



Prévenir les désordres,
améliorer la qualité
de la construction

PÔLE
OBSERVATION

Dispositif REX
Bâtiments
performants

VENTILATION DOUBLE FLUX DÉCENTRALISÉE 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



SOMMAIRE

Avertissement	2
PARTENARIAT AQC / ENVIROBAT GRAND EST	2
L'AQC ET LE DISPOSITIF REX BÂTIMENTS PERFORMANTS.....	3
Présentation générale.....	3
Fonctionnement du dispositif	3
Quelques chiffres	4
LES CENTRES DE RESSOURCES DU RÉSEAU ENVIROBAT GRAND EST.....	6
VENTILATION DOUBLE FLUX DÉCENTRALISÉE	7
12 ENSEIGNEMENTS CLÉS TIRÉS DES RETOURS D'EXPÉRIENCES.....	9
1 Vérifier la bonne diffusion de l'air neuf pour un balayage efficace	10
2 Assurer une extraction continue et la récupération des calories de l'air vicié.....	11
3 Vérifier la compatibilité de l'usage des modules à fonctionnement alternatif avec la réglementation en vigueur.....	12
4 Éloigner les prises d'air des rejets d'air	13
5 Installer les modules sans dégrader l'étanchéité à l'air du bâtiment.....	14
6 Tenir compte du bruit extérieur pour choisir le type de ventilation à installer	15
7 Prendre en compte les bruits de fonctionnement des modules de ventilation double flux décentralisée.....	16
8 Positionner les modules en veillant à ne pas créer d'inconfort	17
9 Prévoir une bonne évacuation des condensats	18
10 Intégrer les coûts d'entretien et de maintenance des modules pour une démarche en coût global.....	19
11 Choisir des modules facilement démontables pour un entretien aisé	20
12 Intégrer architecturalement les capots de modules.....	21
CONCLUSION	22
TEXTES DE RÉFÉRENCE.....	23
GLOSSAIRE	25

AVERTISSEMENT

Ce document contient la description d'événements relevés lors d'une enquête. Il ne reflète que l'expérience issue de l'échantillon d'opérations visitées. C'est donc un retour partiel à partir duquel aucune extrapolation statistique ne peut être réalisée.

Ce document propose également un ensemble de bonnes pratiques qui sont issues de l'expérience des acteurs rencontrés sur le terrain ou de celle des spécialistes qui ont participé à ce travail.

En aucun cas ces bonnes pratiques ne peuvent se substituer aux textes de référence concernés.

PARTENARIAT AQC / ENVIROBAT GRAND EST

Ce rapport est le fruit d'une collaboration entre l'AQC et les centres de ressources du réseau Envirobat Grand Est. Il a été réalisé grâce au soutien financier du programme PACTE et de l'ADEME. Les informations qu'il contient proviennent des retours d'expériences collectés via le Dispositif REX Bâtiments performants conçu et développé par l'Agence Qualité Construction.

Il a pour but de présenter 12 enseignements majeurs concernant la ventilation double flux décentralisée. Le choix de ces enseignements s'est fait en fonction de la récurrence des constats observés au sein de l'échantillon, de leur gravité et de l'appréciation des spécialistes du sujet qui ont participé à ce travail.

L'AQC ET LE DISPOSITIF REX BÂTIMENTS PERFORMANTS

PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Sous l'impulsion des objectifs de la transition énergétique, le secteur du bâtiment s'est engagé dans une mutation importante qui bouleverse les logiques et les habitudes du passé. Comme dans tous les domaines, ces changements impliquent une montée en compétences des acteurs, qui passe par l'expérimentation. Cette étape, indispensable pour progresser, est cependant naturellement génératrice d'écueils.

L'AQC se devait donc de capitaliser et valoriser ces retours d'expériences pour s'en servir comme des leviers d'amélioration de la qualité. C'est dans cet esprit que le Dispositif REX Bâtiments performants accompagne, depuis 2010, l'ensemble des acteurs de l'acte de construire en les sensibilisant sur les risques émergents induits par cette mutation de la filière Bâtiment.

Ce dispositif consiste concrètement à capitaliser des retours d'expériences en se basant sur l'audit *in situ* de bâtiments précurseurs allant au-delà des objectifs de performances énergétiques et environnementales et sur l'interview des acteurs qui ont participé aux différentes phases de leur élaboration.

Le partage des expériences capitalisées est au cœur du mode opératoire. Après une étape de consolidation et d'analyse des données, les enseignements tirés sont valorisés pour permettre l'apprentissage par l'erreur. Cette valorisation s'attache également à mettre en valeur les bonnes pratiques.

FONCTIONNEMENT DU DISPOSITIF

COLLECTE SUR LE TERRAIN

ÉTAPE A

- Interview *de visu* et *in situ* d'acteurs précurseurs de constructions performantes.
- Identification des non-qualités et des bonnes pratiques par les enquêteurs.

CONSOLIDATION DANS UNE BASE DE DONNÉES

ÉTAPE B

- Capitalisation de l'information en utilisant une nomenclature prédéfinie.
- Relecture des données capitalisées par des experts construction.

ANALYSE DES DONNÉES

ÉTAPE C

- Extractions de données en fonction de requêtes particulières.
- Évaluation des risques identifiés par un groupe d'experts techniques.

VALORISATION DES ENSEIGNEMENTS

ÉTAPE D

- Production de rapports.
- Réalisation d'une mallette pédagogique et de plaquettes de sensibilisation pour les professionnels.

Le Dispositif REX Bâtiments performants est alimenté grâce à la coopération des centres de ressources membres du Réseau Bâtiment Durable. Les enquêteurs qui collectent les retours d'expériences sur le terrain sont hébergés dans les centres de ressources régionaux, qui partagent leurs réseaux et leurs réflexions autour des retours d'expériences.

LE DISPOSITIF REX BÂTIMENTS PERFORMANTS EN QUELQUES CHIFFRES

9 ANS

d'ancienneté

74 ENQUÊTEURS

depuis 2010

13 EN 2018

3 500 ACTEURS RENCONTRÉS

depuis 2010

500 EN 2018

610 BÂTIMENTS VISANT LE NIVEAU BBC OU RT 2012

labellisés ou non

190 BÂTIMENTS VISANT LE NIVEAU PASSIF

labellisés ou non

520 BÂTIMENTS VISANT LE NIVEAU BBC RÉNOVATION

labellisés ou non

65 BÂTIMENTS RÉALISÉS À L'AIDE D'OUTILS BIM

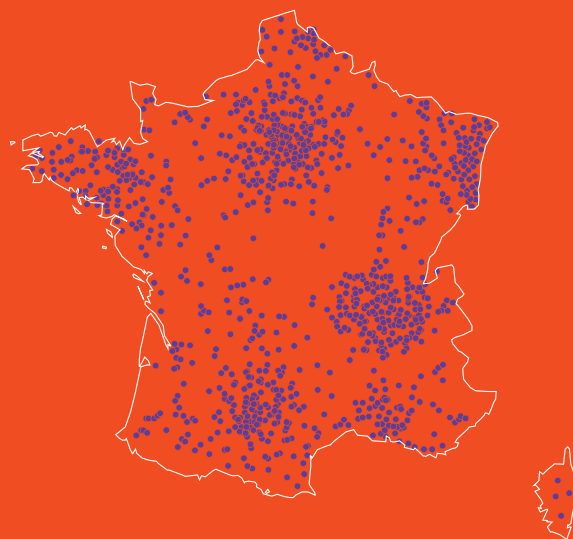
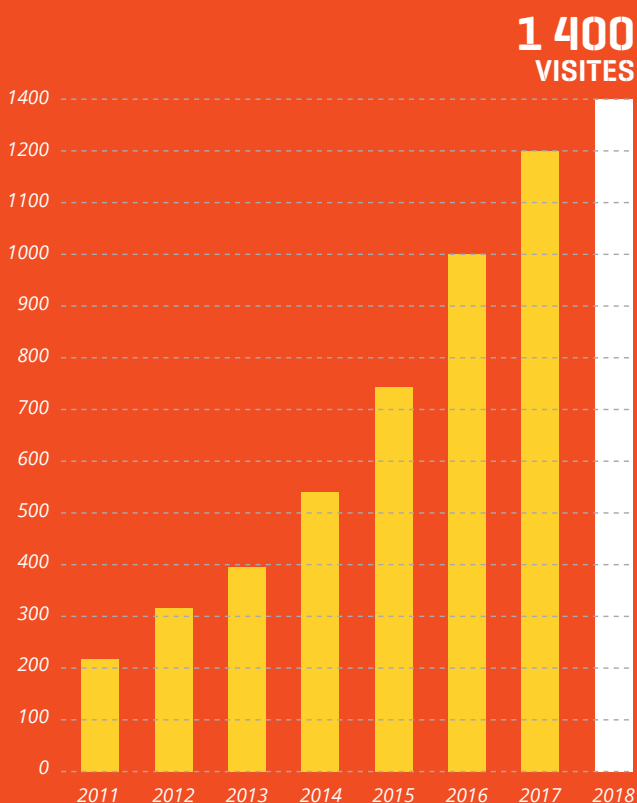
15 BÂTIMENTS INTÉGRANT LA DÉMARCHE E+/C-

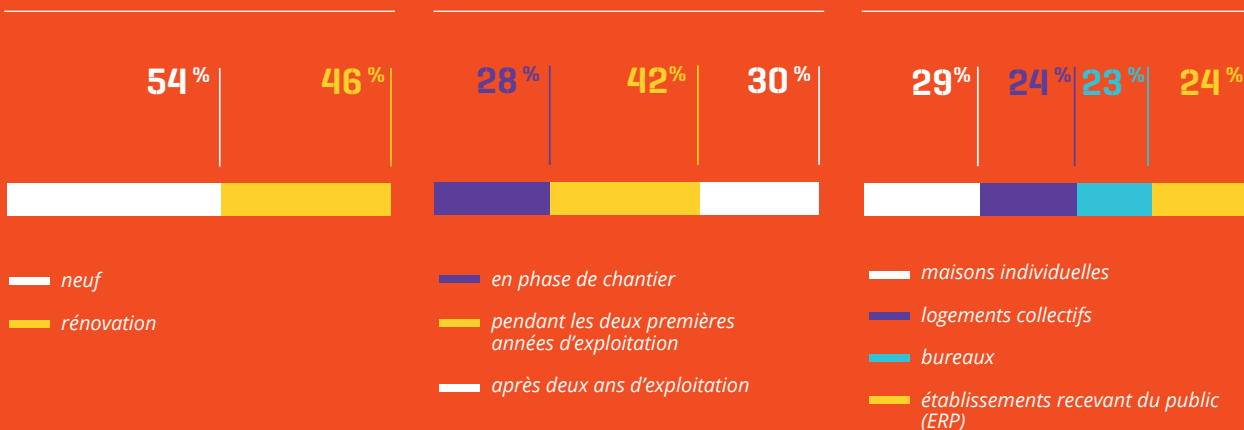
1 400 BÂTIMENTS VISITÉS

depuis 2010

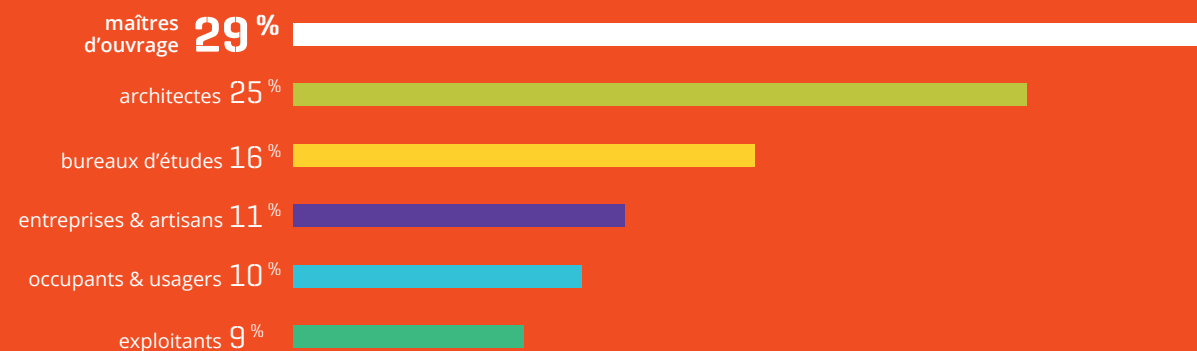
200 EN 2018

OPÉRATIONS VISITÉES

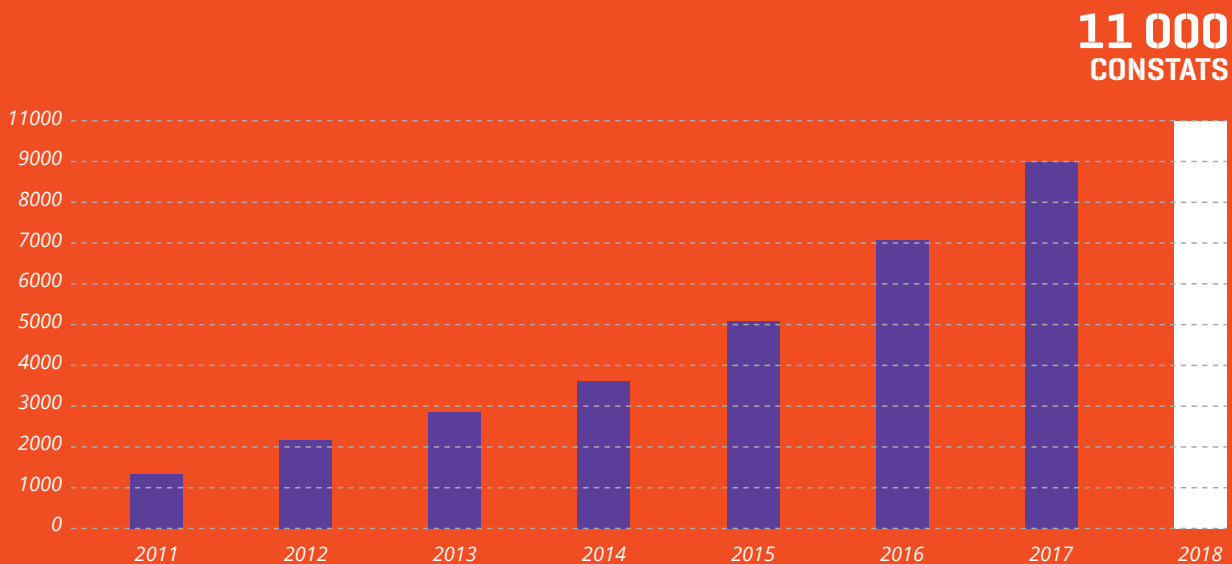




LES ACTEURS RENCONTRÉS



CONSTATS CAPITALISÉS





LES CENTRES DE RESSOURCES DU RÉSEAU ENVIROBAT GRAND EST

PRÉSENTATION ET OBJECTIF

Le réseau Envirobat Grand Est a été créé en juin 2018 afin de mutualiser les moyens des 3 centres de ressources régionaux (ARCAD-LQE, PQE et energivie.pro) pour la promotion du bâtiment et de l'aménagement durables en Grand Est.



LES MISSIONS

Envirobat Grand Est vous aide à préparer l'avenir

Comment proposer des bâtiments à faible impact environnemental, confortables et sains. Comment s'adapter au changement climatique ? Professionnels du bâtiment. Envirobat Grand Est vous aide à mieux répondre aux défis de la transition écologique et énergétique.

Envirobat Grand Est vous informe

Par sa veille et son expertise, son réseau d'experts, ses nombreuses manifestations, Envirobat Grand Est permet aux professionnels du bâtiment de se tenir informés et de monter en compétences.

Envirobat Grand Est partage les bonnes pratiques

- **Pour le bâtiment:** la sobriété et l'efficacité énergétique, l'utilisation des matériaux biosourcés, des matériaux à faible impact environnemental et sanitaire, des matériaux de déconstruction, l'utilisation des énergies renouvelables, le confort d'usage, la qualité de l'air, l'intégration dans le site et le développement des filières locales...
- **Pour l'aménagement et l'urbanisme:** méthodes d'aménagement durable, de consommation raisonnée des espaces, reconquête des centres bourgs et des friches, transports propres, patrimoine architectural, gestion raisonnée de l'eau, préservation des paysages et de la biodiversité, îlots de chaleur...

VENTILATION DOUBLE FLUX DÉCENTRALISÉE

CONTEXTE

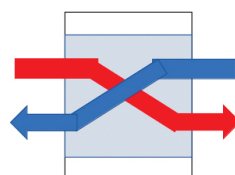
Comme toute ventilation double flux, la ventilation décentralisée doit garantir le renouvellement d'air des locaux ventilés tout en récupérant une grande partie de la chaleur de l'air rejeté.

Contrairement à la ventilation double flux centralisée, elle s'affranchit des réseaux aérauliques. On notera cependant qu'il existe des modules de ventilation décentralisée gainables qui permettent de traiter simultanément une pièce sèche et une pièce humide au travers d'un conduit de liaison unique de faible longueur facile à intégrer entre le module et la bouche d'extraction ou de soufflage.

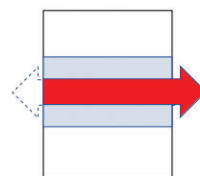
La pose étant réalisée pièce par pièce, les modules de ventilation double flux décentralisée adoptent souvent des conceptions et un mode de fonctionnement différents. Si certains modules reprennent le fonctionnement standard des caissons de ventilation double flux centralisés, d'autres s'en écartent sensiblement.

Deux grands types peuvent ainsi être identifiés :

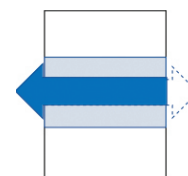
- Les modules à **fonctionnement continu** équipés de deux ventilateurs (l'un dédié à l'insufflation, l'autre à l'extraction) et d'un échangeur de chaleur, semblables à ceux de la ventilation double flux centralisée, mais dimensionnés pour les usages plus restreints d'une pièce (de quelques dizaines de m³/h à quelques centaines de m³/h).
- Les modules à **fonctionnement alternatif** (push-pull) équipés d'un ventilateur unique et d'un échangeur-accumulateur qui passent successivement d'une phase de rejet de l'air vicié (schéma 1), pendant laquelle ils chargent au passage l'échangeur-accumulateur, à une phase d'insufflation d'air neuf (schéma 2), pendant laquelle ce même échangeur-accumulateur est déchargé. Ces derniers modules ont une plage de fonctionnement allant de quelques m³/h à plusieurs dizaines de m³/h.



Représentation graphique d'un module à fonctionnement continu



Représentation graphique d'un module à fonctionnement alternatif durant son cycle d'extraction



Représentation graphique d'un module à fonctionnement alternatif durant son cycle de soufflage

L'efficacité de récupération affichée par les constructeurs est comparable à ce que l'on observe avec la ventilation double flux centralisée. L'efficacité peut en revanche être affectée par la qualité de la mise en œuvre. Cela est particulièrement vrai pour les modules push-pull.



UNE TECHNIQUE ENCORE ÉMERGENTE EN FRANCE

La ventilation double flux a émergé comme technique de ventilation il y a un peu plus de 20 ans. Elle est née de la contrainte réglementaire qui impose de construire et de rénover les bâtiments avec un niveau de consommation énergétique de plus en plus restreint. Ne pas récupérer la chaleur de l'air extrait d'un bâtiment dont l'enveloppe (isolation thermique et étanchéité à l'air) est performante revient en effet à en pénaliser très fortement la consommation. Les pertes par renouvellement d'air peuvent ainsi représenter plus de 50 % des déperditions, voire 75 % dans certains cas.

Si la technique est relativement ancienne, son niveau de maturité varie sensiblement d'un pays à l'autre. La France, où la réglementation impose depuis 1982, dans le résidentiel, une « ventilation générale et permanente » au moins pendant les périodes de l'année où les fenêtres demeurent fermées, a une longue expérience de la ventilation mécanique (simple flux, autoréglable puis hygroréglable). L'Allemagne, qui ne possédait pas une telle réglementation a dû basculer assez brusquement de la ventilation naturelle vers la ventilation mécanique lorsque les niveaux de performances des enveloppes ont augmenté. Pour garantir un air sain sans pénaliser le niveau de performance énergétique du bâtiment, la ventilation mécanique centralisée double flux s'est largement développée. La ventilation double flux décentralisée est venue ensuite compléter « naturellement » l'offre de systèmes de ventilation.

En France, à l'inverse, où d'autres systèmes de ventilation comme la ventilation simple flux hygroréglable sont largement diffusés, la ventilation double flux ne possède qu'une part de marché restreinte. On peut noter toutefois une tendance à l'augmentation des installations, favorisée et encadrée par la publication en avril 2017 de la partie 1-1-4 du DTU 68.3 traitant des installations de ventilation double flux. Cependant, les systèmes décentralisés ne sont pas visés par ce document, risquant d'en freiner le développement.

Par ailleurs, tous les types de bâtiments sont *a priori* susceptibles d'accueillir ces systèmes. Cependant, en France, les bâtiments sont soumis à la réglementation en cours au moment de leur construction. Pour les bâtiment résidentiels, l'arrêté du 22/10/1969 relatif à « l'aération des logements » impose une ventilation générale, avec une circulation d'air devant pouvoir se faire principalement des pièces principales vers les pièces de service. Or, les système de ventilation mécanique ponctuelle double flux (push pull fonctionnant seul) ne répondent pas à cette exigence ; leur usage ne peut donc être envisagé d'un point de vue réglementaire, que dans les logements construits avant octobre 1969.

Les systèmes de ventilation mécanique ponctuelle double flux avec récupération de chaleur sont encadrés par la norme EN 13141-8 (2006). Cette norme est en cours de révision. Il n'existe pas de certification française de ces produits ni d'Avis Techniques. Ces systèmes peuvent être pris en compte dans les calculs de la réglementation thermique considérant la somme des systèmes installés dans les différentes pièces comme une ventilation double flux centralisée.

Dans un contexte particulier d'amélioration de la performance notamment en rénovation, le présent rapport cherche à explorer la pertinence, mais aussi les éventuelles difficultés de mise en œuvre d'une ventilation double flux décentralisée pièce par pièce.

Les enseignements présentés sont tirés des visites réalisées principalement en Région Grand Est mais également, du fait de la taille restreinte du marché français, en Bourgogne Franche-Comté et en Auvergne Rhône-Alpes. L'objectif étant de recueillir le maximum d'informations sur la plus grande diversité de projets possibles, tant en milieu scolaire, tertiaire et résidentiel qu'au niveau des systèmes mis en œuvre (fonctionnement continu ou alternatif, débits...).

ENSEIGNEMENTS CLÉS

Les pages suivantes présentent 12 enseignements principaux issus de l'analyse et de la synthèse des retours d'expériences observés depuis 2010 dans le cadre du Dispositif REX Bâtiments performants. Le choix de ces enseignements s'est fait en fonction de la récurrence des constats concernés au sein de l'échantillon, de leur gravité et de l'appréciation des spécialistes du sujet qui ont participé à ce travail.

✓ bonne pratique ✗ non-qualité

1 VÉRIFIER LA BONNE DIFFUSION DE L'AIR NEUF POUR UN BALAYAGE EFFICACE

CONSTAT

- L'ensemble du volume d'air de la pièce n'est pas renouvelé efficacement.

PRINCIPAL IMPACT

- Dégradation locale de la qualité de l'air intérieur entraînant un risque pour la santé des occupants.

ORIGINES

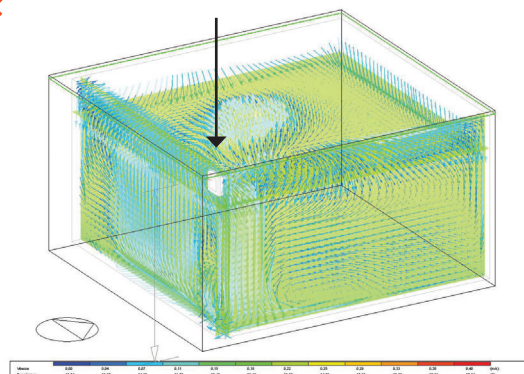
- Vitesse d'air en sortie de bouche de soufflage trop faible.
- Mauvais positionnement du module de ventilation double flux décentralisée, ne permettant pas un balayage complet du volume.
- Absence de prise en compte de l'impact de l'ameublement sur le flux d'air.

SOLUTIONS CORRECTIVES

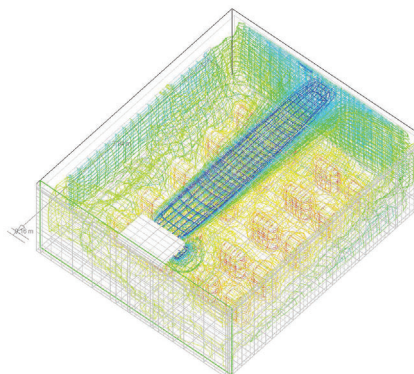
- Remplacer les bouches en choisissant des modèles orientables.
- Modifier l'ameublement s'il est la cause du mauvais balayage.

BONNES PRATIQUES

- Utiliser des outils de simulation de la circulation de l'air type CFD pour les configurations les plus complexes ou en cas de doute.
- Positionner le mobilier de façon à ne pas perturber la circulation de l'air notamment pour les modules installés en allège.
- Vérifier que le flux d'air ne sera pas perturbé par les luminaires, retombées de plafond, poutres... pour les modules installés en hauteur.



La simulation par la mécanique des fluides numérique (CFD) utilisée en conception montre que l'emplacement du module de ventilation (en blanc et fléché sur l'illustration), les débits prévus et la configuration de la pièce ne permettent pas un balayage de l'air complet. Le flux d'air (vert foncé) provoqué par le module de ventilation et censé être le moteur de la circulation de l'air n'impacte pas une partie du volume de la pièce (en jaune). ©AQC



La mécanique des fluides numérique (CFD), utilisée en conception par le bureau d'étude fluide a permis de valider le positionnement de la ventilation double flux décentralisée. Le bon renouvellement de l'air est ici assuré par une vitesse d'insufflation suffisante et un bon positionnement de la bouche de soufflage. Le module semi-encastré (en blanc sur l'illustration) est positionné proche du plafond, le flux d'air neuf (modélisé en bleu sur le schéma) bénéficie de l'effet coanda pour se diffuser jusqu'au mur de la salle de classe. ©AQC

Références

- Rapport « Solutions de diffusion d'air en VMC double flux dans l'habitat » - 2014 Programme PACTE.

2 ASSURER UNE EXTRACTION CONTINUE ET LA RÉCUPÉRATION DES CALORIES DE L'AIR VICIÉ

CONSTAT

- Les pièces de service sont équipées d'un extracteur à fonctionnement intermittent (qui ne fonctionne que lorsque la pièce est utilisée) alors que les pièces principales sont équipées de modules de ventilation double flux décentralisée.

PRINCIPAUX IMPACTS

- Absence de récupération de chaleur sur l'air extrait entraînant une surconsommation liée à la fourniture de chauffage pour compenser la perte des calories.
- Mise en dépression de l'ensemble du logement favorisant les entrées d'air parasite.
- Transfert d'air vicié lorsque l'extracteur des pièces de service est à l'arrêt entraînant une dégradation de la qualité de l'air intérieur.
- Risque de favoriser les transferts d'air vicié durant le cycle de soufflage lors de l'utilisation d'un module à fonctionnement alterné.

ORIGINE

- Absence d'études complètes sur les risques de transfert d'air. Toutes les situations n'ont pas été envisagées.

SOLUTIONS CORRECTIVES

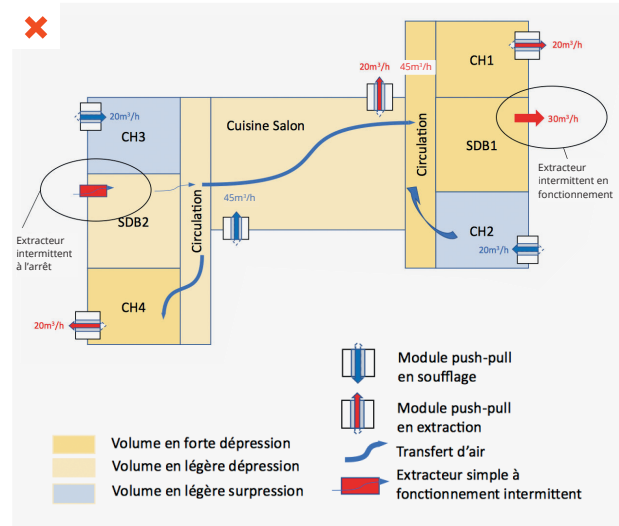
- Maintenir un débit d'extraction permanent dans les pièces de service.
- Limiter les déperditions en installant un module à fonctionnement continu entre la chambre et la salle de bain.

BONNE PRATIQUE

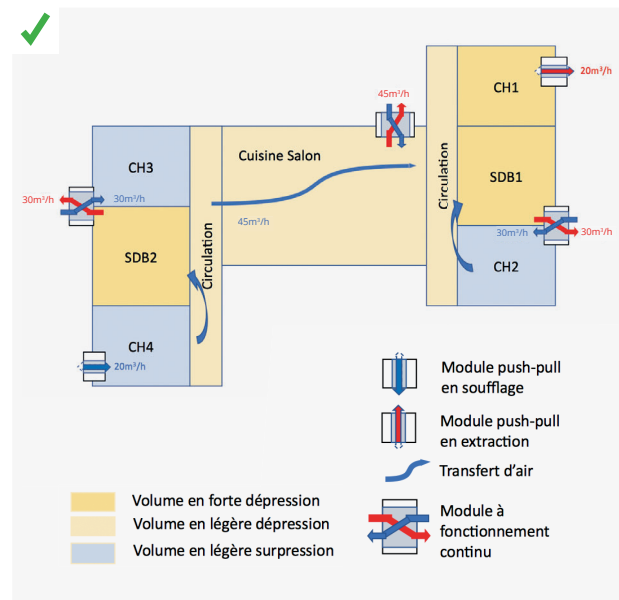
- Choisir un module à fonctionnement continu commun entre une pièce de vie et une pièce de service, avec le soufflage dans la pièce de vie et l'extraction dans la pièce de service.
- Proscrire l'usage des modules double flux à fonctionnement alternatif dans les pièces de service afin d'éviter tout transfert d'air humide ou autres polluants vers les pièces sèches.

N.B. : en France, un bâtiment est soumis à la réglementation en cours au moment de sa construction. Pour les bâtiments résidentiels, l'arrêté du 22/10/1969 relatif à « l'aération des logements » impose une ventilation générale, avec une circulation d'air qui doit pouvoir se faire des pièces principales vers les pièces de service ; or, les systèmes de ventilation double flux à fonctionnement alternatif ne répondent pas à cette exigence ; leur usage ne peut donc être envisagé que dans les logements construits avant octobre 1969.

L'ensemble des débits des schémas suivants ne sont donnés qu'à titre d'illustration, il ne s'agit en aucun cas de débits réels.



Dans ce logement, la ventilation est assurée pièce par pièce par des modules push-pull fonctionnant par paire en cycle inverse (le module de la chambre 1 insuffle quand le module de la chambre 2 extrait et inversement). Les salles de bain sont ventilées par des extracteurs simples asservis à l'usage. En période d'utilisation, l'extracteur de la salle de bain 2 engendre une dépression dans le reste du logement entraînant un transfert d'air vicié vers les pièces sèches. ©AQC



Les salles de bain sont ventilées en continu par un module commun avec une chambre. Les deux autres chambres (2 et 3) fonctionnent sur un cycle inverse (le module de la chambre 2 insuffle quand le module de la chambre 3 extrait et inversement). Les calories de l'air extrait de la salle de bain sont récupérées, l'équilibre de pression entre les pièces est respecté et aucun transfert d'air vicié vers les pièces sèches n'est constaté.

©AQC

3 VÉRIFIER LA COMPATIBILITÉ DE L'USAGE DES MODULES À FONCTIONNEMENT ALTERNATIF AVEC LA RÉGLEMENTATION EN VIGUEUR

CONSTAT

- Le bâtiment de bureaux, équipé de plusieurs modules à fonctionnement alternatif, se trouve de manière cyclique en dépression puis en surpression. Un transfert d'air d'un bureau à un autre est créé.

PRINCIPAUX IMPACTS

- Non respect des règles de transfert d'air. Selon le règlement sanitaire départemental, dans son point 63.2, le transfert d'air d'un bureau à un autre n'est pas admis.
- Entrées d'air parasites favorisées lorsque le bâtiment est en dépression.
- Perte de calories lorsque le bâtiment est en surpression.

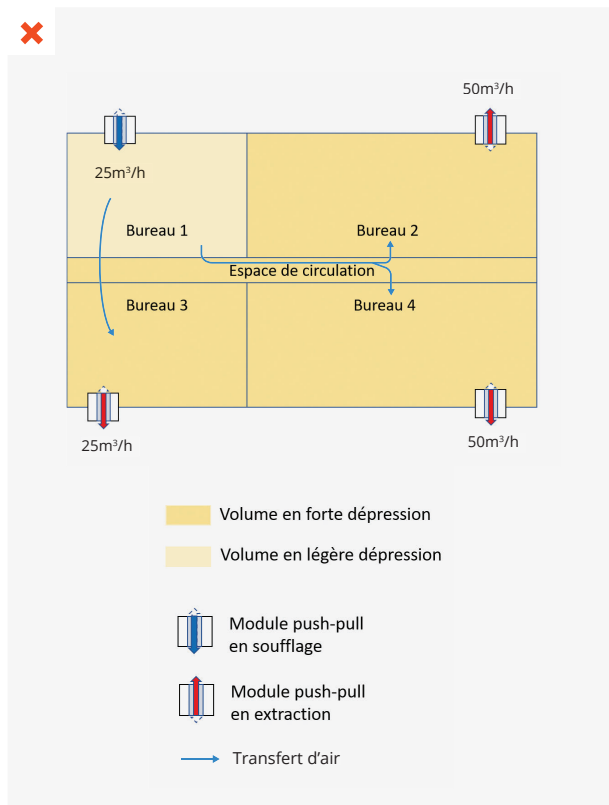
ORIGINE

- Méconnaissance des règles de l'art et notamment du principe de transfert d'air d'un local à un autre.

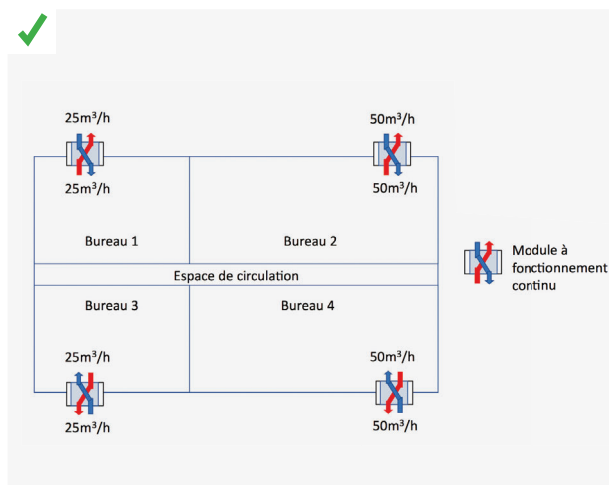
BONNE PRATIQUE

- Utiliser une ventilation à fonctionnement continu permettant de traiter l'air pièce par pièce sans transfert d'air.

L'ensemble des débits des schémas suivants ne sont donnés qu'à titre d'illustration, il ne s'agit en aucun cas de débits réels.



Dans cet exemple, les modules push-pull fonctionnent indépendamment les uns des autres. Trois des quatre modules push-pull sont en phase « extraction » ne permettant pas un équilibre des débits et créant une mise en dépression du bâtiment. ©AQC



Dans cet exemple, chaque bureau est équipé d'un module à fonctionnement continu permettant le renouvellement de l'air sans transfert vers d'autres bureaux. ©AQC

Références

- RSDT - 63.2 : Dispositions relatives à la ventilation commune à plusieurs locaux

4 ÉLOIGNER LES PRISES D'AIR DES REJETS D'AIR

CONSTAT

- Les bouches de rejet d'air vicié se trouvent à proximité des bouches de prise d'air neuf.

PRINCIPAL IMPACT

- Dégradation de la qualité de l'air intérieur par reprise de l'air vicié entraînant un risque pour la santé des occupants et pour la durabilité des matériaux (humidité...).

ORIGINES

- Lors de la conception du bâtiment les modules de ventilation identiques, à fonctionnement continu, ont été implantés pièce par pièce sans vision d'ensemble.
- Les caractéristiques dimensionnelles des modules induisent une proximité entre prise et rejet d'air.

SOLUTIONS CORRECTIVES

- Prévoir des déflecteurs permettant de bien séparer les flux d'air ou demander au fabricant un profilé qui permette le choix de la direction des flux.
- Éloigner les bouches d'entrée et de sortie d'air par des sections de gaines.

BONNES PRATIQUES

- Étudier en conception, l'emplacement de tous les modules implantés et de l'impact qu'ils peuvent avoir entre eux.
- Prendre en compte les vents dominants pour choisir l'emplacement et l'orientation des bouches d'entrée et de rejet.

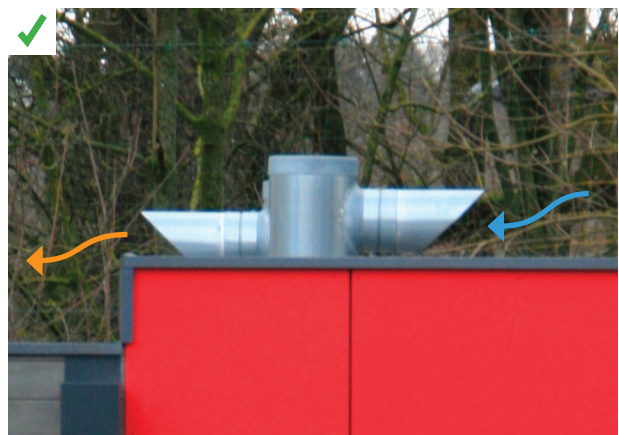
N.B. : bien qu'il ne s'applique pas à la ventilation double flux décentralisée le DTU 68.3 P1.1.4 indique des recommandations concernant le positionnement de la prise et du rejet d'air qu'il peut être utile de suivre. Des écarts de 60 cm pour des logements individuels et 4 m pour des prises d'air collectives sont ainsi exigés.



Deux modules identiques, à fonctionnement continu, ont été installés côte à côte. La prise d'air neuf de la bouche au second plan se trouve très proche du rejet d'air (flèche orange) de la bouche au premier plan. ©AQC



Bouches d'entrée et de sortie d'air en toiture très proches l'une de l'autre. ©AQC



Les bouches de prise et de rejet d'air sont opposées et orientées dans le sens des vents dominants. L'air rejeté (flèche orange) ne peut être repris. ©AQC

5 INSTALLER LES MODULES SANS DÉGRADER L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR DU BÂTIMENT

CONSTAT

- L'étanchéité à l'air est dégradée suite à l'installation des modules de ventilation décentralisée double flux.

PRINCIPAUX IMPACTS

- Dégradation des performances énergétiques de l'enveloppe.
- Risque de condensation.

ORIGINES

- Absence de traitement de l'étanchéité à l'air.
- Utilisation de matériaux inadaptés.
- Carottage ou réservation de diamètre trop important ne permettant pas un bon traitement de l'étanchéité à l'air.

BONNES PRATIQUES

- Prescrire systématiquement (dans les CCTP) la restauration de l'étanchéité à l'air après la pose des modules.
- Vérifier par la mesure en auto-contrôle l'absence de fuite d'air à l'aide d'un fil chaud par exemple.

N.B. : utiliser, pour un bâtiment neuf, les kits de réservation prévus par les fabricants et suivre scrupuleusement les consignes de montage.



Fourreau d'un module de ventilation traversant un mur béton avant la pose de l'isolation extérieure. Le diamètre de carottage est trop important. Le joint en mousse expansive seul pour assurer l'étanchéité à l'air n'est pas une solution adaptée. ©AQC

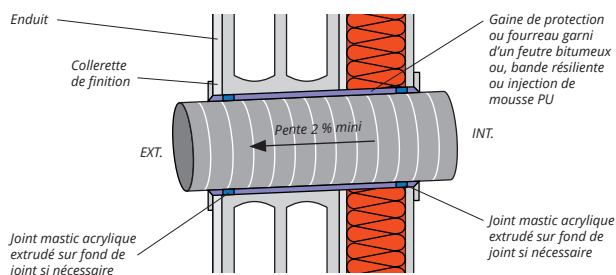


Schéma type illustrant les prescriptions à respecter pour traiter l'étanchéité à l'air lors de la traversée des parois. ©AQC

Références

- Calepin de chantier : VMC Double flux en habitat individuel - Avril 2017 - PACTE.

6 TENIR COMPTE DU BRUIT EXTÉRIEUR POUR CHOISIR LE TYPE DE VENTILATION À INSTALLER

CONSTAT

- Les modules de ventilation traversent les murs et offrent une voie privilégiée de transmission des bruits aériens venant de l'extérieur.

PRINCIPAUX IMPACTS

- Inconfort acoustique dû à la dégradation de l'ambiance sonore intérieure par l'environnement extérieur bruyant.
- Non respect des valeurs réglementaires d'exposition aux bruits à l'intérieur des locaux.

ORIGINES

- Absence de prise en compte de la pression acoustique extérieure en conception.
- Atténuation acoustique de l'équipement insuffisante face aux contraintes de bruits extérieurs.

SOLUTION CORRECTIVE

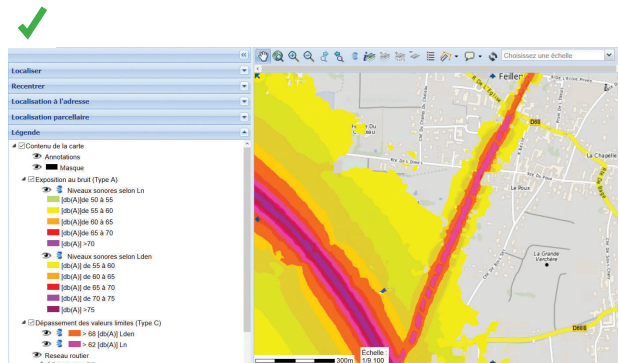
- Insérer des éléments d'atténuation du bruit comme des filtres acoustiques proposés par les fabricants dans le canal de ventilation ou directement sur les bouches de ventilation tout en contrôlant la conservation d'un débit d'air réglementaire.

BONNES PRATIQUES

- Consulter au préalable les cartes de bruit stratégique (CBS) et/ou les plans de prévention du bruit dans l'environnement (PPBE) pour choisir des équipements assurant une atténuation acoustique suffisante.
- Étudier les emplacements alternatifs possibles pour chaque pièce.
- En cas d'ambiance extérieure trop bruyante au regard des performances acoustiques des modules décentralisés existant sur le marché, préférer une ventilation double flux centralisée. Cette solution permet une meilleure gestion du bruit extérieur avec un point d'entrée unique et la possibilité de mettre en œuvre des pièges à sons.



La présence de modules de ventilation sur cette façade entraîne une gêne à l'intérieur des locaux donnant sur la rue très passante. ©AQC



Exemple de carte de bruit stratégique. Pour un projet donné, elle permet de connaître les pressions acoustiques extérieures (rues, voies ferrées...) en dBA sur la journée (Lden) ou la nuit (Ln). À partir de ces données et des valeurs d'atténuation acoustique fournies par les fabricants, la faisabilité d'une installation de ventilation double flux décentralisée et le choix des équipements peut être réalisé ©AQC



Mise en place d'un filtre acoustique à l'intérieur du capot de la bouche du module push-pull. Fourni par le fabricant, il permet une atténuation du bruit extérieur de 2dBA sans modifier les débits d'air. ©AQC

Références

- Arrêté du 30 juin 1999 relatif aux modalités d'application de la réglementation acoustique
- NF EN 16798-3 Performance énergétique des bâtiments - Ventilation des bâtiments - Partie 3 : pour bâtiments non résidentiels - Exigences de performances pour les systèmes de ventilation et de climatisation.

7 PRENDRE EN COMPTE LES BRUITS DE FONCTIONNEMENT DES MODULES DE VENTILATION DOUBLE FLUX DÉCENTRALISÉE

CONSTATS

- Les ventilateurs des modules sont bruyants.
- Les modules push-pull avec leur fonctionnement alternatif (insufflation, arrêt, aspiration) génèrent une variation du bruit lors des différentes phases.

PRINCIPAL IMPACT

- Inconfort acoustique.

ORIGINES

- Bruits d'origine mécanique (vibration du moteur-ventilateur) et/ou aérodynamique (profilages des pales, configurations des veines d'air et des bouches de soufflage).
- Non respect des recommandations de montage des fabricants lors de l'installation des modules de ventilation.
- Choix d'un régime de fonctionnement inadapté de l'appareil (en vitesse supérieure au régime minimal, les modules génèrent un bruit plus élevé).
- Asymétrie de profilage des pales entraînant des bruits différents selon le sens de rotation du ventilateur (fréquence et amplitude).

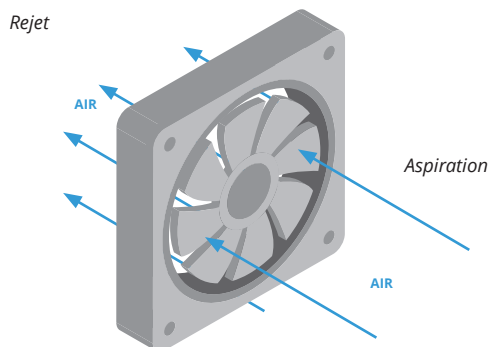
BONNES PRATIQUES

- Consulter les caractéristiques acoustiques fournies par les fabricants.
- Choisir les modules pour qu'ils respectent le niveau acoustique réglementaire en fonction de l'activité du bâtiment.
- Effectuer une mesure d'auto-contrôle de la pression acoustique avec un sonomètre en réception de chantier.

N.B. : en logement, le niveau de pression acoustique ne doit pas dépasser 30dBA dans les pièces principales et 35dBA dans la cuisine.



À haut régime, les pales de ce ventilateur génèrent des turbulences de l'air sources d'un bruit important. ©AQC



Un ventilateur classique a un sens de rotation. Le côté du ventilateur ou les pales sont bombées aspire l'air. Bien que pouvant tourner dans l'autre sens, le profilage des pales de ce ventilateur n'est pas optimisé pour une utilisation push-pull. Le sens de rotation inverse est nettement plus bruyant. ©AQC

Références

- Arrêté du 30 juin 1999 relatif aux modalités d'application de la réglementation acoustique

8 POSITIONNER LES MODULES EN VEILLANT À NE PAS CRÉER D'INCONFORT

CONSTAT

- L'implantation du module à hauteur d'homme et l'orientation du flux d'air génèrent un courant d'air perceptible par les usagers.

PRINCIPAL IMPACT

- Inconfort hygrothermique lié à la vitesse d'air ressentie par les usagers.

ORIGINE

- Absence de prise en compte du confort des usagers lors du choix des modules de ventilation et de leur implantation.

SOLUTION CORRECTIVE

- Mettre en place une bouche orientable pour les modules installés en position médiane qui est la plus susceptible de générer des courants d'air à hauteur d'homme.

BONNE PRATIQUE

- Demander systématiquement, en plus des plans des locaux, les plans d'implantation du mobilier prévu pour déterminer la position optimale des modules et des bouches de soufflage afin de ne pas souffler l'air neuf directement sur les occupants de la pièce tout en assurant un balayage correct de la pièce.



Le module de la ventilation double flux décentralisée est à hauteur d'homme et proche du lit. Une attention particulière a été apportée pour diriger le flux d'air neuf à l'opposé du lit pour ne pas créer d'inconfort.

©AQC



Le module de la ventilation double flux décentralisée est positionné en allège (à droite sur la photo). Le flux d'air est dirigé parallèlement au mur. Aucune gêne par courant d'air n'est ressentie par les usagers.

©AQC



Ventilation double flux décentralisée implantée en hauteur dans la pièce. Le flux d'air est parallèle au mur de support. La diffusion de l'air neuf est optimisée par effet coanda, avec une vitesse de soufflage suffisante pour assurer un balayage complet de la pièce et sans gêne perceptible pour les usagers.

©AQC

9 PRÉVOIR UNE BONNE ÉVACUATION DES CONDENSATS

CONSTAT

- Les condensats ne sont pas évacués convenablement.

PRINCIPAL IMPACT

- Accumulation des condensats conduisant à des fuites au niveau des modules et une dégradation des éléments à proximité.

ORIGINES

- Lors de la conception, le mode d'évacuation de l'eau de condensation n'a pas été prévu ou la solution retenue n'est pas adaptée.
- La pompe de relevage permettant l'évacuation des condensats est en panne.

N.B. : par temps froid les ventilations double flux munies d'échangeurs à flux croisés ou à contre-courant produisent des condensats en quantité importante.

SOLUTIONS CORRECTIVES

- Raccorder le collecteur des condensats avec siphon au réseau d'eaux usées à l'intérieur du bâtiment.
- Ajouter une alarme ou un voyant lumineux pour signaler tout dysfonctionnement de la pompe de relevage.

BONNES PRATIQUES

- Planter les modules de ventilation double flux décentralisée concernés par la production de condensats proche d'une évacuation des eaux usées.
- Vérifier, pour les modules encastrables dans les parois, la présence d'un dispositif intégré d'évacuation des condensats type déflecteur.
- Choisir des modules de ventilation double flux décentralisée de type sans condensats lorsque aucune évacuation n'est possible.



L'évacuation des condensats se fait en extérieur vers une descente d'eau pluviale. L'eau de condensation a gelé dans la canalisation qui s'est bouchée. ©AQC



Évacuation des condensats nécessitant une pompe de relevage car le module est suspendu au plafond et placé loin d'un point d'évacuation d'eau usée. ©AQC



Évacuation gravitaire des condensats vers une canalisation d'eau usée (lavabo présent dans la salle de classe). ©AQC

10 INTÉGRER LES COÛTS D'ENTRETIEN ET DE MAINTENANCE DES MODULES DANS UNE DÉMARCHE EN COÛT GLOBAL

CONSTAT

- L'entretien et la maintenance des modules (changement de filtre, équilibrage...) n'ont pas été estimés à l'échelle du bâtiment, ou mal estimés.

PRINCIPAUX IMPACTS

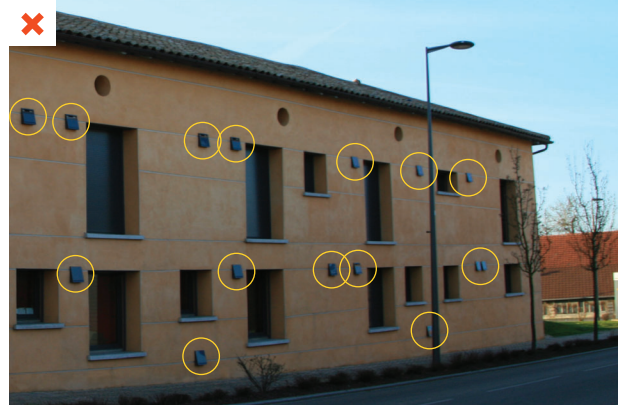
- Sous estimation des charges d'exploitation.
- Difficulté d'organisation de l'entretien courant des modules. Cela est particulièrement vrai pour les logements collectifs en location (accès aux logements) et les établissements scolaires (opérations de maintenance programmées en dehors du temps scolaire).

ORIGINE

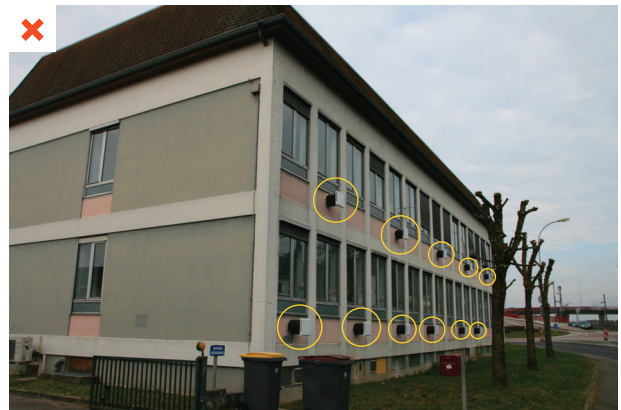
- Méconnaissance des temps d'entretien spécifiques aux modules décentralisés.
- Absence de prise en compte de la multiplicité des modules, l'estimation des coûts d'entretien a été réalisée sur la base d'une ventilation double flux centralisée.

BONNES PRATIQUES

- Intégrer et estimer le coût lié à la maintenance en fonction de la taille du projet et du nombre de modules nécessaires dès la programmation pour effectuer un comparatif des solutions en coût global.
- Choisir des modules dont l'entretien est possible par l'extérieur ou par l'intérieur en fonction de la destination du projet et des contraintes du site.
- Analyser les coûts d'entretien et de maintenance en fonction des types de modules et de la destination des bâtiments.



L'entretien annuel des 22 modules en site occupé se fait en partie par l'extérieur et nécessite la location d'une nacelle. Les coûts engendrés font augmenter les charges. ©AQC



L'entretien des 16 modules du bâtiment se fait exclusivement par l'intérieur et nécessite une programmation avec les locataires. ©AQC



Pour limiter le temps d'intervention et donc les coûts, la maîtrise d'ouvrage a souhaité l'installation de modules dont l'accès aux filtres se fait par l'intérieur et avec le moins de manipulation possible. Ici, le démontage du capot intérieur se fait sans outils. ©AQC

11 CHOISIR DES MODULES FACILEMENT DÉMONTABLES POUR UN ENTRETIEN AISÉ

CONSTAT

- L'accès aux éléments internes (filtres, échangeur, moteur) nécessite l'usage d'outils spécifiques.

PRINCIPAUX IMPACTS

- Les opérations d'entretien sont chronophages.
- À défaut d'utiliser les outils spécifiques, le changement des filtres et le contrôle des équipements n'est pas réalisé ou est retardé.

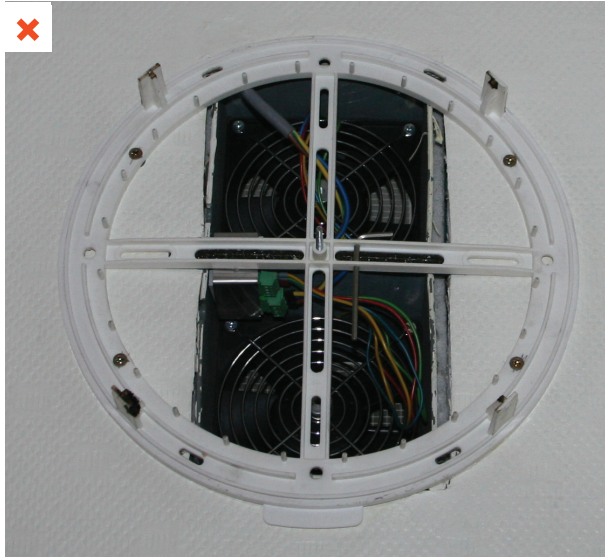
ORIGINE

- Méconnaissance du matériel disponible et de la possibilité d'opter pour des modules facilitant l'entretien et notamment le changement des filtres.

BONNE PRATIQUE

- Choisir un matériel facilement démontable sans outillage (de type clipsable) permettant l'entretien par la MOA (changement des filtres, contrôle des conduits...).

N.B. : l'entretien et les contrôles seront d'autant plus efficaces et réguliers que l'équipement sera accessible et facile à démonter.



L'entretien des moteurs et des échangeurs-accumulateurs impose le dévissage de 4 vis par module. ©AQC



L'accès à l'échangeur/accumulateur nécessite le démontage manuel du capot et le dévissage du support. ©AQC



Ventilation double flux décentralisée installée à hauteur d'homme, facilement démontable et ne nécessitant pas d'outils ce qui simplifie l'entretien. ©AQC

12 INTÉGRER ARCHITECTURALEMENT LES CAPOTS DE MODULES

CONSTAT

- Les bouches d'entrée et de sortie d'air dégradent la qualité esthétique des façades.

PRINCIPAL IMPACT

- Insatisfaction de la Maîtrise d'ouvrage et/ou de la maîtrise d'œuvre.

ORIGINES

- Absence d'échanges en conception concernant l'impact esthétique de l'implantation et du choix du type de bouches.
- Panel de produits disponibles limités en termes d'esthétique au moment de la passation des marchés.

SOLUTION CORRECTIVE

- Changer le capot ou l'habillage des bouches.

BONNES PRATIQUES

- Prendre en considération la dimension esthétique des bouches et leur localisation dès la conception.
- Intégrer les bouches extérieures aux éléments de la façade pour les dissimuler (bardages, menuiseries...).



Multiplication d'éléments en façade jugés peu esthétiques par la maîtrise d'ouvrage. ©AQC



Capot de bouche inox posé sur un bardage à clin grisé en partie haute sous l'avancée de toit. L'intégration des capots est discrète et acceptée par la maîtrise d'ouvrage. ©AQC



Les prises et rejets d'air sont intégrés architecturalement grâce à la création d'éléments de bardage perforés. ©AQC



CONCLUSION

Les retours d'expériences des professionnels et des maîtrises d'ouvrages ont permis de confirmer les avantages recherchés par la mise en œuvre d'une ventilation double flux décentralisée avec en premier lieu la récupération de chaleur d'un équipement double flux sans la contrainte de la présence de réseaux aérauliques. La modularité et la grande capacité à s'adapter à de nombreuses configurations de bâtiments a été largement plébiscitée.

La diversité des équipements de ventilation double flux décentralisée (à fonctionnement continu ou à fonctionnement alterné) et les différentes situations de mise en œuvre rencontrées (logement, tertiaire...) ont cependant mis en évidence des points de vigilance à prendre en compte pour respecter les principes réglementaires de la ventilation, assurer un confort aux occupants et garantir le bon fonctionnement des équipements dans le temps.

RESPECTER LES PRINCIPES DE VENTILATION

Le positionnement des modules, les débits d'air et les puissances de soufflage seront étudiés pour assurer un renouvellement efficace dans l'ensemble des pièces et garantir une bonne qualité de l'air intérieur.

Le risque de transfert de l'air vicié vers les pièces sèches dans les logements doit être particulièrement maîtrisé. L'utilisation de modules à fonctionnement continu doit être privilégié dans ce cadre. L'équilibre des débits d'air extrait et d'air insufflé doit également être assuré à l'échelle du bâtiment.

ASSURER LE CONFORT ACOUSTIQUE DES OCCUPANTS

Le bruit généré par les équipements et le bruit extérieur doivent être étudiés. Les données techniques du fabricant (pression acoustique et atténuation du bruit) permettront de choisir les modules adaptés. En fin de chantier, une mesure de contrôle peut être réalisée pour attester de la conformité au regard des réglementations acoustiques en vigueur.

MAINTENIR LES PERFORMANCES DANS LE TEMPS

Le principe même de la ventilation double flux décentralisée entraîne une multiplication des modules. Cela implique autant de points de maintenance et d'entretien à intégrer dès le départ dans le plan d'exploitation du bâtiment. Des modules démontables sans outil, avec un accès aisé aux filtres garantiront la réalisation de cette maintenance et le maintien des performances énergétiques et de la qualité de l'air dans le temps.

Enfin, si toutes les analyses de la qualité de l'air et de la performance énergétique montrent une nette amélioration entre un local antérieurement ventilé naturellement et le même local ventilé par un module double flux décentralisé, il est nécessaire de valider au cas par cas l'adéquation entre le système mis en place et le respect des principes de ventilation.

TEXTES DE RÉFÉRENCES

RÉFÉRENCES RÉGLEMENTAIRES

Circulaire du 9 août 1978 modifiée relative à la révision du Règlement Sanitaire Départemental Type (RSDT)

Arrêté du 24 mars 1982 modifié relatif aux dispositions relatives à l'aération des logements

Arrêté du 22 juillet 2004 relatif aux modalités de gestion du risque lié au radon dans les lieux ouverts au public

Arrêté du 31 janvier 1986 modifié relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation

Arrêté du 31 mai 1996 modifié relatif aux modalités de classement des infrastructures de transports terrestres et à l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation dans les secteurs affectés par le bruit

Arrêté du 31 juin 1999 relatif aux caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation

Arrêté du 1er août 2006 fixant les dispositions prises pour l'application des articles R 111-18 à R 111-18-7 du Code de la construction et de l'habitation relatives à l'accessibilité aux personnes handicapées des bâtiments d'habitation collectifs et des maisons individuelles lors de leur construction

Décret du 31 août 2006 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage et modifiant le Code de la santé publique

Arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments (RT 2012)

RÉFÉRENCES NORMATIVES

NF DTU 68.3 P1-1-1 - Installations de ventilation mécanique – Partie 1-1-1 : Règles générales de calcul, dimensionnement et mise en œuvre

NF C 15-100 – Installations électriques à basse tension

NF EN 12792 – Ventilation des bâtiments – Symboles, terminologie et symboles graphiques

NF EN 13141-2 – Ventilation des bâtiments – Essais des performances des composants/produits pour la ventilation des logements – Partie 2 : Bouches d'air d'évacuation et d'alimentation

NF EN 13141-4 – Ventilation des bâtiments – Essais des performances des composants/produits pour la ventilation des logements – Partie 4 : Ventilateurs utilisés dans les systèmes de ventilation des logements

NF EN 15242 – Ventilation des bâtiments – Méthodes de calcul pour la détermination des débits d'air dans les bâtiments y compris les infiltrations

NF EN 15251 – Critères d'ambiance intérieure pour la conception et l'évaluation de la performance énergétique des bâtiments couvrant la qualité de l'air intérieur, la thermique, l'éclairage et l'acoustique

NF EN 15251 – Ambiances thermiques modérées – Détermination des indices PMV et PPD et spécifications des conditions de confort thermique

NF EN 13779 Ventilation dans les bâtiments non résidentiels - Exigences de performances pour les systèmes de ventilation et de conditionnement d'air.

Remplacée par la NF EN 16798-3 Performance énergétique des bâtiments - Ventilation des bâtiments - Partie 3 : pour bâtiments non résidentiels - Exigences de performances pour les systèmes de ventilation et de climatisation (Modules M5-1, M5-4) depuis Aout 2017

AUTRES DOCUMENTS

Ventilation – Guide d’accompagnement et fiches d’autocontrôle en habitat collectif – FFB, Ministère de l’égalité des territoires et du logement, Ministère de l’écologie, du développement durable et de l’énergie – 2013

Exemples de solutions acoustiques – Réglementation acoustique 2000 – Mai 2002

Fascicule documentaire FD E 51 767– Ventilation des bâtiments – Mesures d’étanchéité à l’air des réseaux – AFNOR - 2010

Référentiel de certification Ventilation mécanique contrôlée – N° d’application : NF 205

Rapport Règles de l’Art Grenelle Environnement – Solutions de diffusion d’air en ventilation double flux dans l’habitat – Juin 2014

Recommandations professionnelles – Règles de l’Art Grenelle Environnement – Ventilation mécanique répartie – Rénovation – Conception et dimensionnement, installation et mise en service ; entretien et maintenance – Juin 2014

Recommandations professionnelles – Règles de l’Art Grenelle Environnement – VMC double flux en habitat collectif – neuf – Conception et dimensionnement, installation et mise en service ; entretien et maintenance – mai 2015

Recommandations professionnelles – Règles de l’Art Grenelle Environnement – VMC double flux en habitat individuel – neuf – Conception et dimensionnement, installation et mise en service ; entretien et maintenance – mai 2015

Recommandations professionnelles – Règles de l’Art Grenelle Environnement – VC simple flux en habitat collectif – Rénovation – Conception et dimensionnement, installation et mise en service ; entretien et maintenance – février 2013

Recommandations professionnelles – Règles de l’Art Grenelle Environnement – VC simple flux en habitat individuel – Rénovation – Conception et dimensionnement, installation et mise en service ; entretien et maintenance – février 2013

Guide thématique AICVF n°4 « Principes de l’aérodynamique appliqués au génie climatique »

Guide thématique AICVF m°5 « Conception et dimensionnement des installations de ventilation des bâtiments et des ouvrages »

SITES

<https://www.geoportail.gouv.fr/donnees/plan-dexposition-au-bruit-peb>

<http://www.fiabishop.com/content/18-principes-pour-une-installation-silencieuse>
(site d’information pour une installation de VMC double flux silencieuse)

GLOSSAIRE

ADEME : Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie

AQC : Agence Qualité Construction

BBC : Bâtiment Basse Consommation

CBS : Carte de bruit Stratégique

CCTP : Cahier des Clauses Techniques Particulières

CFD : Computed Fluid Dynamic (Mécanique des fluides numériques)

DTU : Document Technique Unifié

ERP : Établissement Recevant du Public

PACTE : Programme d'Action pour la qualité de la Construction et la Transition Énergétique

PPBE : Plan de Prévention du Bruit dans l'Environnement

PU : PolyUréthane

RT : Réglementation Thermique

REX : Retour d'Expériences

VMC : Ventilation Mécanique Contrôlée



NOTES



Multiple horizontal lines for writing.



LES MISSIONS DE L'AQC

OBSERVER L'ÉVOLUTION DES DÉSORDRES ET DES PATHOLOGIES

La priorité est donnée au recueil et à l'analyse d'informations sur les désordres. Une méthode spécifique de recueil et de traitement des données est mise en place : le SYstème de COLlecte des DÉsordres (Sycodés).

Les données produites font apparaître les techniques et les ouvrages les plus sinistrants ainsi que les causes de ces sinistres. Elles permettent également de mesurer les progrès des professions.

En complément, l'AQC conduit une enquête d'envergure nationale sur les risques dans les bâtiments performants aux plans énergétique et environnemental.

IDENTIFIER LES SIGNES DE QUALITÉ

L'Observatoire des signes de qualité a été conçu et enrichi par l'AQC, à partir de l'analyse des référentiels techniques et des conditions d'utilisation des diverses marques. Il a abouti à la conception d'un moteur de recherche des signes de qualité au service des professionnels et des maîtres d'ouvrage. Il est disponible sur le site internet de l'AQC.

CHOISIR LES PRODUITS

La Commission Prévention Produits mis en œuvre (C2P) agit au sein de l'AQC avec trois objectifs clés :

- tenir compte des enseignements de la pathologie pour améliorer les produits et les textes qui régissent leur mise en œuvre ;
- éviter que de nouveaux produits ou textes ne soient à l'origine d'une sinistralité importante et répétée ;
- attirer l'attention des professionnels lors de leur choix technique sur les produits et/ou procédés, susceptibles de poser des problèmes.

Le champ traité par la C2P est vaste puisqu'il couvre le domaine traditionnel : normes et documents techniques unifiés (NF DTU), Règles professionnelles, et le domaine non traditionnel : Avis Techniques (ATec), Documents Techniques d'Application (DTA)...

CONSTRUIRE AVEC LA QUALITÉ EN LIGNE DE MIRE

L'AQC développe des actions de prévention (publications techniques, Fiches pathologie bâtiment, articles dans la revue...) et accompagne les professionnels dans l'adoption de bonnes pratiques (démarches qualité, documents de sensibilisation).

La Commission Prévention Construction (CPC) s'est fixée comme objectif à sa création de :

- développer des actions sur les pathologies les plus coûteuses ou les plus nombreuses ;
- mobiliser les professionnels ;
- travailler sur les causes profondes de la non-qualité ;
- s'ouvrir aux règles et nouveaux systèmes constructifs susceptibles de générer des risques.

PRÉVENIR DÉSORDRES ET PATHOLOGIES

La revue Qualité Construction, le site internet de l'AQC, le Rendez-vous Qualité Construction, les journées destinées aux formateurs et la présence active sur des salons comme BePOSITIVE ou BATI'FRAIS sont l'illustration dynamique de la volonté permanente de communication de l'AQC avec son environnement.

DANS LA MÊME COLLECTION

Retrouvez nos publications sur :

www.qualiteconstruction.com/nos-ressources



LA VENTILATION NATURELLE À LA RÉUNION - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE

Ce rapport, élaboré avec le CAUE de la Réunion, présente les points de vigilance à connaître pour faire des choix de conception réalistes, fonctionnels et pérennes concernant la ventilation naturelle.



ISOLATION DES COMBLES PERDUS PAR SOUFFLAGE - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE

Ce Rapport REX a été réalisé en partenariat avec le Pôle énergie Franche-Comté. Il présente 12 enseignements pour sensibiliser et accompagner les professionnels aux bonnes pratiques pour obtenir une performance à la hauteur des enjeux énergétiques.



CONSTRUCTION MODULAIRE TRIDIMENSIONNELLE - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



VÉGÉTALISATION DU BÂTI EXISTANT - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE ET D'EAU CHAUDE SANITAIRE - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



DU BON USAGE DU BIM - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



AMÉLIORATION DE LA PERFORMANCE THERMIQUE DU BÂTI ANCIEN - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



LA CONSTRUCTION BOIS - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



BÂTIMENTS ÉQUIPÉS DE SYSTÈMES DE PILOTAGE - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



LES MENUISERIES EXTÉRIEURES - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



HUMIDITÉ DANS LA CONSTRUCTION - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



AMBIANCE LUMINEUSE - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



PRÉVENTION ET REMÉDIATION DU RISQUE RADON - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



LES MATÉRIAUX BIO-SOURCÉS - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE



LA RÉHABILITATION EN GUYANE - 12 ENSEIGNEMENTS À CONNAÎTRE

réalisé avec le soutien financier de :

