction

1



Dans un contexte de réduction des consommations d'énergie des bâtiments, les installations de ventilation double flux se sont développées pour la maison individuelle et, plus récemment, pour les logements collectifs.

Cependant, si les économies d'énergie constituent un axe d'amélioration important, ce dernier n'est pas suffisant à lui seul pour permettre à une technologie de s'imposer. Il faut également répondre aux attentes des occupants en matière de confort thermique et acoustique.

L'objectif du travail est de constituer un retour d'expériences qualitatif et quantitatif sur les installations de ventilation double flux.

Cette étude présente :

- Un point sur les différentes typologies de ventilation double flux (ventilateurs et échangeur centralisés, ventilateurs et échangeurs décentralisés, ventilateurs centralisés et échangeurs décentralisés) ;
- L'état de l'offre du marché des centrales double flux en termes de technologies, d'efficacité, de filtration...
- Des résultats de suivis instrumentés sur trois installations de ventilation double flux : mesures de débit, de pression acoustique, d'efficacité d'échange...

Ce travail a été réalisé par le COSTIC (Comité Scientifique et Technique des Industries Climatiques).



L'offre actuelle des systèmes de ventilation double flux

2



Les différents types d'appareils présents sur le marché français sont présentés dans cette synthèse.

2.1. • Les familles de VMC double flux

Il existe différentes configurations d'installations de ventilation double flux dans l'habitat collectif :

- Les centrales double flux avec ventilateurs et échangeur centralisés ;
- Les centrales double flux avec ventilateurs et échangeurs décentralisés ;
- Les centrales double flux avec ventilateurs centralisés et échangeurs décentralisés.

Ces différents types d'installations couvrent des secteurs de marché de l'habitat spécifiques.

Les centrales double flux avec ventilateurs et échangeur centralisés

(Figure 1) sont destinées majoritairement à l'habitat social. En effet, l'accessibilité des appareils pour l'entretien et les contrôles techniques peut se faire sans avoir à pénétrer dans les logements. D'autre part, les locataires ne se sentent que trop rarement concernés par la nécessité de pérenniser leur système de ventilation.

Les centrales double flux avec ventilateurs et échangeur décentralisés

(Figure 2) sont destinées à l'habitat intermédiaire.

Bien qu'introduit depuis le 9 août 1974, par une circulaire de la Direction de la Construction, l'habitat intermédiaire reste une réalité méconnue.

Ce qualificatif renvoie à de petits ensembles de logements collectifs ne dépassant pas R+3 (et justifiant ainsi l'absence d'ascenseur). Une grande partie d'entre eux bénéficie d'un espace privé extérieur. Les parties communes sont réduites et conçues pour une gestion peu coûteuse.

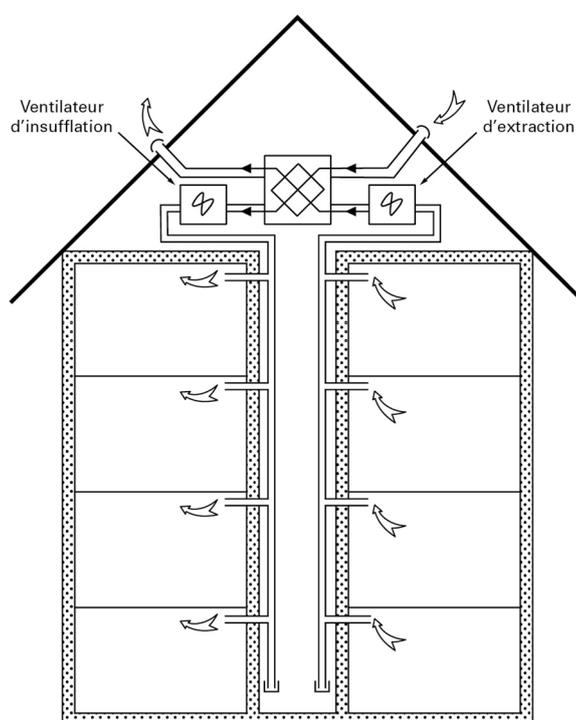
La justification de l'habitat intermédiaire se situe dans l'individualisation des charges en habitat collectif, à l'identique de l'habitat individuel.

L'immeuble collectif ne disposant pas de gaine technique dans laquelle les fluides sont distribués, la solution d'un système double flux entièrement individualisé s'impose.

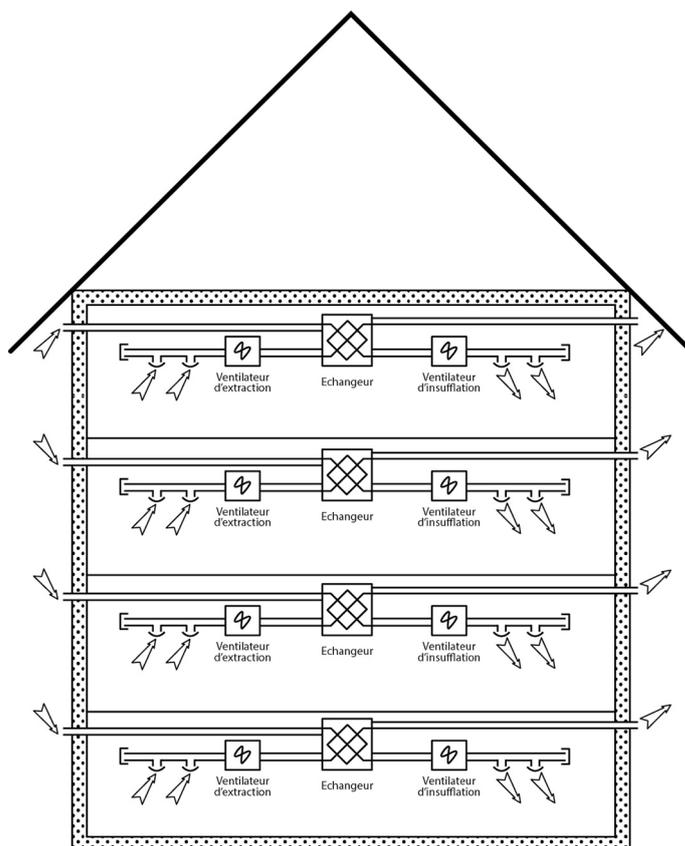
Les centrales double flux avec ventilateurs centralisés et échangeurs décentralisés (Figure 3) sont destinées majoritairement à l'habitat privé. Le syndic de l'immeuble sensibilise les propriétaires à la nécessité d'entretenir leur système de ventilation.

Note

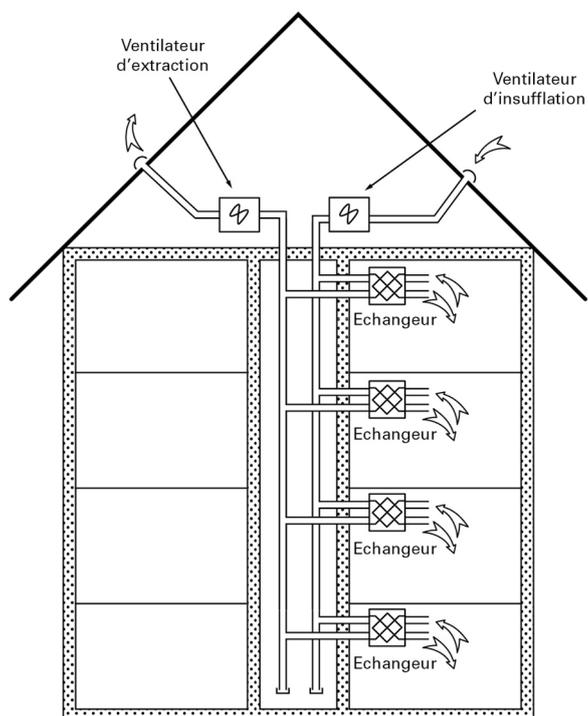
Les installations de VMC double flux en habitat neuf sont traitées par des Recommandations Professionnelles. La partie 1-1-4 du NF DTU 68.3 relative à ces techniques est actuellement en projet.



▲ Figure 1 : Installation de ventilation double flux avec ventilateurs et échangeur centralisés



▲ Figure 2 : Installation de ventilation double flux avec ventilateurs et échangeurs décentralisés



▲ Figure 3 : Installation de ventilation double flux avec ventilateurs centralisés et échangeurs décentralisés



2.2. • Etat de l'offre des industriels

Le tableau de la (Figure 4) donne un aperçu rapide de l'état de l'offre actuelle des centrales double flux à échangeur statique pour l'habitat en France. Les catalogues de 14 fabricants français et européens proposant des produits dans une plage de débit de 30 à 600 m³/h ont été analysés.

Critères	Valeurs	Nombre de produits
Technologie de récupérateur	Courants croisés	8
	Contre courants croisés	44
	Rotatif	3
Efficacité	$e \leq 60\%$	6
	$60\% < e \leq 75\%$	3
	$75 < e \leq 85\%$	2
	$85 < e \leq 90\%$	5
	$e > 90\%$	39
Filtre d'extraction	G3	1
	G4	46
	F5	3
	F7	4
	F9	1
Filtre d'insufflation	G3	1
	G4	30
	F5	6
	F6	2
	F7	4
	F9	1
	G4+F5	1
	G4+F7	10
Technologie du moteur	Continu	46
	Alternatif	9
Nombre de vitesses	2	15
	3	21
	4	12
	5	3
	8	4

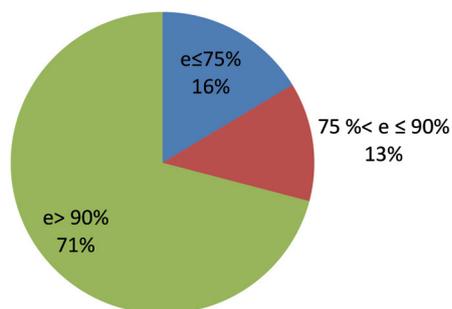
▲ Figure 4 : Caractéristiques des 55 centrales double flux du marché français répertoriées

Le marché de la ventilation double flux s'oriente vers des produits haut de gamme ayant des performances élevées : échangeur à flux contre-courants croisés, moteurs à courant continu.

71% des échangeurs répertoriés ont une efficacité annoncée supérieure à 90%. Les performances des échangeurs sont données selon la norme NF EN 308.



Efficacité de l'échangeur

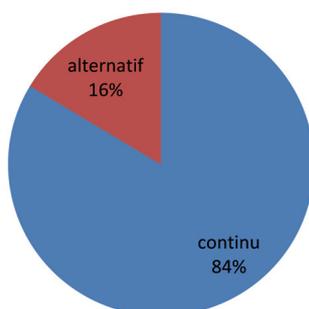


▲ Figure 5 : Répartition des efficacités des 55 centrales répertoriées

84% des centrales double flux sont équipées de moteurs à courant continu.

Ces types de moteur permettent une régulation de la vitesse en continu en fonction de l'ouverture des bouches. La consommation électrique, directement associée au fonctionnement de la ventilation, est réduite par rapport à l'utilisation de moteurs à courant alternatif.

Technologie moteur



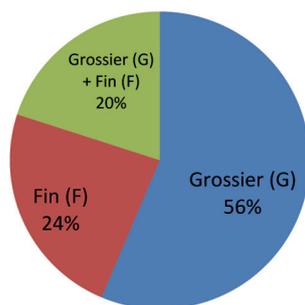
▲ Figure 6 : Répartition des différentes typologies de moteurs (à courant continu et alternatif)

Le niveau de filtration quant à lui reste faible.

L'utilisation de filtres grossiers est largement prédominante. Les filtres fins sont davantage installés sur l'insufflation, mais restent d'une utilisation marginale.

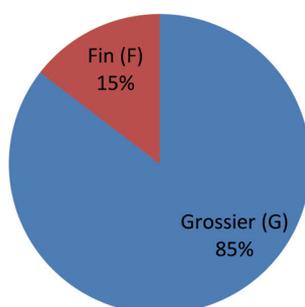
Il faut noter qu'aucun niveau de filtration n'est exigé dans la réglementation pour l'habitat et que seul le niveau de filtration G4 est demandé en tertiaire sur le réseau d'insufflation.

Répartition des filtres sur l'insufflation



▲ Figure 7 : Répartition des filtres présents sur l'insufflation

Répartition des filtres sur l'extraction



▲ Figure 8 : Répartition des filtres présents sur l'extraction



3

Les visites sur sites



3.1. • Instrumentation d'installations double flux en habitat individuel

Le but des instrumentations est de cibler les observations sur les performances réelles des échangeurs de chaleur. Les installations de trois maisons individuelles ont fait l'objet de ces mesures.

Ces suivis sont basés sur des mesures ponctuelles ou continues. Indépendamment du type de mesure, les paramètres mesurés pour caractériser les performances réelles des échangeurs de chaleur sont donnés dans la (Figure 9).

Paramètres mesurés	Localisation	Objectifs
Température d'air	Air extérieur	Calculer l'efficacité de l'échangeur Analyser le fonctionnement du bypass Analyser l'étanchéité du registre assurant le bypass
	Air en sortie d'échangeur	
	Air intérieur du local	
	Air dans les conduits	Analyser l'efficacité de l'isolation des conduits
Débit d'air (ou vitesse d'air)	Dans les pièces principales	Connaître les débits insufflés
	Dans les pièces techniques	Connaître les débits extraits
Consommation électrique du ventilateur		Vérifier l'évolution de la consommation en fonction de l'encrassement des filtres
Bypass	Pièces principales et cuisine	Vérifier l'étanchéité du bypass Définir les périodes de bypass et de non bypass des systèmes double flux
Acoustique		Evaluer le confort acoustique intérieur

▲ Figure 9 : Paramètres mesurés



3.2. • Site n°1

3.2.1. • Mesures ponctuelles

Des mesures ponctuelles de débit aux bouches de soufflage et d'extraction ont été effectuées à deux reprises :

- Lors d'une première visite, pour des filtres remplacés 3 mois avant ;
- Lors de la deuxième visite alors que les filtres étaient très encrassés et nécessitaient un remplacement.

Mesures des débits d'extraction

Les valeurs de débits d'extraction reportées dans le tableau de la (Figure 10) sont :

- Les débits réglementaires exigés par l'arrêté du 24 mars 1982 modifié ;
- Les mesures effectuées par le COSTIC.

Les cases en gris mettent en évidence les non-conformités par rapport à l'arrêté du 24 mars 1982 modifié.

On constate que lors du premier passage, les débits sont plus importants. Lors du deuxième passage, 6 mois après, les filtres très encrassés entraînent une chute de débit de plus de 50%.

Point de mesures	Débits d'extraction (m ³ /h)		
	Arrêté du 24 mars 1982 modifié	Mesures 1 ^{ère} visite	Mesures 2 ^{ème} visite
Cellier	15	13	4,7
SdB étage	30	14	4,4
WC étage	15	14	6,9

▲ Figure 10 : Débits d'extraction réglementaires et mesurés

Mesures des débits d'insufflation

Concernant les débits d'insufflation (Figure 11), les valeurs de référence sont celles de Recommandations Professionnelles VMC double flux.

Lors de la première visite, les débits mesurés dans la chambre 1 étaient insuffisants (17 m³/h), ceux des chambres 3 et 4 (respectivement de 36 et 39 m³/h) étaient supérieurs aux valeurs de référence.

Lors de la deuxième visite, tous les débits mesurés étaient inférieurs aux valeurs de référence. L'encrassement des filtres est la cause de cette chute de débit.

Cet encrassement progressif des filtres est mis en évidence sur la courbe de consommation présentée dans le chapitre suivant (cf. 3.2.2).



Point de mesures	Débits d'insufflation (m ³ /h)		
	Recommandations Professionnelles	Mesures 1 ^{ère} visite	Mesures 2 ^{ème} visite
Salle à manger	45	28	Non mesuré
Séjour		22	7,9
Chambre 1	30	17	8,4
Chambre 2	30	27	11,8
Chambre 3	30	36	15,7
Chambre 4	30	39	22

▲ Figure 11 : Débits d'insufflation recommandés et mesurés

Des mesures au niveau de la centrale double flux ont été réalisées afin de vérifier les valeurs des débits entrants et sortants. Pour la 1^{ère} campagne de mesures, la (Figure 12) montre que la centrale double flux est déséquilibrée avec une mise en dépression de l'ordre de 20% à l'intérieur du logement.

	Mesures 1 ^{ère} visite	Mesures 2 ^{ème} visite
Débits extraits (m ³ /h)	230	180
Débits insufflés (m ³ /h)	190	180

▲ Figure 12 : Répartition des débits de la centrale double flux

Mesures de pression acoustique

La pression acoustique en dB(A) a été mesurée à l'intérieur des chambres du logement lors de la première visite. Les valeurs obtenues sont conformes aux exigences de l'arrêté du 30 juin 1999.

Rappelons que l'article 6 de l'arrêté du 30 juin 1999 relatif aux caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation stipule que « Le niveau de pression acoustique normalisé, LnAT, du bruit engendré par une installation de ventilation mécanique en position de débit minimal ne doit pas dépasser 30 dB(A) dans les pièces principales ».

Point de mesures	Pression acoustique L _{nAT} en dB(A)	
	Arrêté du 30 juin 1999	Mesures 1 ^{ère} visite
Chambre 1	30	20,6
Chambre 2		23,9
Chambre 3		23,8

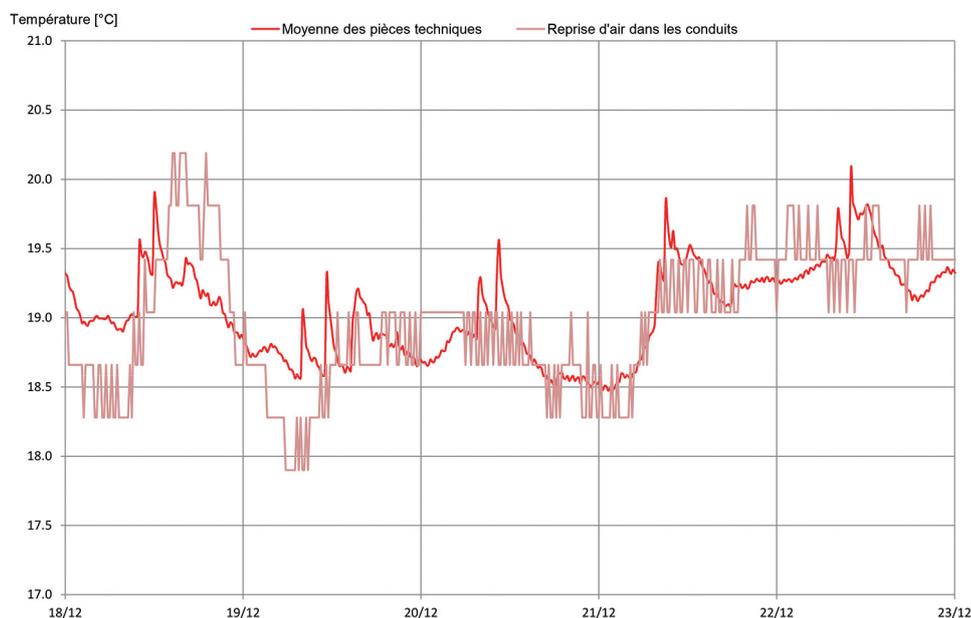
▲ Figure 13 : Pressions acoustiques réglementaires et mesurées

3.2.2. • Mesures en continu

Comparaison entre la température intérieure et la température en reprise

Afin d'évaluer les pertes thermiques par les conduits, l'écart entre la température moyenne des différentes pièces techniques et la température de reprise d'air dans les conduits a été mesuré. Ces mesures ont été effectuées sur 3 mois d'hiver.

Le graphique de la (Figure 14) illustre l'évolution des températures sur 5 jours. Il montre une superposition parfaite de ces deux températures. Les conduits passant dans le volume chauffé, les déperditions sont limitées et l'écart entre ces deux températures ne dépasse jamais 5 K.



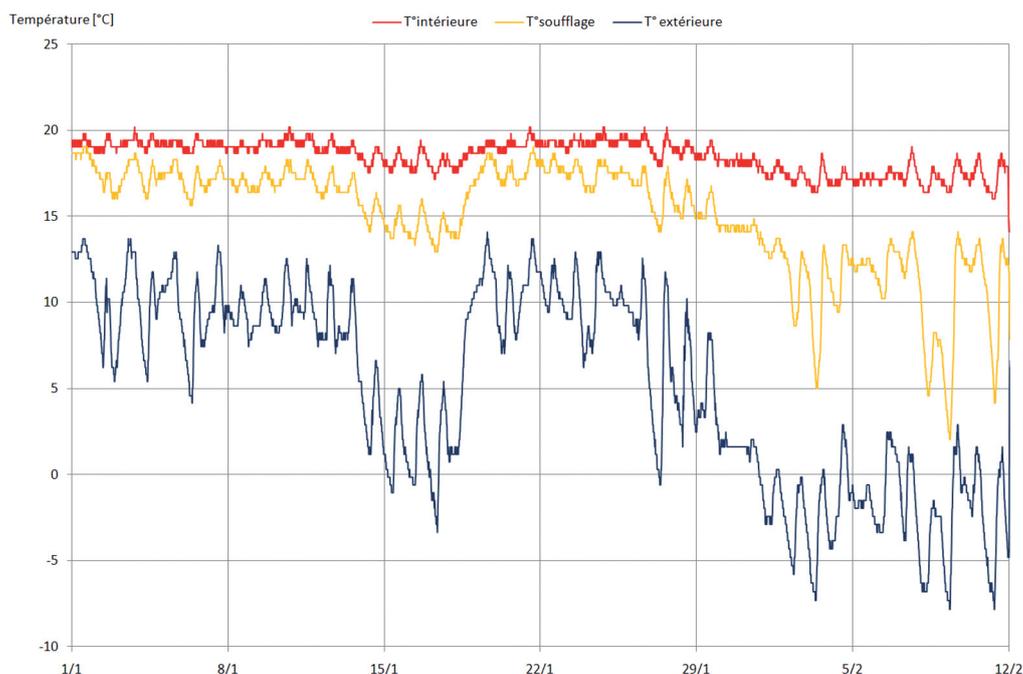
▲ Figure 14 : Ecart entre la température moyenne intérieure et la température dans les conduits

Évaluation de l'efficacité de l'échangeur

La température extérieure, la température intérieure et la température de soufflage ont été enregistrées :

- La température extérieure varie entre -9 et 24°C ;
- La température intérieure varie entre 12 et 21°C ;
- La température de reprise varie entre 11 et 22°C .

Les évolutions sur 6 semaines consécutives sont présentées en (Figure 15).



▲ Figure 15 : Évolution des températures aux bornes de l'échangeur

Sur ce site, afin de limiter le givrage des condensats, lorsque la température extérieure chute en dessous de 0°C, le débit d'air neuf insufflé est réduit par diminution de la vitesse du ventilateur d'insufflation. La température de l'air insufflé chute alors.

Pendant la phase de dégivrage, l'efficacité de l'échangeur devient très faible, aux alentours de 10%.

Cette technique de dégivrage n'est pas satisfaisante car elle a pour effet d'augmenter les infiltrations.

Notons ici que les échangeurs rotatifs ne risquent le givrage que pour des températures extérieures très basses (inférieures à -15°C).

Le tableau de la (Figure 16) donne la valeur de l'efficacité moyenne de l'échangeur en fonction de la température extérieure.

Température extérieure	Efficacité moyenne de l'échangeur
Température inférieure à 0°C	68,4%
Température comprise entre 0 et 10°C	77,6%
Température comprise entre 10 et 20°C	80,1 %
Température supérieure à 20°C	échangeur bipassé

▲ Figure 16 : Efficacité moyenne de l'échangeur en fonction de la température extérieure

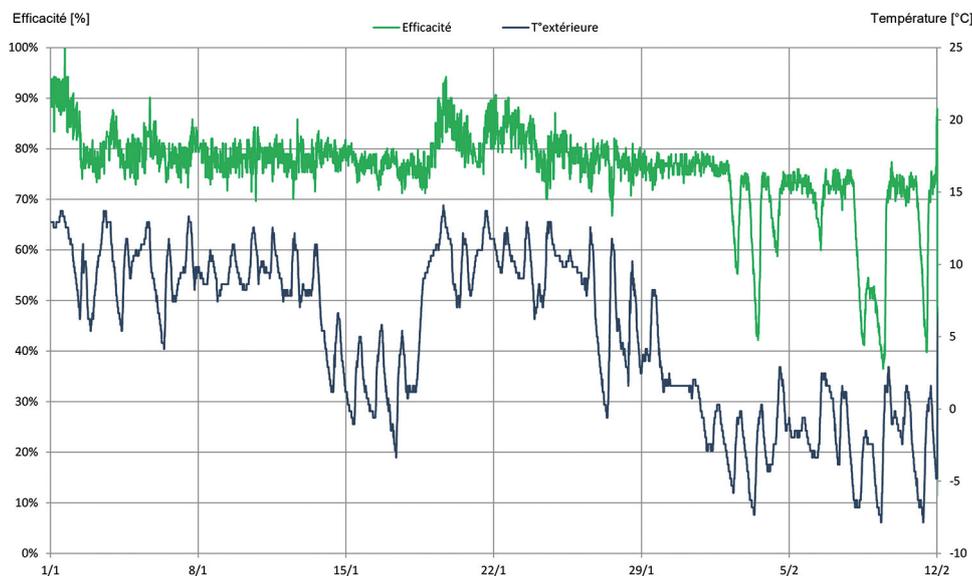


Les performances effectives mesurées montrent une efficacité de 80 % pour des températures extérieures comprises entre 10 et 20°C (Figure 17).

L'étude de marché (cf. 2.2) a montré que plus des 2/3 des échangeurs annoncent une efficacité supérieure à 90%.

L'efficacité de récupération est calculée à partir des mesures des températures de soufflage, extérieure et intérieure par la formule suivante :

$$\frac{\text{Tair soufflé}-\text{Tair extérieur}}{\text{Tair intérieur}-\text{Tair extérieur}}$$

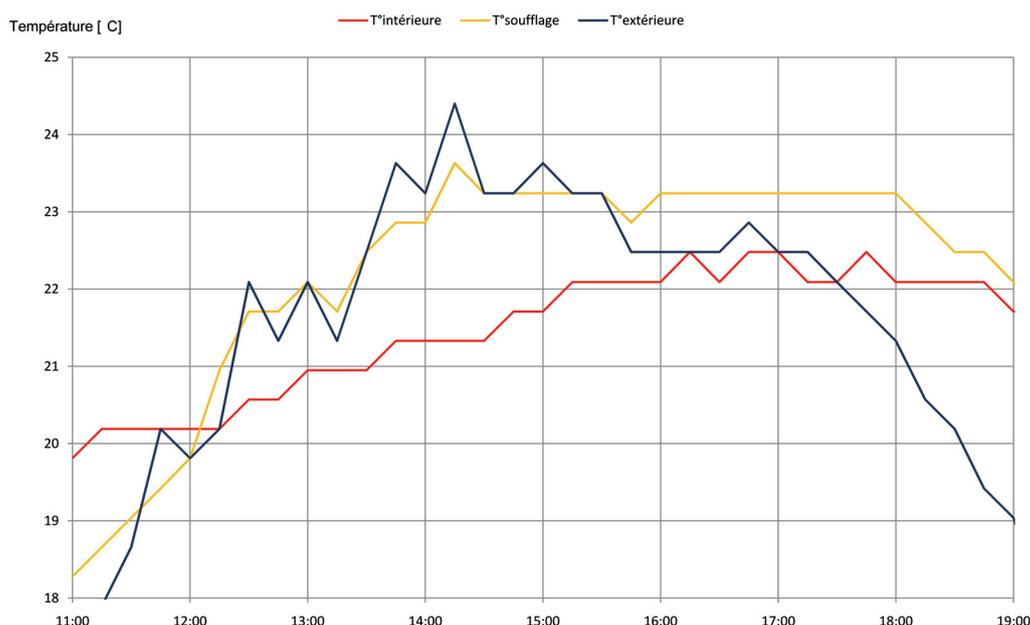


▲ Figure 17 : Efficacité de l'échangeur

La journée du 15 mars (Figure 18), pour laquelle des températures extérieures supérieures à 20°C ont été relevées, fait l'objet d'une analyse particulière.

Bien que l'échangeur soit bypassé, les températures de soufflage sont plus élevées en fin de journée que les températures extérieures. Ce phénomène met en évidence que :

- Le bypass sur l'échangeur n'est pas efficace à 100% (présence de fuites autour de la plaque du bypass) ;
- Les moteurs des ventilateurs d'extraction et d'insufflation réchauffent l'air insufflé.



▲ Figure 18 : Evolution des températures durant la journée du 15 mars

Mesures de la consommation électrique

Les consommations électriques journalières de la centrale double flux mesurées correspondent aux consommations des ventilateurs de soufflage et d'extraction.

La (Figure 19) donne les consommations journalières relevées entre Aout et Décembre. Elle met en évidence que la consommation chute lorsque les filtres s'encrassent. En effet, l'encrassement des filtres induit une réduction de débit qui entraîne une chute de puissance électrique absorbée.

Comme le montre la (Figure 20), extraite de la notice du fabricant de la centrale :

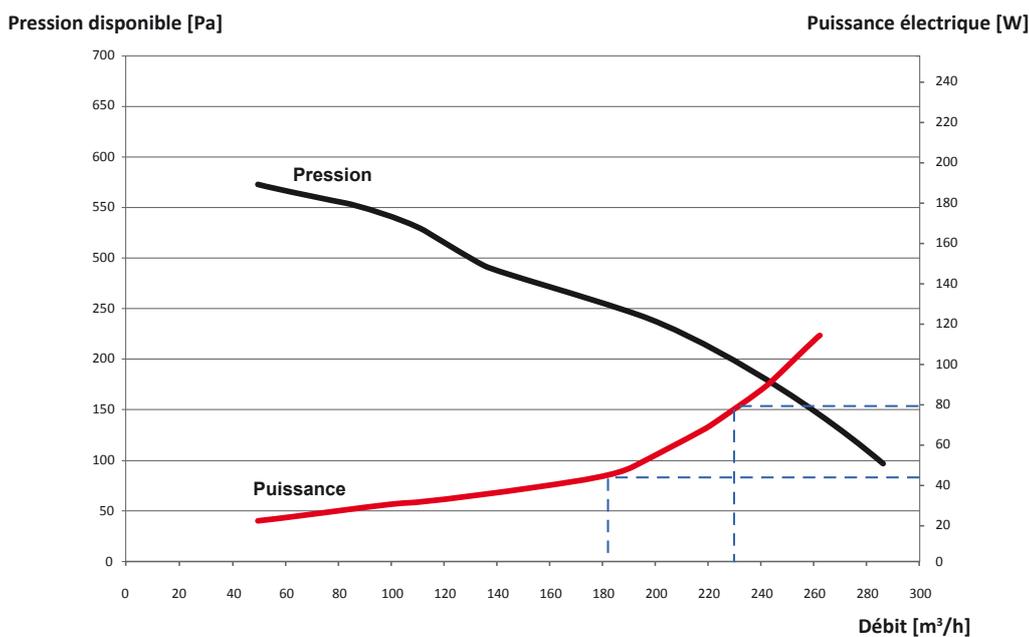
- Pour un débit de 230 m³/h, la puissance des ventilateurs est de 80 W ;
- Pour un débit de 180 m³/h, la puissance des ventilateurs est de 42 W.

La consommation globale sur les 151 jours de mesure est de 311 550 Wh, soit une consommation journalière moyenne de 2 063 Wh et une puissance moyenne de 86 W.

La centrale double flux présente une gestion optimisée des débits afin de limiter la consommation énergétique. Elle adapte le débit d'extraction et d'insufflation en fonction de l'ordre d'activer ou non le grand débit cuisine. Lors de l'activation du grand débit cuisine, un volet de répartition positionné à l'intérieur de la centrale annule pendant 30 minutes l'extraction en WC et en salle de bains, concentrant ainsi l'intégralité du débit d'air extrait sur la cuisine. Ainsi, l'activation du grand débit est réalisée à débit d'air extrait total constant et est donc sans impact sur la consommation électrique.



▲ Figure 19 : Consommations électriques journalières



▲ Figure 20 : Courbes débit-pression et débit-puissance de la centrale double flux

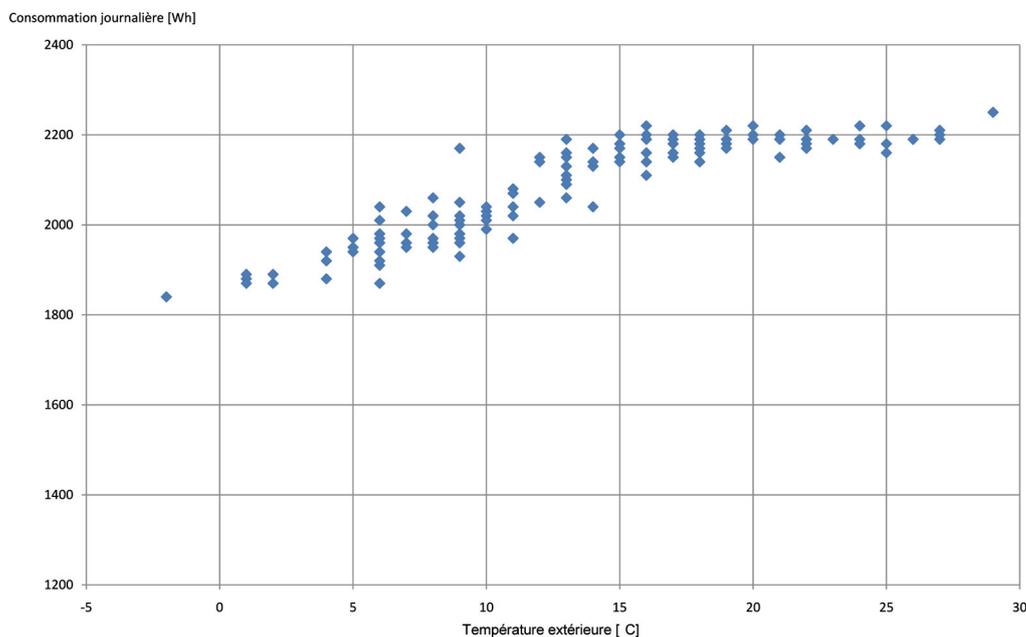
La (Figure 21) montre l'évolution de la consommation électrique journalière en fonction de la température extérieure (moyenne journalière).

On observe que plus la température extérieure est basse, moins la consommation est importante. Ceci s'explique par le fonctionnement de la centrale double flux qui gère automatiquement le dégivrage.

Une sonde de température placée en aval de l'échangeur sur le circuit d'air extrait arrête le ventilateur d'insufflation d'air neuf dès que la température descend à 2°C. Celui-ci redémarre dès que la température remonte à 5°C.



Pour des températures inférieures à 5°C, seul le ventilateur d'extraction fonctionne, la consommation sur cette plage de température est donc réduite.



▲ Figure 21 : Evolution de la consommation électrique journalière des ventilateurs en fonction de la température extérieure



Afin d'éviter le givrage de l'échangeur, le ventilateur de soufflage de cette installation est arrêté quand la température extérieure descend en dessous de 2°C, seule l'extraction se poursuit. Cette technique de dégivrage favorise la pénétration de l'air par les fuites du bâtiment.

3.3. • Site n°2

Sur ce site, deux campagnes de mesures ont été effectuées. La première a mis en évidence que l'installation initiale de la centrale double flux n'apportait pas satisfaction en termes de débit. Il a donc été mis en place une deuxième centrale. Une seconde campagne de mesures a suivi.

3.3.1. • Mesures ponctuelles

Le filtre placé sur l'air neuf est installé depuis 4 mois au moment où les mesures sont effectuées.

Les réseaux de soufflage et d'extraction sont réalisés en conduit PVC d'écoulement sur une grande partie du réseau. Ce type de conduit n'est pas adapté à la ventilation. La combinaison d'humidité et de poussières comporte un risque de prolifération de la flore fongique.

Mesures des débits d'extraction

La (Figure 22) présente les débits d'extraction :

- Les débits réglementaires exigés par l'arrêté du 24 mars 1982 modifié ;
- Les mesures effectuées par le COSTIC lors de la 1^{ère} campagne de mesures.

Les cases en gris mettent en évidence les non-conformités par rapport à l'arrêté du 24 mars 1982 modifié. Elles sont constatées pour plus de la moitié des pièces techniques.

Le débit mesuré au rejet est de 229,7 m³/h. Il est cohérent avec la somme des débits mesurés aux bouches qui est de 229,4 m³/h (Figure 22).

Point de mesures	Débits d'extraction (m ³ /h)	
	Arrêté du 24 mars 1982 modifié	Mesures 1 ^{ère} visite
SdB chambre 3	30	12
SdB chambre 4	30	17
Buanderie	15	22,9
SdB dortoir	30	17,5
SdB maître	30	24,2
SdB chambre 6	30	21,6
SdB chambre 2	30	16,2
WC chambre 2	15	Non ventilé
WC invité	15	22,9
WC maître	15	29,1
Cuisine	45	46
Total	285	229,4

▲ Figure 22 : Débits d'extraction réglementaires et mesurés (1^{ère} campagne de mesures)

Afin d'assurer les débits réglementaires et faciliter l'équilibrage du réseau, une seconde centrale double flux a été installée. Les conduits PVC ont été déposés et remplacés par des conduits souples isolés.

Une 2^{ème} campagne de mesures des débits d'extraction a été effectuée dans les pièces desservies par cette centrale (Figure 23). Elle montre que les débits sont encore insuffisants.

Point de mesures	Débits d'extraction (m ³ /h)	
	Arrêté du 24 mars 1982 modifié	Mesures 2 ^{ème} visite
SdB chambre 3	30	6
SdB maître	30	8
WC invité	15	22
WC maître	15	8
Cuisine	45	66
Total	135	110

▲ Figure 23 : Débits d'extraction réglementaires et mesurés (2^{ème} campagne de mesures) sur la seconde centrale double flux



Mesures des débits d'insufflation

La (Figure 24) présente les débits d'insufflation mesurés lors de la 1^{ère} campagne de mesures.

Les Recommandations Professionnelles VMC double flux ne traitant pas les logements de plus de 6 pièces, les valeurs de référence sont établies en se basant sur le débit minimal total extrait puisque la centrale double flux fonctionne par transfert de débit (lors de l'activation du grand débit cuisine, le débit extrait en cuisine est augmenté au détriment des débits extraits dans les autres pièces techniques).

Les débits mesurés dans la salle à manger et le séjour sont très inférieurs aux valeurs de référence. Ils en sont en revanche très proches dans les chambres.

Point de mesures	Débits d'insufflation (m ³ /h)	
	Valeurs de référence	Mesures 1 ^{ère} visite
Salle à manger	110	30,8
Séjour		46,4
Chambre 1	25	27,8
Chambre 3	25	20
Chambre 4	25	27
Dortoir 1	25	32
Dortoir 2	25	33
Chambre 2	25	25,3
Chambre 6	25	18,8
Total	285	261,1

▲ Figure 24 : Débits d'insufflation de référence et mesurés (1^{ère} campagne de mesures)

Après installation de la deuxième centrale, la répartition des débits dans les différentes pièces desservies par cette dernière est donnée à la (Figure 25). Sauf dans la salle à manger, les débits sont encore insuffisants.

Point de mesures	Débits d'insufflation (m ³ /h)	
	Valeurs de référence	Mesures 2 ^{ème} visite
Salle à manger	30	30
Séjour	30	3
Chambre 1	25	3
Chambre 3	25	3
Chambre 6	25	15
Total	135	54

▲ Figure 25 : Débits d'insufflation de référence et mesurés (2^{ème} campagne de mesures) sur la seconde centrale double flux

Mesures de pression acoustique

Rappelons que l'article 6 de l'arrêté du 30 juin 1999 relatif aux caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation stipule que « Le niveau de pression acoustique normalisé, LnAT, du bruit engendré par

une installation de ventilation mécanique en position de débit minimal ne doit pas dépasser 30 dB(A) dans les pièces principales ».

Les valeurs de pression acoustique en dB(A) mesurées sont reportées en (Figure 26).

Les cases en gris mettent en évidence les non-conformités par rapport à l'arrêté du 30 juin 1999. 1999. Seules deux chambres sont conformes.

Point de mesures	Pression acoustique L_{nAT} en dB(A)	
	Arrêté du 30 juin 1999	Mesures
Chambre 1	30	37,6
Chambre 3		36,2
Chambre 4		35
Dortoir 1		37
Dortoir 2		37,6
Chambre 2		30,5
Chambre 6		26,1

▲ Figure 26 : Pressions acoustiques réglementaires et mesurées

3.3.2. • Mesures en continu

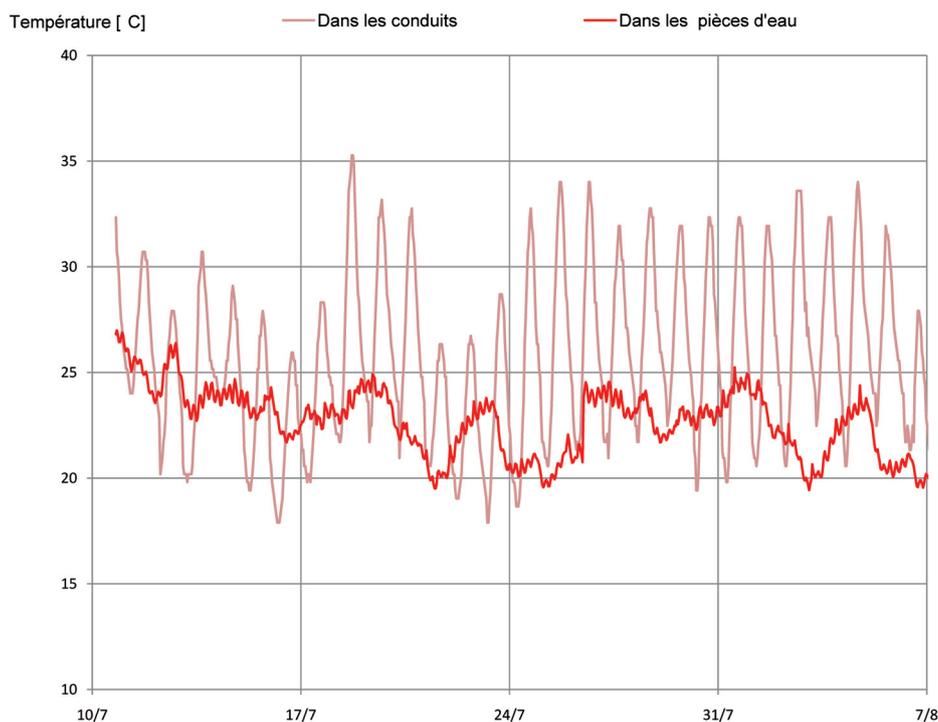
Comparaison entre la température intérieure et la température en reprise

L'écart entre la température moyenne des différentes pièces techniques et la température de reprise d'air dans les conduits a été relevé.

Le graphique de la (Figure 27) présente l'évolution de ces grandeurs sur quatre semaines d'été. Alors que ces deux températures devraient être proches, les mesures mettent en évidence une variation importante de la température dans les conduits, avec des températures très élevées en journée et plus faibles que la température ambiante en fin de nuit.

Ce phénomène s'explique par l'absence d'isolation de combles et des conduits. La température des combles en cette période de l'année dépasse 40°C.

En effet, sur la majeure partie du réseau aucune isolation n'existe. Afin de ne pas dégrader les performances thermiques de la centrale double flux, il aurait été nécessaire d'isoler les conduits avec 50 mm de laine de verre (résistance thermique $R > 1,2 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$).



▲ Figure 27 : Ecart entre la température moyenne des pièces techniques et la température dans les conduits

Evolution des températures aux bornes de l'échangeur

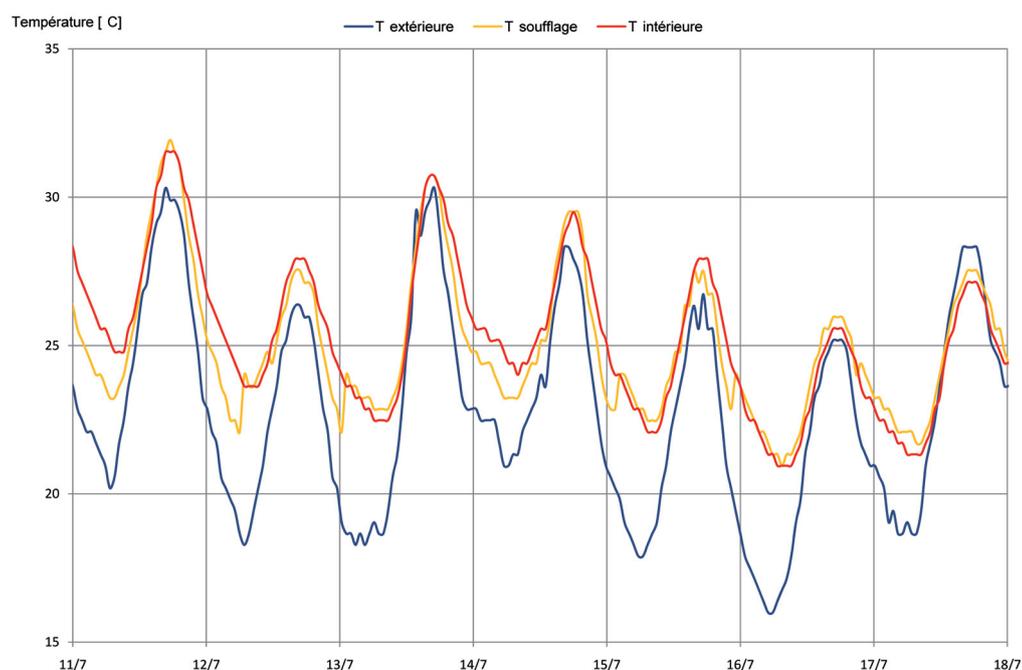
La température extérieure, la température intérieure et la température de soufflage ont été enregistrées. Les évolutions sont présentées respectivement en (Figure 28) et (Figure 29) pour les périodes :

- Une semaine en juillet ;
- Une semaine en septembre.

En juillet, les températures dépassent 25°C dans la journée et ne descendent pas en dessous de 16°C la nuit.

Le récupérateur de chaleur est bypassé, mais les températures de soufflage sont supérieures dans la majorité des cas aux températures extérieures.

Ceci s'explique par un réseau de conduits non isolés, installé dans des combles dont la température dépasse 40°C.



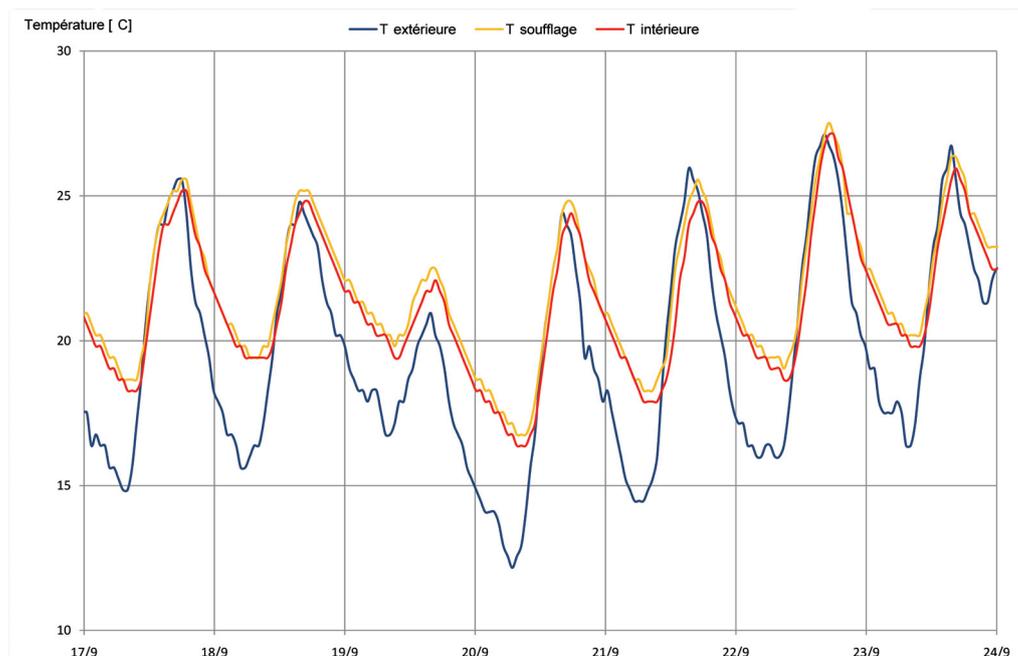
▲ Figure 28 : Evolution des températures aux bornes de l'échangeur en juillet

En Septembre, les températures dépassent encore régulièrement 25°C dans la journée mais ne descendent pas en dessous de 10°C la nuit.

Les températures de soufflage sont très élevées et dépassent les températures extérieures malgré la présence du bypass sur l'échangeur. Différentes explications peuvent être avancées :

- Le bypass sur l'échangeur n'est pas efficace à 100% (fuites autour de la plaque du bypass) ;
- Les moteurs des ventilateurs d'extraction et d'insufflation réchauffent l'air insufflé ;
- Les combles non isolés réchauffent les conduits, eux-mêmes non isolés.

Le rafraîchissement nocturne (par augmentation du débit la nuit) n'a pas été mis en route. En effet, l'installation étant déjà bruyante en débit minimum, il n'a pas été envisagé de passer à une vitesse supérieure.



▲ Figure 29 : Evolution des températures aux bornes de l'échangeur en septembre

Mesures de la consommation électrique

Les consommations journalières mesurées de la centrale double flux correspondent aux consommations des ventilateurs de soufflage et d'extraction.

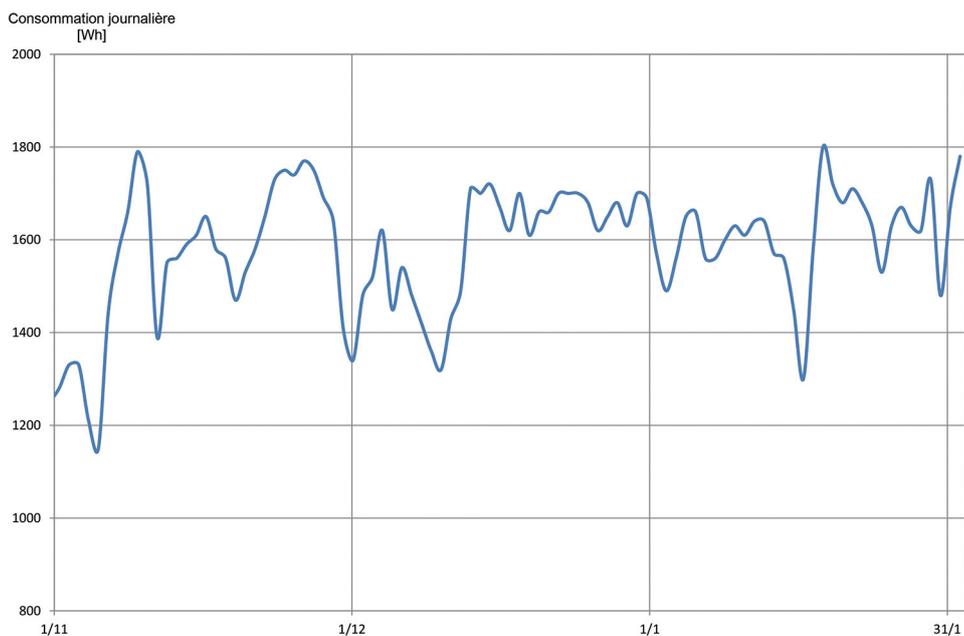
La (Figure 30) donne les consommations journalières relevées de Novembre à Janvier.

La consommation globale sur 91 jours est de 145 320 Wh, soit une consommation journalière moyenne de l'ordre de 1600 Wh et une puissance moyenne de 67 W.

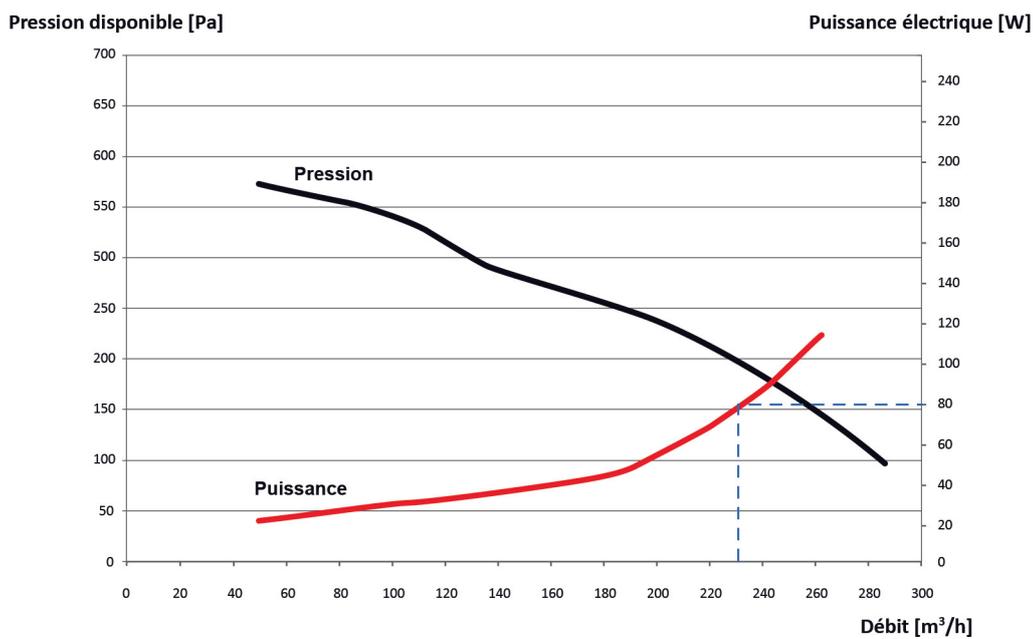
Cette puissance moyenne mesurée est cohérente avec les valeurs annoncées par le fabricant. Comme le montre la (Figure 31), pour le débit mesuré de 230 m³/h, la puissance des ventilateurs est d'environ 80 W.

Cette consommation est environ 20% plus faible que celle de l'installation du site n°1.

Les fluctuations observées sur les consommations électriques journalières peuvent s'expliquer par une occupation discontinue de cette maison.



▲ Figure 30 : Consommations électriques journalières



▲ Figure 31 : Courbes débit-pression et débit-puissance de la centrale double flux



3.4. • Site n°3

3.4.1. • Mesures ponctuelles

Mesures des débits d'insufflation

La (Figure 32) présente les débits d'insufflation mesurés.

Les Recommandations Professionnelles VMC double flux ne traitant pas les logements de plus de 6 pièces, les valeurs de référence sont établies en se basant sur le débit réglementaire total à extraire.

Le débit total insufflé est satisfaisant. Cependant, on observe de grandes disparités entre les différentes chambres. Les débits insufflés sont compris entre 7 et 26 m³/h. Un rééquilibrage du réseau est à envisager.

Point de mesures	Débits d'insufflation (m ³ /h)	
	Valeurs de référence	Mesures
Salon	30	31
Grande pièce	25	29
Chambre parentale	20	13
Chambre garçon	20	17
Chambre fille	20	26
Chambre bébé	20	7
Chambre ami	20	13
Total	135	136

▲ Figure 32 : Débits d'insufflation de référence et mesurés

Mesures de pression acoustique

La pression acoustique a été mesurée dans le séjour. La valeur relevée est de 30,5 dB(A). Cette valeur est sensiblement conforme aux exigences de 30 dB(A) de l'arrêté du 30 juin 1999.

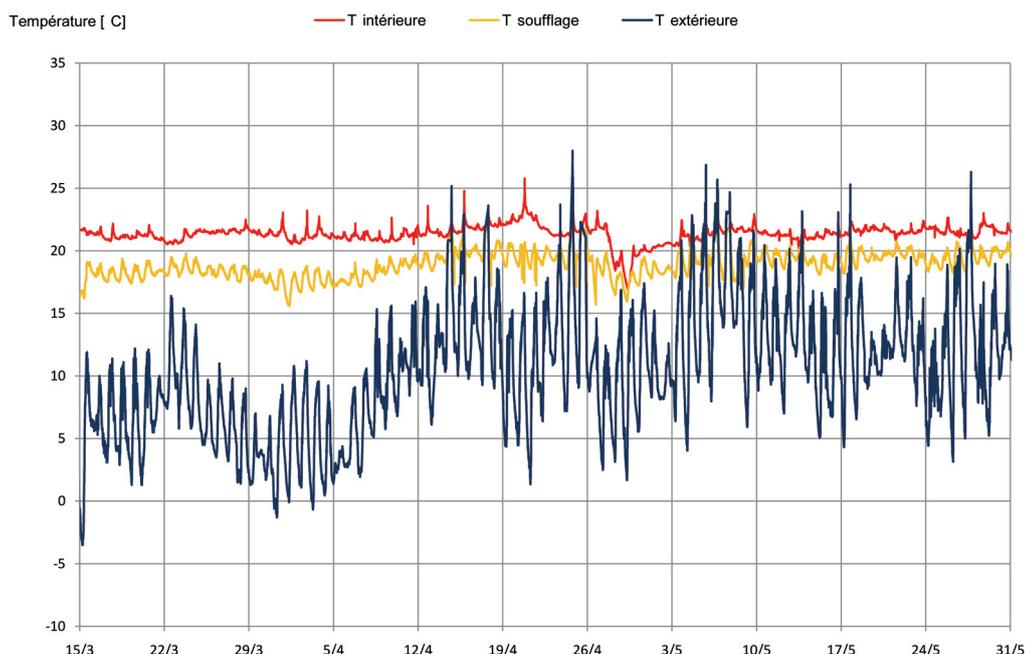
3.4.2. • Mesures en continu

Evolution de la température de soufflage

La période étudiée s'étend de mi Mars à fin Mai. Sur cette période, la température de soufflage est comprise entre 14 et 23°C. L'écart moyen entre la température ambiante et la température de soufflage est de 2,4 K.

Le système double flux n'est pas suffisant pour assurer le chauffage de la maison, une installation de chauffage à eau chaude est également présente.

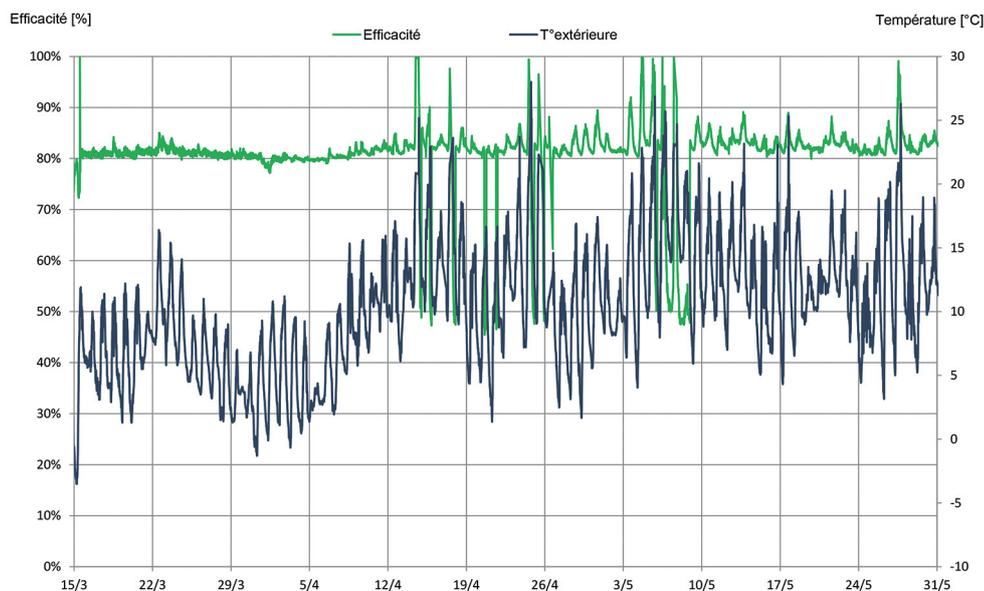
Sur cette période, les températures extérieures sont faibles. Le récupérateur de chaleur n'est jamais bypassé.



▲ Figure 33 : Evolution de la température intérieure et de la température de soufflage

Evaluation de l'efficacité de l'échangeur

Sur la période analysée, l'efficacité de l'échangeur est relativement stable, aux alentours de 80% (valeur moyenne : 80,7%). La (Figure 34) présente des irrégularités quand la température extérieure est proche de la température d'air repris, car l'évaluation de l'efficacité devient alors très imprécise, voire n'a plus de sens quand ces températures s'inversent.



▲ Figure 34 : Efficacité de l'échangeur

! L'efficacité moyenne de l'échangeur est de l'ordre de 80%.



Analyse des pratiques et des installations actuelles

4



Ce chapitre présente des constats établis lors des visites d'installations et d'échanges avec les professionnels.

4.1. • Bonnes et mauvaises pratiques

4.1.1. • Positionnement de la prise d'air et du rejet

L'air neuf doit être prélevé directement à l'extérieur. Le rejet d'air doit être implanté de façon à ne pas réintroduire l'air vicié dans le bâtiment (par les ouvrants ou la prise d'air neuf). Il ne doit pas constituer une gêne pour les occupants. Il ne doit pas être installé face aux vents dominants.

<p>Bon positionnement</p>	<p>Mauvais positionnement</p>
<p>Double flux en habitat individuel Afin de limiter la réintroduction d'air pollué, la prise et le rejet d'air sont positionnés sur deux façades opposées.</p>	<p>Double flux en habitat individuel Distance du rejet et de la prise d'air insuffisante. Le risque de recyclage est important.</p>

▲ Figure 35 : Positionnement de la prise d'air et du rejet



4.1.2. • Bouches de soufflage

<p>Les grilles de soufflage sont placées dans les pièces de vie. Des soffites peuvent être éventuellement mis en place.</p>	<p>Cohabitation d'entrées d'air et de bouches de soufflage.</p>
<p>Double flux en habitat collectif individualisé <i>Création de soffite pour positionner les bouches de soufflage dans le séjour. Les ailettes sont orientées afin de ne pas créer de gêne pour les occupants.</i></p>	<p>Double flux en habitat individuel <i>Cohabitation d'entrées d'air et de bouches de soufflage dans les pièces principales.</i></p>

▲ Figure 36 : Bouches de soufflage

4.1.3. • Bouches d'extraction

<p>Mauvais positionnement</p>
<p>Double flux en habitat collectif <i>La bouche d'extraction placée derrière un placard n'est pas démontable.</i></p>

▲ Figure 37 : Bouches d'extraction



4.1.4. • Isolation du réseau d'insufflation

<p>Recouvrement en totalité du réseau d'insufflation.</p>	<p>Recouvrement partiel du réseau d'insufflation.</p>
<p>Double flux en habitat collectif <i>Pas de pont thermique sur le réseau d'insufflation.</i></p>	<p>Double flux en habitat individuel <i>L'isolant n'est pas protégé.</i></p>

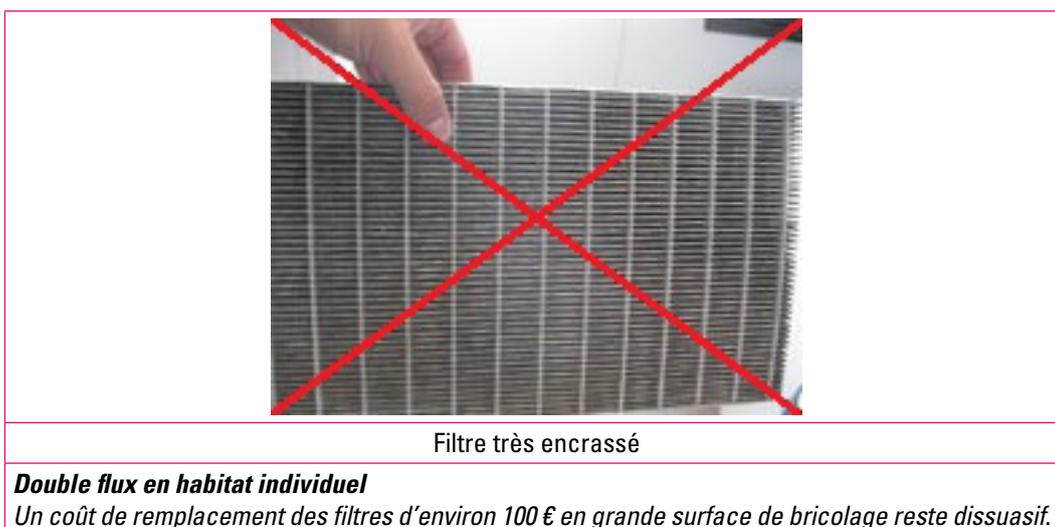
▲ Figure 38 : Isolation du réseau d'insufflation

4.1.5. • Accessibilité des filtres

<p>Parfaite accessibilité des filtres.</p>	<p>Une découpe dans la laine de verre a été réalisée à l'endroit de la trappe d'accès des filtres. Des rubans adhésifs maintiennent cette trappe de fortune.</p>
<p>Double flux en habitat collectif <i>L'entretien est aisé.</i></p>	<p>Double flux en habitat individuel <i>Cette trappe de fortune n'est pas pérenne.</i></p>

▲ Figure 39 : Accessibilité des filtres

4.1.6. • Encrassement des filtres



▲ Figure 40 : Encrassement des filtres



La réduction de débit entraîné par l'encrassement des filtres conduit à une dégradation de la qualité d'air intérieur.

4.1.7. • Etat des conduits



▲ Figure 41 : Mise en œuvre des conduits souples



<p>Conduits PVC rigides pour la ventilation.</p>	<p>Utilisation de conduits PVC d'écoulement des eaux.</p>
<p>Double flux en habitat collectif individualisé <i>L'utilisation de conduits rigides minimise les problèmes de mise en œuvre. Ils peuvent être intégrés dans l'habitat.</i></p>	<p>Double flux en habitat individuel <i>Dans des combles non isolés, les conduits souples doivent être calorifugés. Les conduits plastiques doivent être spécifiques à la ventilation.</i></p>

▲ Figure 42 : Mise en œuvre des conduits plastiques rigides

4.2. • Analyses et recommandations par type d'installations

Les constats et préconisations qui suivent sont différenciés pour les configurations d'installations double flux suivantes :

- Ventilateurs et échangeur centralisés ;
- Ventilateurs centralisés et échangeurs décentralisés.

Les préconisations sont détaillées dans les Recommandations Professionnelles VMC double flux.

	Ventilateurs et échangeur centralisés	Ventilateurs centralisés et échangeurs décentralisés
<p>Isolation des conduits</p>	<p>L'installation d'un système double flux nécessite le plus grand soin dans l'isolation des conduits en dehors du volume chauffé afin d'assurer sa performance.</p> <p>Les conduits d'extraction et de soufflage situés hors du volume chauffé doivent être calorifugés. Une épaisseur de 50 mm permet de respecter l'exigence de résistance thermique pour un isolant courant (de 0,04 W/m.K de conductivité).</p>	
<p>Hauteur sous plafond</p>	<p>Le passage des conduits de ventilation entraîne une réduction de la hauteur sous plafond. Cette contrainte a un impact sur l'aménagement intérieur du logement.</p> <p>Le croisement des conduits d'extraction et de soufflage est à éviter afin de ne pas réduire davantage la hauteur sous plafond.</p>	



	Ventilateurs et échangeur centralisés	Ventilateurs centralisés et échangeurs décentralisés
Maintenance	La pérennité du fonctionnement du système de ventilation passe par une maintenance régulière.	
	Système accessible directement par les équipes de maintenance, sans entrer dans les logements. Il est nécessaire que la centrale ait un accès aisé, sans risque particulier et éclairé. L'implantation dans les combles sous toiture inclinée est à éviter.	Entretien assuré par les occupants du logement. Il est nécessaire de prévoir un volume libre pour permettre l'ouverture et l'accès aisé au récupérateur de chaleur.
Gestion des débits	Afin d'assurer une correcte répartition des débits de soufflage dans les pièces principales, des registres ou régulateurs de débit autoréglables sont utilisés.	
	Ne permettent pas une gestion fine des débits.	Gestion plus fine. Possibilité de faire du transfert de débit entre le grand débit cuisine et les autres pièces humides.
Prise d'air neuf	L'installation de la prise d'air doit se faire, à l'extérieur, dans une zone éloignée le plus possible des sources de pollution et des rejets d'air et si possible sur le toit ou une façade protégée des vents dominants.	
Rejet de l'air extrait	L'air extrait doit être rejeté à l'extérieur de l'immeuble, soit directement depuis le groupe d'extraction, soit par l'intermédiaire d'un conduit de refoulement, et de façon à éviter la reprise d'air vicié par les ouvrants ou la prise d'air. Le rejet et la prise d'air sont espacés le plus possible.	
Evacuation des condensats	L'évacuation des condensats est indispensable à la pérennité du système. La centrale (système centralisé) ou l'échangeur (système décentralisé) doit être muni d'un raccord et d'un siphon permettant le raccordement au réseau des eaux usées du bâtiment. L'évacuation vers les eaux usées doit être prévue à cet effet dans le local où est placée la centrale ou l'échangeur.	
Coût	Le système double flux centralisé est moins cher que le système double flux décentralisé.	

▲ Figure 43 : Synthèse des préconisations relatives aux systèmes double flux

PARTENAIRES du Programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

- Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) ;
- Association des industries de produits de construction (AIMCC) ;
- Agence qualité construction (AQC) ;
- Confédération de l'artisanat et des petites entreprises du bâtiment (CAPEB) ;
- Confédération des organismes indépendants de prévention, de contrôle et d'inspection (COPREC Construction) ;
- Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) ;
- Électricité de France (EDF) ;
- Fédération des entreprises publiques locales (EPL) ;
- Fédération française du bâtiment (FFB) ;
- Fédération française des sociétés d'assurance (FFSA) ;
- Fédération des promoteurs immobiliers de France (FPI) ;
- Fédération des syndicats des métiers de la prestation intellectuelle du Conseil, de l'Ingénierie et du Numérique (Fédération CINOV) ;
- GDF SUEZ ;
- Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie ;
- Ministère de l'Égalité des Territoires et du Logement ;
- Plan Bâtiment Durable ;
- SYNTEC Ingénierie ;
- Union nationale des syndicats français d'architectes (UNSFA) ;
- Union nationale des économistes de la construction (UNTEC) ;
- Union sociale pour l'habitat (USH).

Les productions du Programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont le fruit d'un travail collectif des différents acteurs de la filière bâtiment en France.



VENTILATION DOUBLE FLUX
PERFORMANCE ET RETOUR
D'EXPÉRIENCES

FÉVRIER 2015

Dans un contexte de réduction des consommations d'énergie des bâtiments, les installations de ventilation double flux se sont développées pour la maison individuelle et, plus récemment, pour les logements collectifs.

Cependant, si les économies d'énergie constituent un axe d'amélioration important, ce dernier n'est pas suffisant à lui seul pour permettre à une technologie de s'imposer. Il faut également répondre aux attentes des occupants en matière de confort thermique et acoustique.

L'objectif du travail est de constituer un retour d'expériences qualitatif et quantitatif sur les installations de ventilation double flux.

Cette étude présente :

- Un point sur les différentes typologies de ventilation double flux (ventilateurs et échangeur centralisés, ventilateurs et échangeurs décentralisés, ventilateurs centralisés et échangeurs décentralisés) ;
- L'état de l'offre du marché des centrales double flux en termes de technologies, d'efficacité, de filtration...
- Des résultats de suivis instrumentés sur trois installations de ventilation double flux : mesures de débit, de pression acoustique, d'efficacité d'échange...

