



ETAT DE L'ART DE DIFFÉRENTES TYPOLOGIES DE SYSTÈMES DE VENTILATION RENCONTRÉS EN TERTIAIRE

PromevenTertiaire Tâche 1.1

Novembre 2022

ADEME – APPEL A PROJETS RECHERCHE

Vers des bâtiments responsables à horizon 2020

Etat de l'art de différentes typologies de systèmes de ventilation rencontrés en tertiaire

Récapitulatif de l'étude

Projet :	Projet PromevenTertiaire
Tâche :	Tâche 1 : Protocole de mesure / ST 1.1
Partenaires :	<u>Responsable de la tâche / sous-tâche</u> : PLEIAQ Participation de tous les autres partenaires du projet
Objectif :	Identifier les différentes typologies de systèmes rencontrés en tertiaire pour adapter le contrôle à ces systèmes et préparer l'étude d'impact
Livrable :	Rapport de synthèse des différents systèmes
Rédacteurs :	Valérie Leprince, PLEIAQ
Mots clés :	Contrôle, Diagnostic, Tertiaire,

Date	Version	Auteurs	Commentaires
05/2019	V1.0	PLEIAQ	
15/11/22	V1.1		Mise à jour à la charte graphique

Liste des destinataires

Contact	Adresse	Nombre
Etienne Marx	ADEME - Agence de la transition écologique - Site de Valbonne SOPHIA ANTIPOLIS 500 Rte des Lucioles, 06560 Valbonne	1

Résumé

Tâche 1 : Protocole de mesure :

Les objectifs de cette sous-tâche sont les suivants:

- Lister les typologies de systèmes de ventilation et de traitement d'air et leurs composants
- Lister les typologies de réseau, les composants (y compris diffuseurs) et leur répartition sur le réseau
- Lister les typologies de ventilateur
- Lister les typologies de contrôle des systèmes (de débit, de chaud et de froid)

Les éléments présents dans ce rapport permettent de guider les autres tâches du projet :

- Orienter le choix des échantillonnages des réseaux lors des campagnes de mesure sur site (tâche 2) ;
- Guider les sections de réseaux qui seront simulées pour évaluer les incertitudes liées à des mesures proches de singularités (tâche 3) ;
- Alimenter les études de cas (tâche 4)

Mai 2019

ETAT DE L'ART DE DIFFERENTES TYPOLOGIES DE SYSTEMES DE VENTILATION RENCONTRES EN TERTIAIRE

PROMEVENT TACHE 1.1

Contributeurs à la rédactions de ce rapport : Valérie Leprince (PLEIAQ) , Anne-Marie Bernard, Julien Boxberger (Allie'air), Pierre Barles (PBC), Gilles Francés (CETii)

N° de rapport: PLEIAQ_Report_2018_05

1	Introduction	3
2	Représentativité des systèmes de ventilation	4
3	Les typologies des systèmes de ventilation en tertiaire	4
3.1	Installation de ventilation hygienique	4
3.1.1	Ventilation centralisée.....	4
3.1.2	Ventilation décentralisée ou ponctuelle	4
3.2	Installation de Conditionnement d'air centralisé	5
3.3	Installation hygiénique avec Traitement d'air terminal	5
4	Les typologies de réseaux	6
4.1	Generalités	6
4.2	Typologies de conduits	6
4.3	Typologie d'accessoires	9
4.4	Pressions de fonctionnement	10
5	Les typologies de ventilateur	11
5.1	Les typologies de roues	11
5.2	Les typologies d'entraînement.....	12
5.3	Les typologies de moteurs	12
5.3.1	Les moteurs EC	12
5.3.2	Les moteurs AC.....	12
5.4	Variation du débit	12
6	Les typologies de diffusion d'air et D'extraction	14
6.1	Unités terminales de Diffusion par mélange/induction.....	15
6.2	Diffusion par déplacement	22
6.3	Diffuseurs miXtes Déplacement / Mélange d'air.....	22
6.4	Les entrées d'air et les grilles de transfert	23
6.5	Evaluer les des débits aux diffuseurs.....	24
6.5.1	Mesure de débit ou de vitesse d'air aux terminaux.....	24
6.5.2	MEsure de pression	25
6.5.3	Mesure en fonction du type de bouche	26
6.5.4	Exemple d'utilisation des UTD (source France Air)	26
7	Typologies de gestion du débit dans le réseau	27

7.1	Système auto-réglable.....	27
7.2	Système à registre	27
8	Les typologies d’asservissement des systèmes (D’AIR neuf, de chaud et de froid)	27
8.1	Systèmes VMC	28
8.1.1	Contrôle du débit d’air	28
8.1.1.1	Le capteur	29
8.1.1.1.1	Capteur d’humidité.....	29
8.1.1.1.2	Capteurs de CO2	29
8.1.1.1.3	Capteur de présence.....	29
8.1.1.2	Le convertisseur	29
8.1.1.3	La régulation de débit	30
8.1.1.3.1	Régulation au niveau du ventilateur.....	30
8.1.1.3.2	Régulation dans le réseau.....	30
8.1.2	Contrôle de l’air préconditionné	31
8.1.2.1	contrôle du by-pass.....	31
8.1.2.2	VMC ou CTA-DAC avec REGULATION TERMINALE.....	32
8.2	Systèmes de conditionnement d’air (CTA-DAV)	33
8.2.1	Regulation des debit et des temperatures au niveau de la CTA	33
8.2.1.1	REgulation des debits et temperatures au niveau des locaux.....	35
9	Conclusion sur les difficultés recensées pour le contrôle.....	35
10	Annexe 1: Différents composants des systèmes de ventilation	36
11	Annexe 2 : Etude de la base de donnée Effinergie	0
11.1	Systèmes installés	0
11.2	Dispositifs de régulation des débits.....	2
11.3	Equipements	4
11.3.1	Echangeurs de chaleurs	4
11.3.1.1	Efficacité des échangeurs.....	4
11.3.1.2	Température de by-pass	4
11.3.1.2.1	En hiver	4
11.3.1.2.2	En été	4
11.3.2	Antigel.....	5
PLEIAQ_REPORT_2018_05		2

11.3.3	Taux minimum d'air neuf pour les système CTA-DAC à recyclage	5
11.3.4	Préchauffage de l'air.....	7
11.3.5	Pré-refroidissement de l'air au niveau de la centrale	8
11.4	Equipements non rencontrés dans les bâtiments étudiés	9
11.5	Conclusion	9

ABREVIATIONS UTILISEES

BdD	Base de Données	SF	Simple Flux
CTA-DAC	Centrale de Traitement d'Air à Débit d'Air Constant	UTD	Unité Terminale de Diffusion
CTA-DAV	Centrale de Traitement d'Air à Débit d'Air Variable	VMC	Ventilation Mécanique Contrôlée
DF	Double Flux	UTE	Unité terminale d'Extraction

1 INTRODUCTION

L'objectif de cette tâche est d'identifier les différentes typologies de systèmes de ventilation rencontrés dans les bâtiments tertiaires pour :

- adapter les contrôles à ces systèmes,
- sélectionner des bâtiments pertinents pour les contrôles in situ
- et préparer l'étude d'impact

Les sous-objectifs définis dans la convention sont de

- Lister les typologies de systèmes de ventilation et de traitement d'air et leurs composants
- Lister les typologies de réseau et leur composant
- Lister les typologies de ventilateurs
- Lister les typologies de contrôle des systèmes (de débit de chaud et de froid)
- Evaluer la représentativité des différents systèmes.

Ce recensement se limite aux systèmes **mécaniques** présents dans les bâtiments tertiaires « classiques » et n'inclut pas les dispositifs spécifiques aux locaux industriels (sorbonnes, process...).

Ce recensement est le résultat de l'analyse des normes actuelles (NF EN 13053-10/2011, NF EN 12599-12/2012), des catalogues fabricants, de la méthode RT2012 ainsi que de l'expérience et de l'expertise des différents membres du projet.

Suite à la directive éco-design les ventilateurs et les modes de gestion/régulation ont fortement évolué ces dernières années. Ces évolutions sont décrites dans ce document.

En tertiaire, la réglementation impose que soit installé un système de ventilation par type d'occupation. Les bâtiments doivent être séparés en zones en fonction de l'usage des locaux. Chaque zone correspond à un usage (exemple pour un établissement scolaire : zone 1 : salle de restauration, zone 2 : salles de classe, zone 3 : bureaux, etc.). Les différentes typologies décrites ci-dessous peuvent donc cohabiter dans un même bâtiment.

2 REPRESENTATIVITE DES SYSTEMES DE VENTILATION

Pour estimer la représentativité des systèmes de ventilation installés, l'ensemble des projets labellisés par Effinergie depuis la mise en place de la RT2012 sert de base. Ces bâtiments très performants sont considérés comme préfigurateurs des futurs bâtiments tertiaires.

L'ensemble des statistiques sur les bâtiments tertiaires Effinergie sont données en Annexe 2. En particulier, il a été noté que la majorité des bâtiments tertiaires mettent en œuvre un système de ventilation double-flux ou une CTA à débit constant sans recyclage.

Les systèmes simple-flux représentent tout de même près d'1/3 des systèmes installés, mais ils sont en général installés dans les sanitaires en complément d'un autre système principal. En effet, l'étude a aussi révélé que 80% des zones des bâtiments étudiés disposait d'au moins un système double flux ou d'une CTA et 53% disposait d'un système simple flux. Ces résultats sont cohérents avec les publications des bases de données perméabilité à l'air bâtiment et réseau du CEREMA. La répartition des systèmes par typologie de bâtiment est donnée en annexe.

Seulement 15% des systèmes disposent d'une régulation des débits hygiéniques (en fonction du niveau de CO₂, de l'humidité ou de la présence).

La plupart des systèmes disposent de batteries de préchauffage (84% des systèmes CTA-DAC et 22% des double-flux) mais une minorité dispose de batteries de refroidissement (50% des CTA-DAC et 13 des double-flux).

3 LES TYPOLOGIES DES SYSTEMES DE VENTILATION EN TERTIAIRE

En tertiaire le débit de ventilation peut être dimensionné :

- pour satisfaire les besoins en air neuf (débit hygiénique) (90% des systèmes étudiés dans la Base de donnée Effinergie)
- ou pour satisfaire les besoins en air neuf (débit hygiénique) et en conditionnement d'air (débit thermique) (10% des systèmes Effinergie).

3.1 INSTALLATION DE VENTILATION HYGIENIQUE

Le débit hygiénique est le débit dimensionnant pour ce type d'installation, toutefois l'air neuf insufflé par ce type d'installation peut être préchauffé ou rafraîchi pour des questions de confort et le débit peut être augmenté pour surventiler en été (confort).

La ventilation peut se faire soit de manière centralisée classique (VMC, CTA « tout air neuf ») soit de manière décentralisée (ponctuelle par aérateurs...). Certaines ventilations naturelles assistées (dites hybrides) peuvent aussi être employées.

3.1.1 VENTILATION CENTRALISEE

La ventilation traite plusieurs zones du bâtiment, un même ventilateur et un réseau sont utilisés pour extraire et/ou insuffler l'air de plusieurs pièces.

La ventilation centralisée peut être simple flux (mécanique ou hybride) ou double flux.

On pourra contrôler ces systèmes soit au niveau des unités terminales, soit en conduit et/ou au ventilateur

3.1.2 VENTILATION DECENTRALISEE OU PONCTUELLE

La ventilation est traitée localement avec un ou plusieurs ventilateurs par pièce.

La ventilation décentralisée peut être simple flux ou double flux.

Si la ventilation décentralisée est double flux, elle est en général équipée de 2 ventilateurs, mais elle peut aussi être équipée d'un seul ventilateur fonctionnant alternativement dans un sens puis dans l'autre.

Note pour le contrôle : Dans le cas d'un système décentralisé double-flux la mesure de débit en réseau n'est pas possible et la mesure à la bouche peut être compliquée en fonction de la géométrie. Ces systèmes peuvent être éventuellement contrôlés aux diffuseurs ou aux grilles d'aspiration/rejet. La vérification de la puissance absorbée du ventilateur peut aider à valider le débit d'une unité.

3.2 INSTALLATION DE CONDITIONNEMENT D'AIR CENTRALISE

Ces systèmes peuvent assurer plusieurs fonctions (ventilation, chauffage, climatisation, surventilation, humidification...) et sont dimensionnés pour ces différentes fonctions en prenant en compte le débit hygiénique et le débit thermique (issu des charges à traiter) pour le confort.

Parmi ces systèmes on distingue :

- Les systèmes dits « tout air neuf » qui sont alors similaires aux VMC évoquées au § 3.1.1 (74% des CTA de la BdD Effinergie)
- Les systèmes avec recyclage (26% des CTA de la BdD Effinergie).

Par ailleurs ces systèmes ont soit :

- Un seul débit, on parle alors de centrale de traitement d'air à débit d'air constant (CTA-DAC) (119 systèmes parmi les 331 étudiés)
- Plusieurs vitesses, on parle alors de centrale de traitement d'air à débit variable (CTA-DAV) (1 seul système parmi les 331 étudiés dans la BdD Effinergie)

Dans le deuxième cas, le débit hygiénique doit être assuré à minima en permanence en période d'occupation, et le contrôle doit pouvoir permettre de vérifier le respect de ce dernier et du débit de confort.

Le contrôle des débits de ces systèmes est donné dans le paragraphe cf. §8.

Note pour le contrôle : En cas de système avec recyclage, la part d'air neuf dans l'air insufflé dans les différents locaux, est la même que la part d'air neuf au niveau de la CTA. Les protocoles de contrôle doivent donc déterminer ce ratio en centrale, pour ensuite mesurer le débit soufflé dans le local et vérifier qu'il est conforme au dimensionnement prévu.

3.3 INSTALLATION HYGIENIQUE AVEC TRAITEMENT D'AIR TERMINAL

Dans ce cas l'air neuf et l'air recyclé du local sont mélangés, mis en température et régulés au niveau du terminal.

L'air neuf est souvent amené jusqu'à ces unités terminales par un système centralisé avec une CTA qui est donc dimensionnée pour fournir le débit hygiénique uniquement.

Les systèmes assurant le traitement d'air en terminal sont par exemple les poutres froides, les unités terminales de climatisation, les ventilo-convecteurs avec air neuf, etc. Aucun des systèmes étudiés dans la base de données Effinergie ne met en œuvre de traitement d'air terminal.

Note pour le contrôle : Le contrôle devra vérifier le débit total d'air neuf mais aussi sa répartition comme dans une VMC. La mesure du débit au terminal étant souvent impossible, elle peut être faite sur le réseau soit sur des registres amont, soit par une mesure de vitesse d'air en conduit. Dans les deux cas, un accès en faux plafond est nécessaire et la mesure est plus longue que les mesures aux bouches.

4 LES TYPOLOGIES DE RESEAUX

NB : ce Chapitre est pour l'essentiel issu du Guide pratique sur l'Étanchéité des Réseaux Aérauliques (CETIAT-PBC), les photographies et illustrations en sont tirées, avec l'accord des auteurs.

4.1 GENERALITES

Les réseaux de ventilation sont constitués de conduits de diverses formes (cylindriques, rectangulaires, oblongs, lisses, spiralés ...) et matières (métalliques, plastiques, flexibles, isolés, ...), mais aussi d'accessoires (coudes, tés, piquages, registres, terminaux, ...) ; les "fuites" des réseaux sont généralement situées aux jonctions de ces différents accessoires avec les conduits ou au niveau des accessoires (plénums, registres...).

4.2 TYPOLOGIES DE CONDUITS

La Figure ci-après illustre les principaux types de conduits rencontrés en pratique, incluant une centrale de traitement d'air et des terminaux (soufflage/reprise).

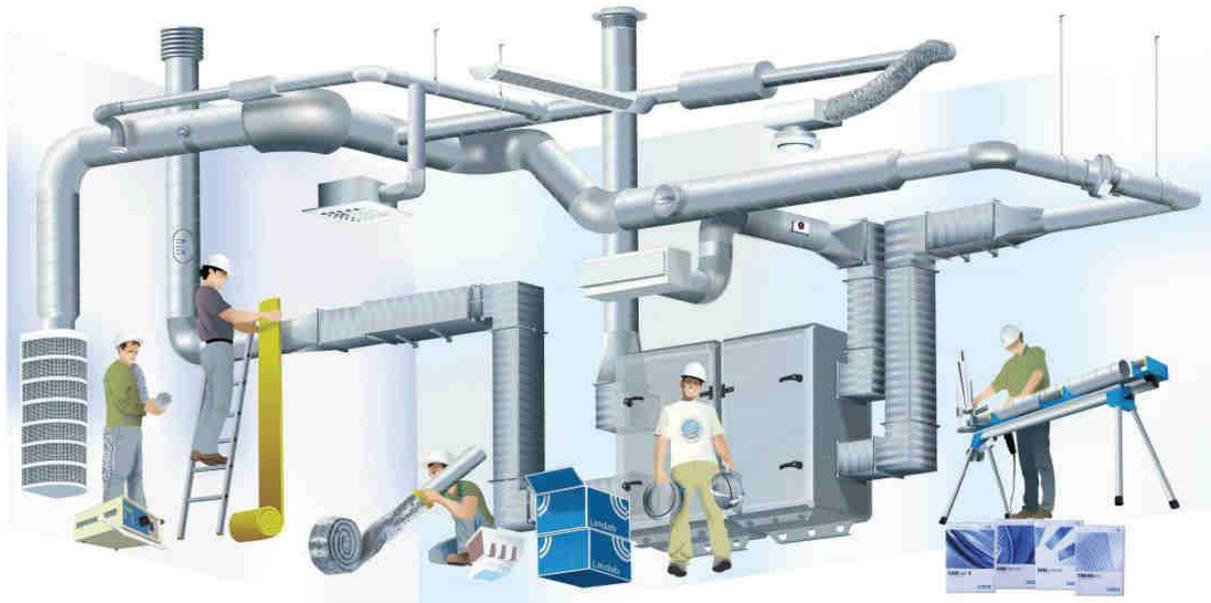


Figure 1: Exemple de réseau aéraulique « exhaustif » (source LINDAB)

Dans la plupart des installations de ventilation en tertiaire, les réseaux principaux sont métalliques, généralement en acier galvanisé, simple ou double peau (isolés), circulaires ou rectangulaires ; les parties terminales sont souvent des conduits souples phoniques, permettant une plus grande liberté dans les raccordements aux terminaux de soufflage ou de reprise et le traitement de l'acoustique. Des conduits dits « autoportants » sont aussi rencontrés (isolants et modulaires) dans les installations de conditionnement d'air.

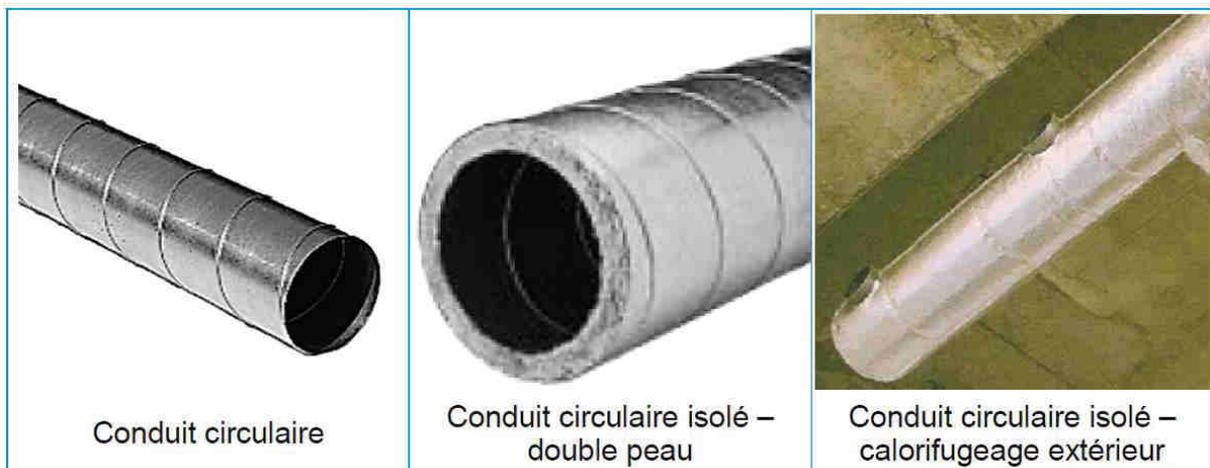


Figure 2: Exemples de conduits circulaires métalliques rigides

Les conduits rectangulaires sont souvent employés lorsqu'une contrainte d'encombrement se pose.



Figure 3: Exemples de conduits rectangulaires

Les conduits autoportants et isolants doivent faire l'objet d'une attention toute particulière lors du nettoyage, compte tenu de la fragilité de leurs parois et de la présence de fibres dans ces parois (une feuille d'aluminium protège souvent la paroi intérieure).

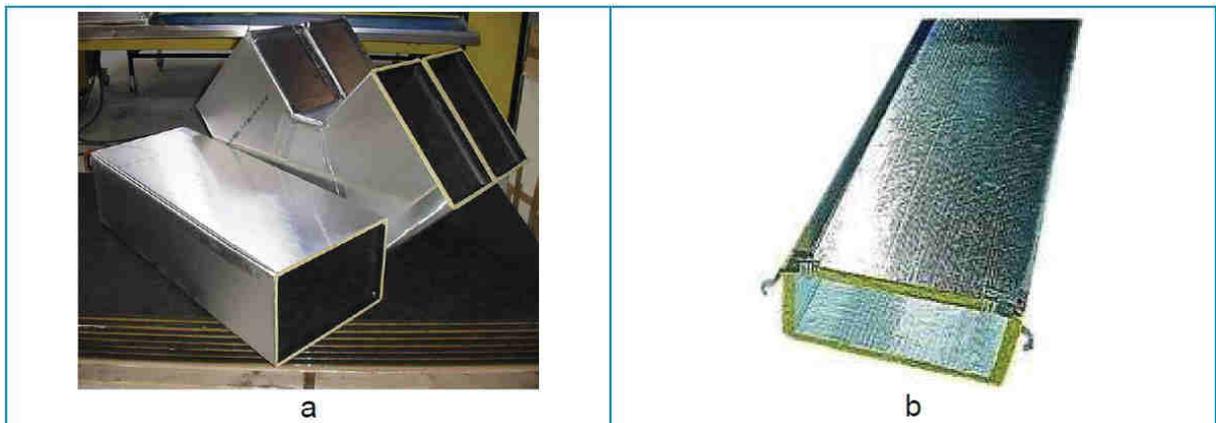


Figure 4: Exemples de conduits autoportants

Il existe des conduits oblongs métalliques ou plastiques, qui permettent, dans certains cas, des gains de place à l'installation.

Note pour le contrôle : la mesure de débit « en conduit » de type oblong n'est pas aujourd'hui réalisable (pas de mesure normalisée, contrairement aux conduits circulaires ou rectangulaires.)



Figure 5: Exemples de conduits oblongs

Dans les parties terminales des réseaux, en amont des bouches ou diffuseurs, on rencontre souvent des conduits semi-rigides ou des conduits souples (ou flexibles), isolés ou non. Ces conduits sont en acier galvanisé, en aluminium. Il faut faire attention à la relative fragilité de ces différents conduits, et aux pertes de charge importantes de conduits souples.

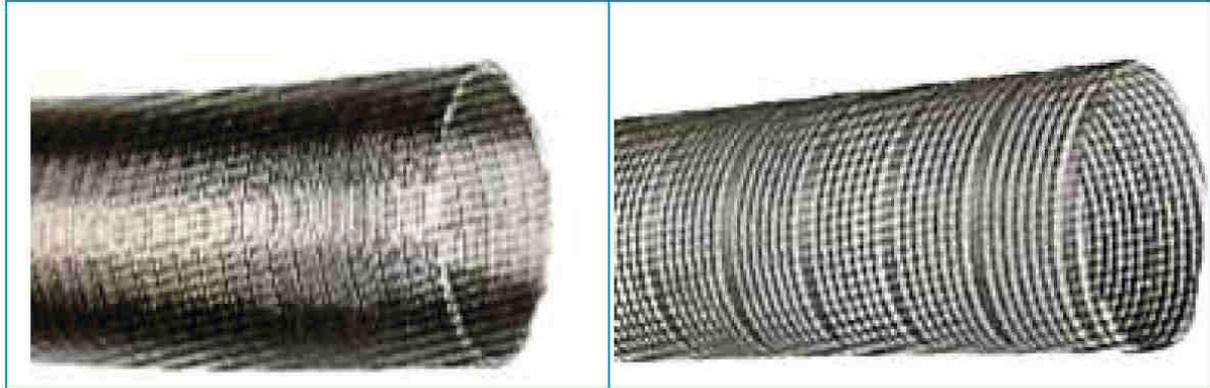


Figure 6: Exemples de conduits semi-rigides



Figure 7: Exemples de conduits souples ou flexibles avec ou sans isolant

4.3 TYPOLOGIE D'ACCESSOIRES

Les raccords entre conduits droits et les composants de réseaux (coudes, piquages, changements de sections, trappes de visite, bouches et diffuseurs, ...) ainsi que des liaisons terminales (piquage-flexible-bouche, manchettes souples, ...) font partie intégrante des réseaux ; leur choix et le soin apporté à leur montage constituent un élément essentiel dans la performance finale du réseau (pertes de charges, étanchéité), ce que la dénomination d' « accessoires » ne doit pas faire oublier.

La plupart de ces composants de réseaux existent aujourd'hui avec des « joints » intégrés, facilitant leur montage et garantissant une meilleure étanchéité des liaisons.



Figure 8: Exemples d'accessoires de réseau (la plupart existe avec ou sans joint intégré)

4.4 PRESSIONS DE FONCTIONNEMENT

La pression de référence de fonctionnement des réseaux de ventilation rencontrés en tertiaire (Bureaux, Enseignement, Hôtellerie, etc.) est de ± 250 Pa, d'après le document FD E 51-767-05/2017 (valeur reprise dans la réglementation thermique depuis 2012), qui traite de la mesure de l'étanchéité à l'air des réseaux de ventilation.

Toutefois, la pression de conception de fonctionnement dans les installations de conditionnement d'air de grands bâtiments tertiaires (centres commerciaux, hôtels, hôpitaux, salles de spectacles, locaux sportifs, etc ...) peut atteindre des valeurs de l'ordre de 1700 Pa, voire plus pour des réseaux haute pression.

Note pour le contrôle : à très haute pression les conduits peuvent se déformer et des fuites, non détectables à basse pression, peuvent

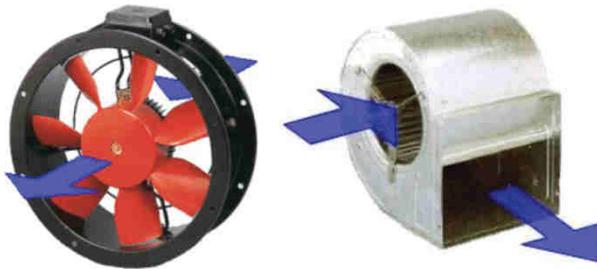
apparaître (notamment dans le cas des conduits rectangulaires). Si la pression (ou dépression) de conception d'un réseau à tester est supérieure de plus de 50Pa de la pression de référence (250 Pa), Le FD E51-767 exige la réalisation d'une deuxième mesure à la pression de conception en supplément de la mesure à la pression de référence.

5 LES TYPOLOGIES DE VENTILATEUR

5.1 LES TYPOLOGIES DE ROUES

Les ventilateurs utilisés dans les centrales de traitement d'air peuvent être

- Axiaux (aussi nommés hélicoïdaux) : l'air circule parallèlement à l'axe du ventilateur
- Centrifuges (aussi nommés radiaux) l'air est aspiré parallèlement à l'axe du ventilateur et insufflé par force centrifuge perpendiculairement à cet axe



Ventilateur axial et ventilateur centrifuge.

Figure 9: Ventilateur axial et centrifuge, source energieplus_lesite.be

Les ventilateurs centrifuges peuvent être à aubes inclinées vers l'avant (action), on a alors un grand nombre d'aube de faible hauteur inclinées dans le sens de rotation de la roue. Ou à aubes inclinées vers l'arrière (réaction), la roue comprend alors un nombre plus réduit d'aubes mais de plus grande hauteur.

Les ventilateurs centrifuges peuvent avoir deux ouïes d'aspiration (une de chaque côté de la roue)

Le rendement global du ventilateur dépend :

- Du rendement du ventilateur (de la roue)
- Du rendement de la transmission (le cas échéant)
- Du rendement du moteur

Ce rendement varie en fonction du point de fonctionnement, la performance du ventilateur dépend donc aussi de la régulation de la vitesse du ventilateur.

Plusieurs ventilateurs axiaux peuvent être associés dans une même centrale de traitement d'air ils peuvent être associés en série (principalement pour augmenter la pression) ou en parallèle (pour augmenter le débit). Les propriétés de débit et de pression ne s'additionnent toutefois pas directement. Les ventilateurs axiaux peuvent être installés directement en conduit.



Figure 10: Roues de ventilateur centrifuge à aubes inclinées vers l'arrière (réaction) à gauche et vers l'avant (action) à droite source energieplus_lesite.be

En général, les ventilateurs centrifuges fournissent une différence de pression plus forte que les ventilateurs axiaux. Les ventilateurs axiaux se rencontrent entre-autre dans les systèmes hybrides fonctionnant à basse pression.

5.2 LES TYPOLOGIES D'ENTRAÎNEMENT

L'entraînement du ventilateur peut se faire soit :

- En entraînement direct
 - o Dans ce cas l'arbre moteur est directement raccordé à la roue. Avec ce système le rendement est meilleur. Toutefois il est nécessaire d'installer un variateur de vitesse pour ajuster le point de fonctionnement
- Entraînement par courroies

5.3 LES TYPOLOGIES DE MOTEURS

5.3.1 LES MOTEURS EC

Les moteurs EC (moteurs à commutation électronique) sont de plus en plus employés en ventilation tertiaire car ils présentent un rendement élevé et leur vitesse peut être ajustée facilement (avec une relativement faible perte de rendement lorsqu'on réduit cette dernière).

Les moteurs EC sont des moteurs synchrones. Ils permettent une économie de fonctionnement allant jusqu'à 40% par rapport aux moteurs asynchrones et sont donc conformes à la nouvelle directive éco-design.

La fréquence de rotation des moteurs EC se contrôle avec un signal 0-10V, ils sont donc facilement utilisables en ventilation modulée.

5.3.2 LES MOTEURS AC

Les moteurs AC ou asynchrone sont traditionnellement les plus utilisés mais les évolutions récentes de la directive ErP tendent à les remplacer dans toutes les applications de ventilation pure, sans désenfumage et de débit modéré. Ces moteurs sont alimentés en monophasé ou en triphasé selon la puissance nécessaire. Ils sont dits « asynchrones » car en fonctionnement la fréquence de rotation du rotor est plus faible que celle du champ tournant.

L'ajustement de la vitesse s'effectue en agissant sur la tension ou la fréquence d'alimentation, toutefois la régulation de la vitesse entraîne en général une dégradation du rendement.

5.4 VARIATION DU DEBIT

La modulation du débit fournit par le ventilateur peut se faire soit par variation de fréquence (le plus efficace et le plus couramment employé, tous les systèmes de la BdD Effinergie utilisent ce système) soit via un registre de réglage.

Le ratio de la consommation du ventilateur en fonction du ratio du débit dépend de la technologie utilisée.

En RT 2012, la puissance des ventilateurs est déterminée en fonction du taux de charge (ratio entre le débit à l'instant « t » et le débit maximal) et de la typologie du ventilateur.

Pour les ventilateurs à variation de fréquence (incluant les moteurs EC), la RT considère un ratio de puissance de 120% pour le débit nominal (car 20% de surpuissance sont dus à la surconsommation du variateur). Si le débit est compris entre 30 et 100% du débit nominal, la réduction de la puissance absorbée est la suivante (extrait de la RT2012) :

$$C_{vent_DAV} = 1.9107 * (Taux_{ch\ arg\ e_vent})^2 - 0.9579 * Taux_{ch\ arg\ e_vent} + 0,23 \quad (Eq\ 630)$$

Sinon elle est fixée à 0.12 pour un taux de charge strictement supérieur à 0 et inférieur à 30 %.

Pour les ventilateurs à aubes inclinées vers l'arrière avec registre de réglage, la RT considère un ratio de puissance de 110% au débit nominal. Si le débit est compris entre 20 et 100 % du débit nominal la réduction de la puissance absorbée est la suivante (extrait de la RT2012):

$$C_{vent_DAV} = -0.4464 * (Taux_{ch\ arg\ e_vent})^2 + 1.2107 * Taux_{ch\ arg\ e_vent} + 0,33 \quad (Eq\ 633)$$

Sinon elle est fixée à 0.56 pour un taux de charge strictement supérieur à 0 et inférieur à 20%

Pour les ventilateurs à aubes inclinées vers l'avant avec registre de réglage, la RT considère un ratio de puissance de 130% au débit nominal. Si le débit est compris entre 30 et 100% du débit nominal, la réduction de puissance absorbée est la suivante (extrait de la RT2012) :

$$C_{vent_DAV} = 1.1607 * (Taux_{ch\ arg\ e_vent})^2 - 0.3679 * Taux_{ch\ arg\ e_vent} + 0,52 \quad (Eq\ 636)$$

Sinon elle est fixée à 0.5 pour un taux de charge strictement supérieur à 0 et inférieur à 30%

La Figure 11 trace ces équations pour les trois types de ventilateur.

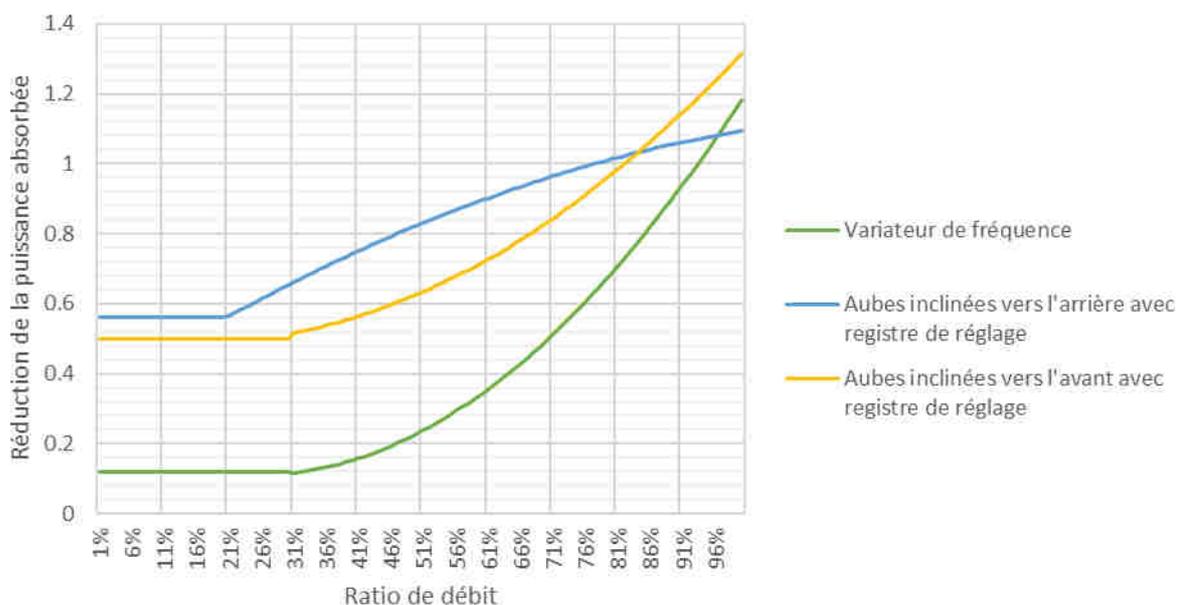


Figure 11: Réduction de la puissance absorbée en fonction du ratio de débit pour les trois types de ventilateur selon la RT2012.

6 LES TYPOLOGIES DE DIFFUSION D'AIR ET D'EXTRACTION

En non résidentiel, le système de ventilation insuffle ou reprend de l'air par différents types d'unités terminales (UTD : Unités Terminales de Diffusion¹ / UTE : Unités Terminales d'Extraction²) raccordées en général à des plénums équipés ou non de systèmes (registres d'équilibrage).

L'insufflation peut se faire :

- Soit par des diffuseurs de mélange situés en plafond, au mur ou au sol, qui utilisent plusieurs géométries et techniques pour brasser l'air,
- Soit par des diffuseurs basse vitesse de grande section, utilisés en diffusion par déplacement et situés en partie basse,
- Soit par des systèmes spécifiques à certains usages comme :
 - o Des bouches de sol pour les auditoriums,
 - o Des conduits textiles,
 - o Des unités terminales de traitement d'air (poutre froide, etc.).

Lorsque le système de ventilation extrait de l'air, l'extraction peut se faire :

- Par des bouches de ventilation
- Ou par des grilles,

Les diffuseurs sont sélectionnés pour garantir les conditions de confort, c'est-à-dire :

- Ne pas créer de vitesse d'air supérieur à 0.2 m/s dans l'espace occupé,

¹ Souvent appelées bouches de soufflage ou diffuseurs, le terme normatif UTD a été défini pour s'appliquer à toutes les typologies ou géométries

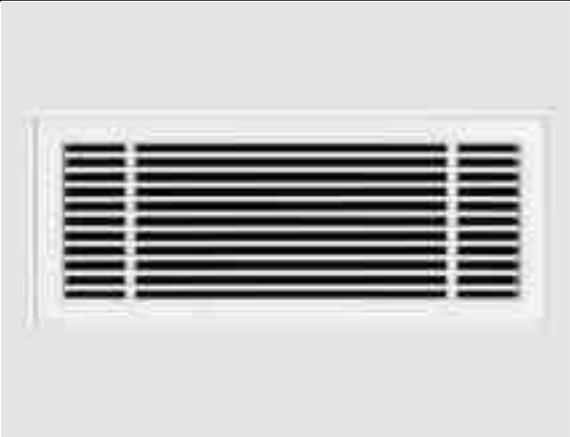
² Souvent appelées bouches d'extraction ou grilles de reprise, le terme normatif UTE a été défini pour s'appliquer à toutes les typologies ou géométries

- Garantir un apport d'air neuf suffisant dans l'ensemble de l'espace occupé,
- S'adapter (le cas échéant) aux variations de débit et aux variations de température pour maintenir un bon brassage de l'air sans créer d'inconfort (courant d'air).

6.1 UNITES TERMINALES DE DIFFUSION PAR MELANGE/INDUCTION

La diffusion par mélange/induction est la plus employée, le principe est d'insuffler de l'air à une vitesse suffisante pour que l'air neuf se mélange à l'air du local et atteigne l'ensemble de la zone occupée.

Le tableau ci-dessous recense les principales solutions techniques. Les solutions sont organisées selon la classification généralement admise par les fabricants.

Grilles de diffusion, reprise	
<p>Ce sont les terminaux les plus simples pour diffuser ou extraire de l'air. Les grilles de diffusion peuvent être munies d'ailettes verticales ou horizontales orientables permettant de façonner la veine d'air.</p> <p>Le taux d'induction est faible. La portée est longue.</p> <p>Caractéristiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Plage de débit : de 50 à 3000 m³/h - Tailles : de 200x100 à 1250x600 mm - Raccordement : Direct (pour les grilles circulaires) / Plénum 	
Bouches rectangulaires pour mur/plafond, pour diffusion, extraction et transfert	Grille de diffusion murale rectangulaire.
	
Source France Air	Source France Air
Grille de diffusion de sol	Grille de diffusion murale circulaire



Source France Air



Source France Air

Diffuseurs à simple cône / disque de déflexion

Les diffuseurs coniques sont conçus pour souffler de l'air entre un cône et un disque. Certains diffuseurs comportent des systèmes permettant de sectoriser les zones de soufflage ou de moduler l'espace entre le disque et le cône.

Le taux d'induction est faible. La portée est longue.

Caractéristiques :

- Plage de débit : de 100 à 1000 m³/h
- Tailles : Ø125 à Ø315mm
- Raccordement : Direct / Plénum

Diffuseur plafonnier circulaire à déflecteur



Source France Air

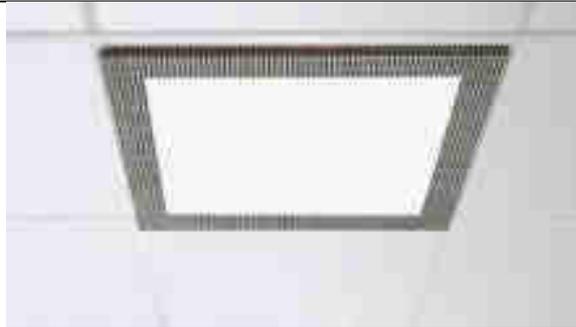
Diffuseur plafonnier circulaire multipositions



Source France Air

Diffuseur carré pour plafond.

Diffuseur plafonnier/mural rectangulaire



Source Aldès



Source Aldes

Diffuseurs à cônes multiples

Les diffuseurs à cônes multiples sont conçus pour souffler de l'air entre plusieurs cônes.

Le taux d'induction est élevé. La portée est faible.

Il est possible de modifier le taux d'induction en fonction de la position relative des cônes. Lorsque le cône central est plus bas, l'induction augmente et la portée diminue. Il est alors possible de faire du rafraîchissement.

Le cône peut être réglable pour s'adapter au soufflage froid (cône central sorti) et chaud, (cône central rentré, affleurant au plafond), le passage de chaud à froid peut au non être automatisé (moteur ou déclencheur thermostatique).

Caractéristiques :

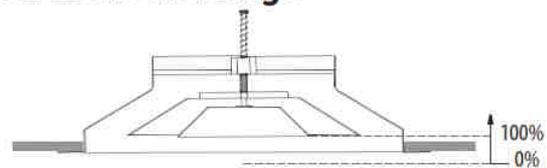
- Plage de débit : de 100 à 4500 m³/h
- Tailles : Ø160 à Ø630mm
- Raccordement : Direct / plénum

Diffuseur plafonnier circulaire réglable.

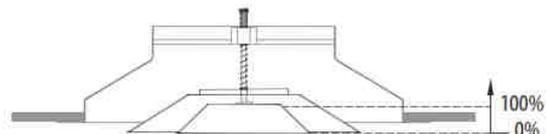


Source VIM

En mode chauffage



En mode rafraîchissement



Principe de fonctionnement

Diffuseur plafonnier circulaire air soufflé.

Diffuseur carré 4 directions



Source Aldes

Diffuseurs linéaires

L'air est soufflé à travers une fente.

Le taux d'induction est élevé.

Caractéristiques :

- Plage de débit : de 100 à 1500 m³/h
- Tailles : Ø125 à Ø400mm
- Raccordement : Plénum

Diffuseurs linéaires à fente

Diffuseur linéaire à fentes ajustables



Source Swegon



Source VIM

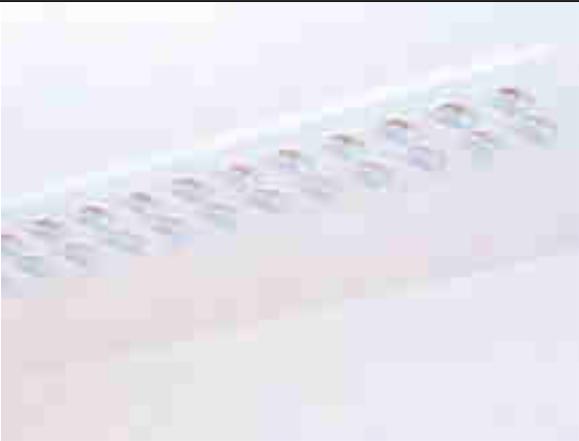
Diffuseurs perforés, à fentes ou à buses

L'air passe dans des perforations, des buses ou des fentes parfois orientables.

La portée de la veine est très grande.

Caractéristiques :

- Plage de débit : de 100 à 1500 m³/h
- Tailles : de Ø160 à Ø400mm

Raccordement : Direct / Plénum	
Diffuseur plafonnier rectangulaires.	Diffuseur à disques disposés en carré ou en cercle.
	
Source Swegon	Source Swegon
Gaines à fente ou buse	Diffuseur à disques
	
Source Swegon	Source Swegon
Gaines métallique perforée	Gaines textile perforée
	
Source Sintra	Source Atlantic
Diffuseur à micro-buses	Diffuseur à buses



Source Swegon



Source VIM

Diffuseurs à flux turbulent

L'air passe entre des pales générant ainsi un flux turbulent, tourbillonnaire.

Le taux d'induction est très élevé. Les buses peuvent être orientées.

Caractéristiques :

- Plage de débit : de 125 à 1000 m³/h
- Tailles : Ø125 à Ø250mm
- Raccordement : Direct / plénum

Diffuseur tourbillonnaire



Source Atlantic

Diffuseur à jet hélicoïdal



Source Aldes

Éléments terminaux de traitement de d'air

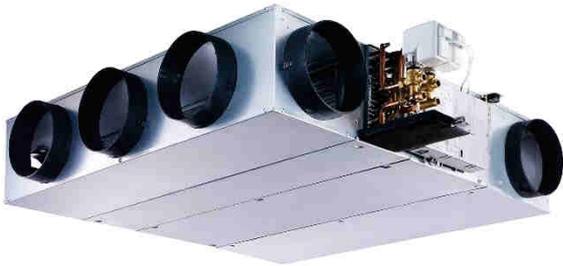
Les poutres climatiques sont des unités terminales de ventilation permettent d'assurer la diffusion de l'air ambiant qui, par induction, est repris, refroidi ou réchauffé à travers une batterie à eau et d'autre part et mélangé l'air neuf hygiénique préalablement refroidi ou réchauffé dans une centrale double flux.

La diffusion peut être mécanisée par un ventilateur. On parle alors de ventilo-convecteur.

Caractéristiques :

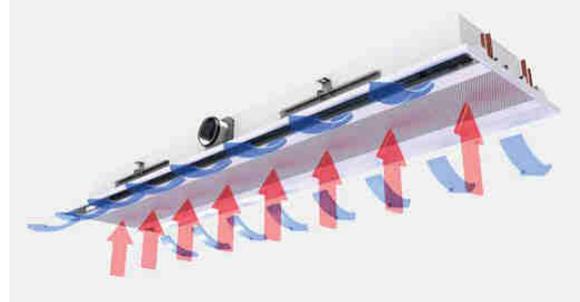
- Plage de débit : de 250 à 3000 m³/h
- Tailles : Ø125 à Ø250mm
- Raccordement : Direct

Ventilo-convecteurs



Source Carrier

Poutres climatiques



Source Halton

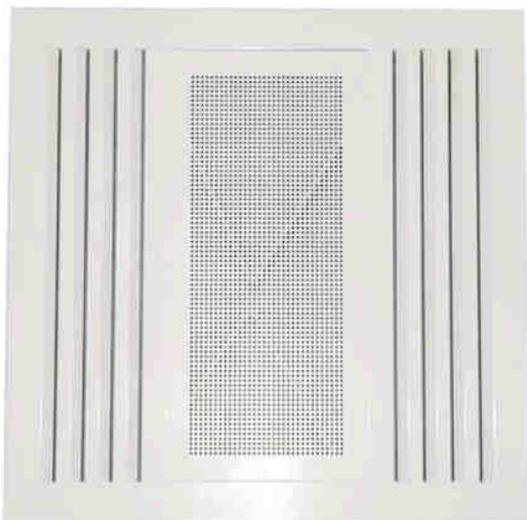
Diffuseurs soufflage reprise combinés

Ces diffuseurs assurent simultanément le soufflage et la reprise d'air

Caractéristiques :

- Plage de débit : de 100 à 750 m³/h
- Tailles : Ø200 à Ø250mm
- Raccordement : plénum

Diffuseur 2 directions



Source VIM

Diffuseur 4 directions



Source VIM

6.2 DIFFUSION PAR DEPLACEMENT

La diffusion par déplacement se retrouve dans les locaux ayant peu ou pas de besoin d'apport de chaleur par le système de ventilation mais au contraire besoin d'extraire la chaleur liée aux apports externes et internes. Cela consiste à faire circuler de l'air légèrement rafraîchi en partie basse du local et à profiter du flux convectif (lié aux sources chaudes) pour entraîner la chaleur et les polluants (liés aux sources chaudes) vers le plafond (où se situe la reprise).

Les diffuseurs à déplacement d'air sont conçus pour fonctionner efficacement à basse vitesse. Pour garantir un bon confort dans le local, certaines de ces UTD utilisées en ventilation tertiaire sont équipées de buses orientables qui permettent de modifier la forme de la zone proche de diffusion. La diffusion par déplacement se retrouve par exemple dans les salles de restauration (scolaire, entreprises, etc.) dans les amphithéâtres, etc.

Diffuseur à déplacement d'air	Diffuseur à déplacement d'air à buses orientables
	
Source Swegon	Source Swegon

6.3 DIFFUSEURS MIXTES DEPLACEMENT / MELANGE D'AIR

Ce système se retrouve principalement dans les locaux industriels.

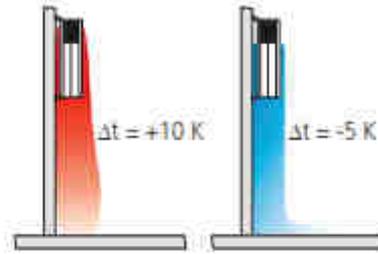
Ces diffuseurs passent de la technique du mélange d'air à celle du déplacement d'air. Conçus pour les locaux à grande hauteur sous plafond (comme par ex. les salles de sport, les centres commerciaux, les usines, etc.), il s'installe suspendu au plafond ou au mur et n'occupe donc pas de place au sol.

Lorsque le local doit être chauffé, l'air est soufflé vers le bas par les buses placées dans la partie supérieure du diffuseur (diffuseur à mélange d'air). Lorsqu'il doit être refroidi, la partie inférieure de ce diffuseur fonctionne alors comme un diffuseur à déplacement d'air qui laisse lentement l'air passer sous l'air à température ambiante dans le local.

Diffuseur à déplacement d'air et mélange	Principe de fonctionnement
--	----------------------------



Source Swegon



Booster de Swegon est à la fois un diffuseur à déplacement d'air et à mélange d'air.

Source Swegon

6.4 LES ENTREES D'AIR ET LES GRILLES DE TRANSFERT

Grilles de transfert

L'air passe entre des pales générant ainsi un flux turbulent, tourbillonnaire.

Les grilles de transfert se montent en porte ou en paroi. Elles peuvent assurer une atténuation acoustique renforcée.

Caractéristiques :

- Plage de débit généralement constatée : 50–1500 m³/h
- Tailles standard : de 100x100 à 1500x1000 mm

Grille de transfert rectangulaire



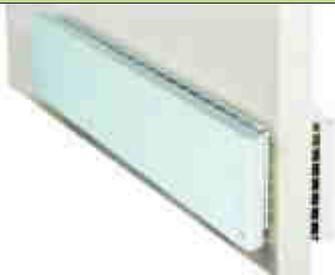
Source France Air

Grille de transfert circulaire acoustique

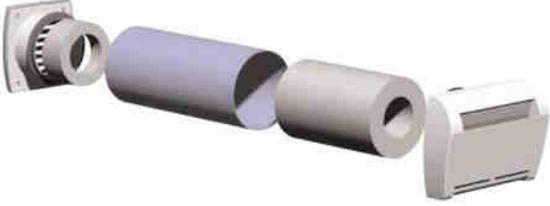
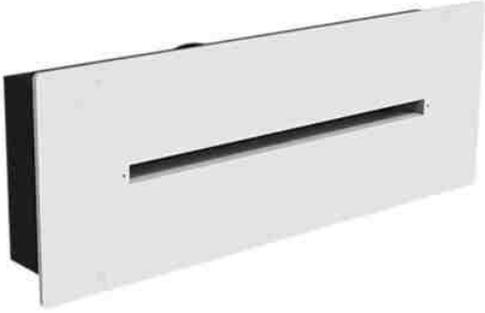


Source France Air

Grille de transfert rectangulaire acoustique



Source France Air

Entrées d'air	
<p>Dans le cas de ventilation simple flux, l'entrée d'air permet le passage de l'air de l'extérieur vers l'intérieur. Elles peuvent être autoréglables, acoustiques...</p> <p>Le montage peut se faire sur le mur, une menuiserie ou un coffre de volet roulant</p> <p>Plage de débit généralement constatée : 22, 30 et 45 m³/h</p>	
Entrée d'air autoréglable murale acoustique	Entrée d'air autoréglable acoustique
 <p>Source VIM</p>	 <p>Source VIM</p>
Entrées d'air avec silencieux mural	Entrées d'air avec silencieux de haut de fenêtre
 <p>Source VIM</p>	 <p>Source VIM</p>

6.5 EVALUER LES DES DEBITS AUX DIFFUSEURS

6.5.1 MESURE DE DEBIT OU DE VITESSE D'AIR AUX TERMINAUX

Toutes les UTD ne sont pas équivalentes du point de vue de la mesure aux bouches. Ces mesures peuvent être réalisées :

- par des débitmètres à cônes/hottes adaptés aux dimensions de ces UTD
 - pour les grilles ou diffuseurs standards
- par mesure de la vitesse moyenne de soufflage qui, si on connaît la section effective de diffusion, permet de remonter au débit :
 - Pour les grilles ou diffuseurs standards,
 - Pour les diffuseurs spécifiques : linéaires, de grande dimensions (attention l'ensemble de la longueur n'est pas toujours soufflante). Les zones neutres d'un point de vue de la diffusion (là où ça ne souffle pas) peuvent être repérées au

fumigène mais la section effective nécessaire, si on mesure à l'anémomètre (à tester), doit être donnée dans le dossier technique.

Les diffuseurs tourbillonnaires à pales, en grande hauteur, peuvent difficilement être mesurés par un cône. Outre le problème de la hauteur, les cônes, même grands, n'arrivent en général pas à stabiliser le flux. La mesure à l'anémomètre direct est aussi exclue.

6.5.2 MESURE DE PRESSION

Lorsque la mesure directe du débit ou de la vitesse d'air à l'UTD est impossible ou peu précise, elle peut être remplacée par une mesure de la pression en une position connue, pour laquelle le fabricant a déterminé une constante k (méthode du k).

Cette méthode est adaptée en particulier aux diffuseurs tourbillonnaires à fentes et les buses lorsque le fabricant propose un accessoire à poser sur la fente pour permettre une mesure de pression. Elle est aussi adaptée en extraction autoréglable ou hygroréglable par une prise de pression statique (cf. Promevent résidentiel).

Par ailleurs, certains fabricants positionnent un raccord de mesure de pression dans le plénum (Figure 12), grâce à la valeur de la pression mesurée et au coefficient k fournit par le fabricant le débit est calculé.

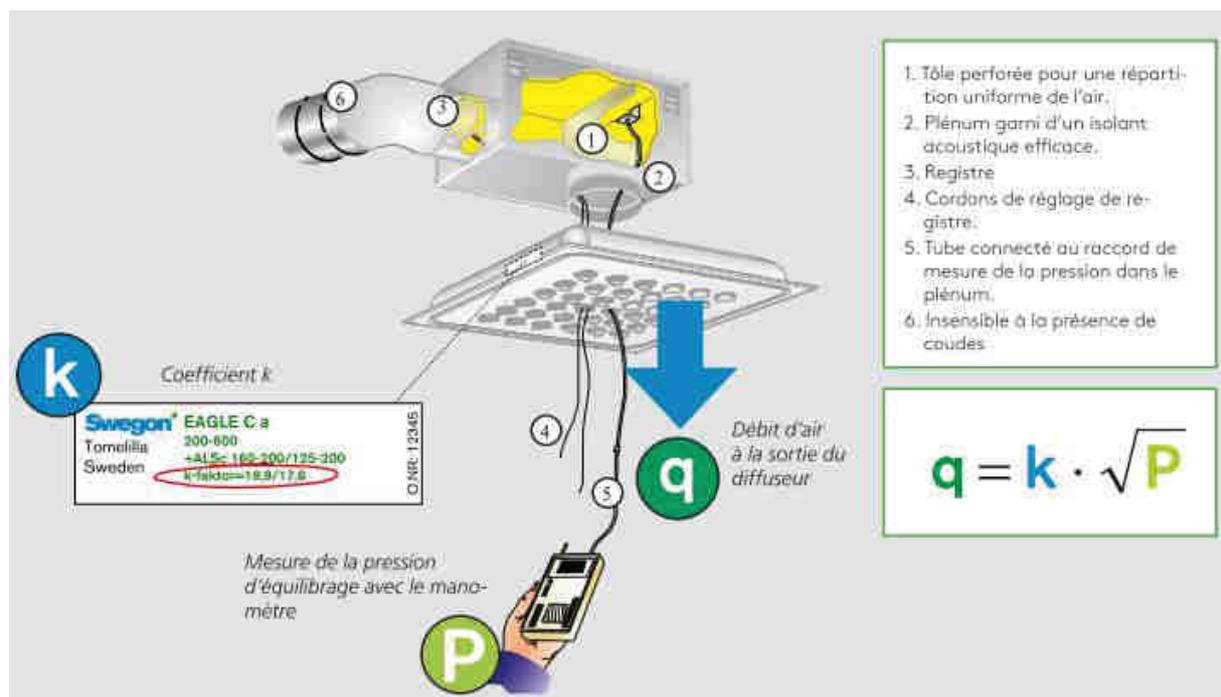


Figure 12: Mesure dans le plénum (source Swegon)

Une mesure de pression peut aussi se faire au niveau du registre d'équilibrage. Le débit est alors estimé en fonction de la position et des caractéristiques du registre.

6.5.3 MESURE EN FONCTION DU TYPE DE BOUCHE

	Mesure au cône / Balomètre	Mesure de Vitesse moyenne à la grille	Mesure de Vitesse en conduit	Mesure de pression au registre (si présent)
Grilles de diffusion/reprise	X	X	X	X
Diffuseur à simple cône / disque de déflexion	(X)		X	X
Diffuseur à cônes multiples	(X)		X	X
Diffuseurs linéaires		X	X	X
Diffuseurs perforés ou à fente	(X)		X	X
Diffuseur à flux turbulent	(X)		X	X
UTA			X	X

6.5.4 EXEMPLE D'UTILISATION DES UTD (SOURCE FRANCE AIR)

APPLICATIONS			Grilles	Diffuseurs simple cône	Diffuseurs multi-cônes	Diffuseurs linéaires	Diffuseurs perforés	Diffuseurs flux turbulent
Bâtiments industriels		Locaux industriels Usines	♦♦		♦			♦♦
Bâtiments de stockage		Hangars et entrepôts	♦♦		♦			♦♦
Bureaux		Bureaux classiques Locaux x. fonctionnels		♦	♦	♦♦	♦♦	
Commerces		grandes surfaces			♦♦			♦♦
		Commerces	♦	♦	♦	♦♦	♦	♦♦
Hôtels Restaurants		Hôtels chambres				♦♦		
		Restaurants	♦		♦♦			♦
Enseignement		Salles de classe			♦	♦		♦
		Amphithéâtres			♦			♦♦
Bâtiments sanitaires et sociaux		Hôpitaux Hôpitaux - Cliniques				♦	♦♦	♦
Loisirs		Salles de spectacle				♦	♦	♦
		Salles sport polyvalentes	♦		♦♦			♦♦

♦♦ Bien adapté

♦ Utilisable

7 TYPOLOGIES DE GESTION DU DEBIT DANS LE RESEAU

Dans un réseau, le débit peut être géré :

- Soit par des registres autoréglables
- Soit par des registres d'équilibrage (manuel ou à moteur).

Ces deux techniques peuvent être associées en cas d'asservissement du débit (cf.§ 8)

7.1 SYSTEME AUTO-REGLABLE

Les registres autoréglables ont été conçus sur le principe de l'équilibrage des bouches de VMC résidentielles mais se positionnent dans le réseau. Leur principe est de maintenir un débit constant (et garanti) tant que la pression aux bornes reste dans une gamme bien définie par le fabricant.

Ils existent en différentes gammes de pression selon l'usage :

- Haute pression pour l'emploi dans les branches principales des réseaux,
- Basse pression (similaires au résidentiel) pour les branches terminales.

La gamme de pression est normalement marquée sur le registre et ce dernier doit répondre aux normes NF E51-776 parties 1 (essais) et 2 (performance).

Ils présentent l'avantage de ne pas nécessiter de réglage ou de mise au point mais n'existent qu'en débit fixe ou double (bi-débit), le second débit fonctionnant ou non en autoréglable.

La mesure de la pression permet de valider leur bon fonctionnement et donc l'obtention du débit marqué.

7.2 SYSTEME A REGISTRE

L'autre technique est d'utiliser différents registres qui seront réglés à la mise au point (et après les nettoyages des réseaux) pour équilibrer les pressions dans les différentes branches. Il est recommandé d'avoir plusieurs registres à chaque embranchement du ventilateur à l'UTD pour éviter qu'un seul registre « encaisse » le déséquilibre total en fin de réseau, se ferme et siffle, ce qui crée des inconforts acoustiques.

Les registres les plus courants sont :

- A pelle ou papillon,
- A iris, qui permettent généralement une bonne mesure du débit par une simple mesure aux bornes car la variation de pression est assez proportionnelle, contrairement aux précédents,
- A lames pour les registres rectangulaires.

Tous existent en version fixe ou motorisable.

8 LES TYPOLOGIES D'ASSERVISSEMENT DES SYSTEMES (D'AIR NEUF, DE CHAUD ET DE FROID)

Comme vu précédemment, en tertiaire, le débit de ventilation peut être dimensionné :

- Soit pour apporter le débit d'air neuf hygiénique (système VMC),
- Soit pour conditionner l'air du bâtiment (le débit nécessaire à ce conditionnement est supérieur au débit hygiénique).

Pour ces deux typologies la problématique de contrôle du débit et de la température de l'air est différente.

8.1 SYSTEMES VMC

En tertiaire le système de ventilation peut aussi assurer le rôle de pré-chauffage et/ou pré-refroidissement de l'air mais son débit dépend du débit hygiénique nécessaire et non des besoins de chaud ou de froid.

Les systèmes de ventilation en tertiaire peuvent donc inclure des systèmes de contrôle :

- Du débit d'air hygiénique (par l'extraction ou l'insufflation)
- De la température de l'air chaud ou froid insufflé

8.1.1 CONTROLE DU DEBIT D'AIR

Pour limiter la consommation énergétique tout en conservant une bonne qualité d'air, le débit d'air hygiénique insufflé et/ou extrait dans le bâtiment peuvent être contrôlés pour s'adapter aux besoins, notons que seulement 15% des systèmes de la BdD Effinergie dispose d'un contrôle du débit hygiénique.

Les systèmes de contrôle du débit d'air neuf sont souvent associés à une horloge générale et un plan hebdomadaire commandant l'allumage et l'extinction de la ventilation de base.

Il existe deux types de contrôle :

- Asservissement à la présence en tout ou rien ou tout ou peu³. La détection de présence est faite par des capteurs à infra-rouge sur le même principe que l'intrusion mais qui doivent déclencher en cas d'occupants assis, bougeant peu... Un test de fonctionnalité est utile en cas de contrôle,
- Asservissement proportionnel à l'occupation (capteur de CO2, capteur d'humidité dans les hôtels, comptage des personnes...).

Les systèmes asservis sont ensuite de deux types :

- Monozones : c'est-à-dire souvent régulés directement au ventilateur qui dessert la zone,
- Multizones : où pour chaque zone, un registre motorisé et/ou un régulateur piloté par la ou les sondes de la zone sont présents.

Un système de contrôle du débit multizone peut se composer :

	<i>Monozone</i>	<i>Multizone</i>
<i>De capteur (s) (de présence ou d'occupation)</i>	X	X
<i>D'un convertisseur</i>	(X)	(X)
<i>D'un régulateur de débit dans chaque réseau de chaque local</i>		X

³ Le maintien d'un petit débit en cas d'inoccupation pendant les horaires d'ouverture permet d'éviter l'accumulation des polluants issus des matériaux de construction et favorise la QAI pour une faible consommation énergétique. Cette option est obligatoire pour les systèmes sous Avis Technique.

<i>D'un système d'asservissement type maître esclave en double flux</i>	(X)	(X)
<i>D'un capteur de pression dans le réseau principal</i>		(X)
<i>D'une régulation en pression du ventilateur central</i>		(X)
<i>(X) Présence éventuelles/ X Présence nécessaire</i>		

Les systèmes de contrôle du débit d'air neuf actuellement sous avis technique sont :

- Visiovent, varivent et H-vent d'Atlantic
- Ventilation modulée tertiaire, présence, agito, CO2, Hygro d'Aereco
- Modulr+ et Modulo2 d'Halton
- Pack Monozone et Pack Multizone, de France-Air
- Alizé hotel, d'Anjos
- AJUST'AIR OPTIC, AJUST'AIR CO2, AJUST'AIR HOTEL de VIM

8.1.1.1 LE CAPTEUR

Il est utilisé pour mesurer la variable servant à réguler le débit d'air. Les principaux capteurs présents sur le marché sont :

- Capteur d'humidité (mécanique ou électronique)
- Capteur de CO2
- Capteur de présence

8.1.1.1.1 CAPTEUR D'HUMIDITE

Le capteur d'humidité peut être soit électronique et raccordé ensuite à un convertisseur soit mécanique directement positionné sur une bouche hygroréglable.

En tertiaire, il n'existe pas d'avis technique (en 2018) concernant des capteurs électroniques d'humidité. Les capteurs d'humidité sont systématiquement positionnés dans des bouches hygroréglables, les avis techniques pour les systèmes hygroréglables ne couvrent que les chambres d'hôtel.

8.1.1.1.2 CAPTEURS DE CO2

Différents fabricants proposent des capteurs de CO2 qui peuvent être positionnés soit dans le local, soit en reprise dans la gaine de ventilation si cet air est représentatif de la zone d'occupation (cela est exclu en déplacement d'air).

8.1.1.1.3 CAPTEUR DE PRESENCE

Le ou les capteurs de présence sont positionnés dans chaque local régulé, dans certains cas sur la bouche si sa position le permet (petits locaux...).

Certains fabricants estiment le taux d'occupation (comptage) à partir de l'analyse des données fournies par plusieurs capteurs de présence.

8.1.1.2 LE CONVERTISSEUR

Hormis pour les bouches hygroréglables où l'ouverture de la bouche se règle mécaniquement en fonction du taux d'humidité, un convertisseur est nécessaire pour traduire le signal envoyé par le

capteur en un signal adapté à la régulation du débit, il peut être intégré au servomoteur du registre (multizone) ou au ventilateur (monozone).

8.1.1.3 LA REGULATION DE DEBIT

La régulation du débit peut se faire soit directement en ajustant la vitesse du ventilateur pour fournir le débit voulu (possible uniquement en monozone) soit à l'aide de registres positionnés dans le réseau (ou au niveau de la bouche).

8.1.1.3.1 REGULATION AU NIVEAU DU VENTILATEUR

En monozone, il est possible d'ajuster le débit directement en ajustant la vitesse de rotation du ventilateur.

Dans le cas des moteurs AC il faut alors en général ajouter un variateur de fréquence, alors que les moteurs EC sont en général directement pilotés par un signal 0-10 V. Dans les deux cas, il faut vérifier le débit minimal possible par ces régulations par rapport au besoin.

En cas de ventilation double-flux, l'un des deux ventilateurs est généralement asservi à l'autre.

8.1.1.3.2 REGULATION DANS LE RESEAU

En multizone, le débit doit s'adapter au besoin de chaque zone. Il n'est donc pas possible d'ajuster directement le débit au niveau du ventilateur et il est nécessaire d'ajuster le débit sur la partie de réseau desservant la zone concernée.

Cette régulation se fait à l'aide de registres situés sur les branches desservant chaque local ou directement au niveau de la bouche (c'est le cas de bouches hygroréglables dans les hôtels, non détaillé ici).

En double-flux, les registres air neuf et air repris sont asservis en maître-esclave.

La pression dans le réseau pouvant fluctuer fortement en cas de pilotage proportionnel notamment, une régulation du ventilateur en fonction de cette pression est nécessaire. Généralement le nombre de locaux desservis est limité à une dizaine, sinon une simple régulation centrale en pression ne suffit pas à garantir le fonctionnement. Cette limite peut dépendre du nombre de salles et des gammes de variation, ou peut être fixée par l'Avis Technique

8.1.1.3.2.1 LES REGISTRES MOTORISES TOUT OU PEU

Les registres motorisés tout ou peu sont équipés d'un volet qui :

- Soit s'ouvre complètement pour laisser passer le débit nominal (garanti par un module auto-réglable associé cf. ci-dessous),
- Soit se ferme « quasiment » pour assurer un débit minimum (de l'ordre de 10 à 20% du débit nominal).

Le registre motorisé n'assure pas l'équilibrage du réseau, et créent des variations de pression dans le réseau en s'ouvrant et en se fermant. Ainsi, lorsque des registres tout ou peu, asservis à un système de régulation, sont installés dans certaines branches, chaque branche du réseau est alors soit équipé d'un module auto-réglable, soit d'un registre asservi au débit d'air (cf. ci-dessous) pour équilibrer le réseau.

Pour certains systèmes les registres tout ou peu et auto-réglable sont mis en œuvre dans la même pièce (tout en un).



Figure 13: Exemples de systèmes tout ou peu sous avis technique

Associé à un capteur de CO2 ou à un compteur de présence les registres tout ou peu peuvent aussi assurer une régulation chrono-proportionnelle, c'est-à-dire que si 50% du débit nominal est requis, le registre assurera 100% du débit 50% du temps (cf. avis technique Aereco).

8.1.1.3.2.2 LES REGISTRES ASSERVIS AU DEBIT D'AIR

Les registres peuvent être équipés d'une mesure de débit par mesure de la pression dynamique (croix de mesure de la pression dans la section). Ils mesurent ainsi le débit d'air qui les traverse et adaptent automatiquement leur position en fonction du débit requis.

Lors du contrôle, le débit dans le local devra donc être adapté en fonction du besoin donc du nombre d'occupants. Attention, selon les techniques, un délai peut être nécessaire pour cette adaptation.

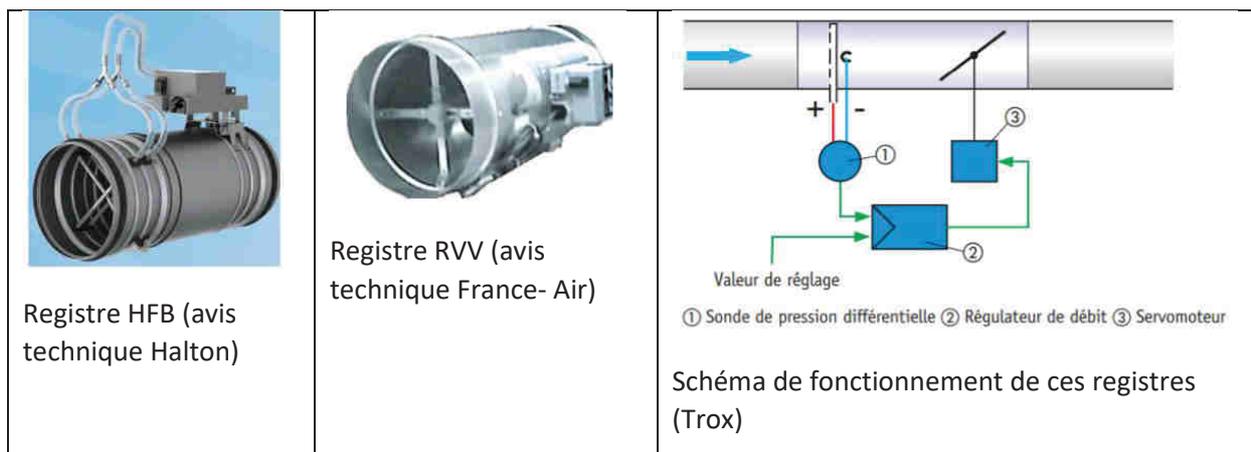


Figure 14: Exemples de registres asservis sous avis technique

8.1.2 CONTROLE DE L'AIR PRECONDITIONNE

8.1.2.1 CONTROLE DU BY-PASS

Les règles du by-pass suivantes sont décrites dans la RT-2012 et sont communes avec le cas des CTA-DAV (cf. ci-dessous). L'échangeur de chaleur est by-passé pour éviter les surchauffes (pendant la période de chauffage) et pour favoriser le free-cooling (en dehors de la période de chauffage). Les règles pendant et en dehors de la période de chauffage sont les mêmes. Toutefois les températures de consigne déclenchant le by-pass peuvent être différentes.

Trois conditions doivent être respectées simultanément pour que le by-pass soit activé :

- La température extérieure est inférieure à la température intérieure (possibilité de refroidir)
- La température extérieure est supérieure à une température de consigne ($T_{\text{ext};\text{by-pass};\text{hiver}/\text{ete}}$)
- La température intérieure est supérieure à une température de consigne ($T_{\text{int};\text{by-pass};\text{hiver}/\text{ete}}$)

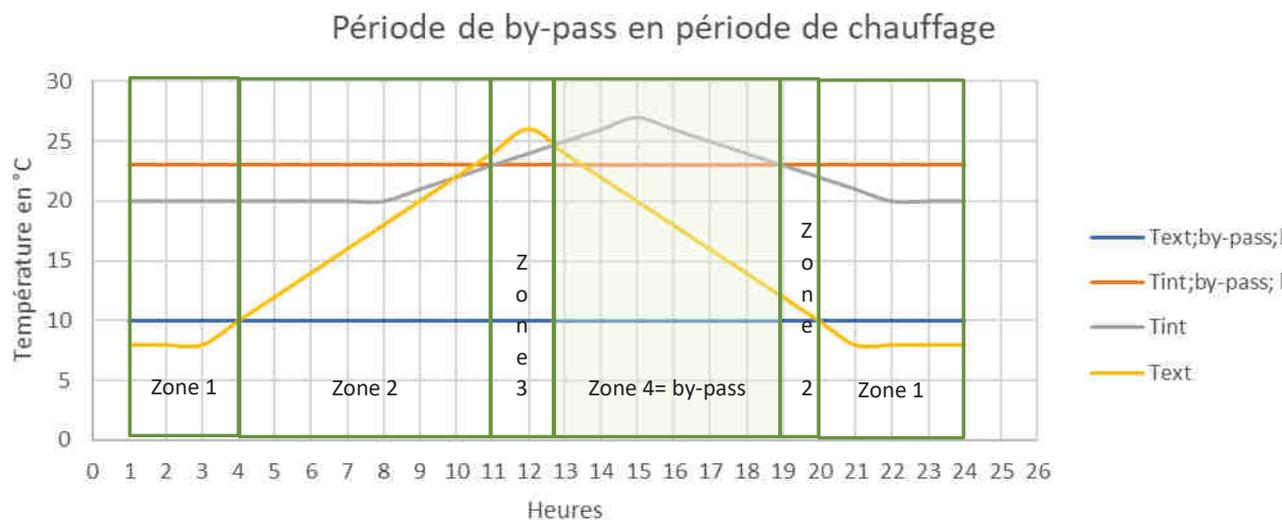


Figure 15: Exemple de gestion du by-pass en hiver selon la RT 2012

Zone 1 : Pas de by-pass car aucun critère n'est rempli (en particulier la température extérieure est trop basse)

Zone 2 : Pas de by-pass entre-autre car la température intérieure n'a pas dépassé le seuil ($T_{\text{int};\text{by-pass};\text{hiver}}$) déclenchant le by-pass

Zone 3 : Pas de by-pass car la température extérieure est plus élevée que la température intérieure et ne permet donc pas le refroidissement

Zone 4 : Le by-pass est activé car tous les critères sont remplis.

8.1.2.2 VMC OU CTA-DAC AVEC REGULATION TERMINALE

Dans ce cas, l'amenée d'air neuf est centralisée et n'assure que le débit hygiénique (potentiellement régulé cf. § 8.1.1), l'air peut être préchauffé ou pré-rafraîchi mais le débit n'est pas ajusté en fonction des besoins de calories. En complément de la centrale de traitement d'air une unité terminale de traitement d'air (poutre climatique, ventiloconvecteur sur air neuf, etc.) est mise en place et assure le traitement de l'air pour le local.

Dans le cas des CTA-DAC il peut y avoir du recyclage, le débit total étant constant et le débit hygiénique étant fixé c'est le débit recyclé qui va s'adapter. Par exemple, si dans un groupe relié à cette CTA un besoin de chaud en saison de chauffage ou de froid en saison de refroidissement est

détecté en inoccupation, alors la CTA démarre et tous les groupes connectés sont irrigués (mais uniquement en recirculation, sans inclure air neuf).

Ces systèmes peuvent toutefois être équipés d'un cycle « économiseur » (free-cooling) qui, en occupation, ajustera le taux d'air neuf pour maximiser le free-cooling.

8.2 SYSTEMES DE CONDITIONNEMENT D'AIR (CTA-DAV)

Le conditionnement d'air implique qu'outre la fonction ventilation on assure le chauffage et/ou le rafraîchissement des locaux par l'air fourni.

Pour les systèmes CTA-DAV, le conditionnement de l'air se fait dans un premier temps au niveau de la centrale de traitement d'air puis peut être complété au niveau des terminaux (poutres froides, unités terminales de climatisation, ventiloconvecteurs avec air neuf, etc.)

La centrale de traitement d'air à débit variable diffère d'une ventilation double flux par les points suivants :

- Son débit d'air est dimensionné pour le confort thermique en chaud et en froid (généralement supérieur au débit hygiénique)
 - o L'encombrement du réseau et de la centrale sont donc souvent plus conséquents.
 - o Si le débit nécessaire pour le confort est supérieur à l'hygiénique, on recycle en centrale ou en terminal une partie de l'air des locaux.
- La présence systématique de batteries chaudes et/ou froides et/ou de (des)humidificateur
- Les diffuseurs d'air doivent assurer une diffusion d'air confortable et efficace dans les locaux pour toute la gamme de débit et de température du dimensionnement.

Les températures maximum et minimum insufflées étant limitées pour le confort des occupants et selon le mode de diffusion, il est parfois nécessaire d'augmenter le débit insufflé pour assurer la quantité d'énergie requise au maintien de la température de consigne.

8.2.1 REGULATION DES DEBIT ET DES TEMPERATURES AU NIVEAU DE LA CTA

Le débit d'air soufflé à la bouche peut varier en fonction des besoins de chaud et de froid tout comme le taux d'air neuf utilisé par la centrale.

En revanche, dans le cas d'une CTA-DAV les débits ne sont pas modulés en fonction du taux d'occupation (coefficient $C_{ndbnr} = 1$ en RT2012). Tout comme une CTA-DAC si un des groupes reliés à la CTA a un besoin de chaud ou de froid en inoccupation alors la CTA démarre et tous les groupes connectés sont irrigués

Le principe de fonctionnement d'une CTA-DAV est donné par la Figure 16.

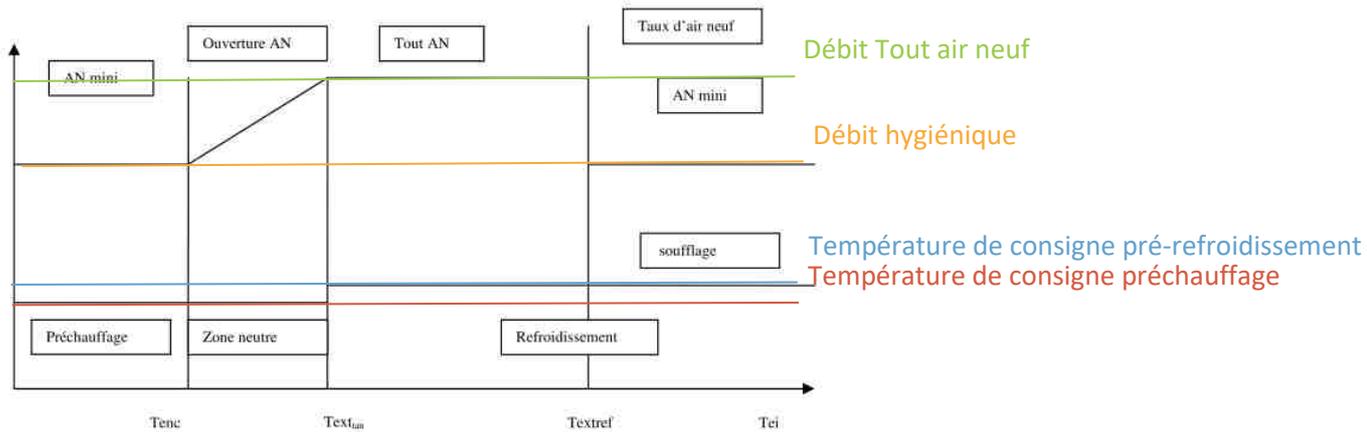


Figure 65 : Principe de fonctionnement de la centrale DAV

Figure 16 : Principe de fonctionnement d'une CTA- DAV (méthode RT 2012)

La température de l'air neuf est soit la température de l'air extérieur, soit la température de sortie du puits climatique (le cas échéant)

Mode préchauffage

Quand la température de l'air neuf est inférieure à la température conventionnelle de préchauffage (T_{enc} en générale égale à 12°C) alors l'air est préchauffé à la consigne de préchauffage ($T_{cons,prechaud}$ en général égal à 15°C). Lorsque la température extérieure dépasse T_{enc} alors le préchauffage est arrêté.

Mode neutre

Lorsque la température d'air neuf est comprise entre T_{enc} et la température conventionnelle de tout-air-neuf (T_{extTAN} généralement égale à 15°C) le système bascule progressivement du débit d'air neuf minimal (hygiénique) au tout-air-neuf.

Mode de refroidissement tout air neuf

Lorsque la température de l'air neuf est supérieur à T_{extTAN} et inférieur à la température conventionnelle de refroidissement (T_{extref} en générale égale à 25°C) la CTA fonctionne en tout-air-neuf et en refroidissement : la centrale pré-refroidi l'air neuf.

Mode refroidissement air neuf minimal

Lorsque la température de l'air neuf est supérieure à la température conventionnelle de fonctionnement en tout air neuf (T_{extref}), la centrale fonctionne en mode refroidissement et le débit d'air neuf est réduit au débit hygiénique.

En fonction des besoins de chaud et de froid de la zone, la centrale de traitement d'air ajuste ensuite les débits :

- Soit en tout air neuf si la température d'air neuf se situe dans le mode neutre (cf. ci-dessus),
- Soit modulant le débit recirculé.

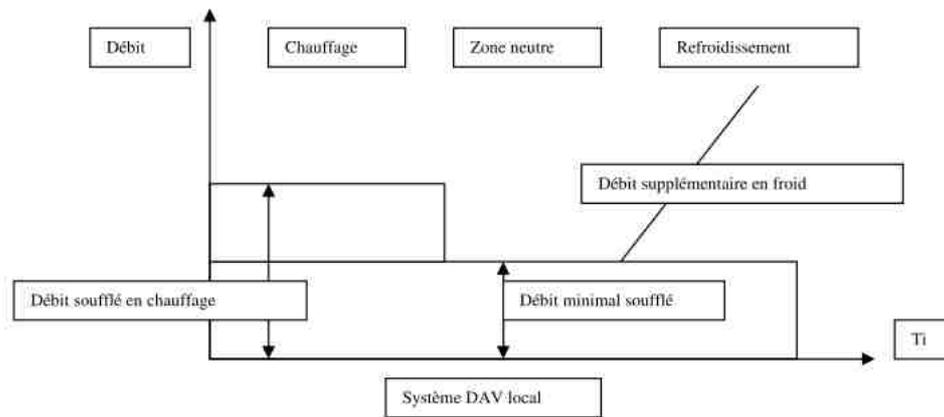


Figure 17: Principe de fonctionnement d'une unité terminale DAV (source RT 2012)

En mode refroidissement, le débit est modulé en fonction de la somme du besoin de refroidissement de chaque zone, en mode chauffage le débit soufflé est constant et ne constitue qu'un « préchauffage ». L'unité terminale permet d'imposer, en fonction des besoins de chauffage ou de froid du local, les débits d'air entrant dans le local.

8.2.1.1 REGULATION DES DEBITS ET TEMPERATURES AU NIVEAU DES LOCAUX

Le conditionnement principal de l'air est fait dans la CTA mais il faut ensuite assurer une régulation par pièce pour le confort des occupants, qui sera juste un complément au traitement principal. Les systèmes VAV (vitesse d'air variable) utilisent pour ceci des « boîtes de détente VAV ». Dans un VAV traditionnel, l'air circule assez rapidement dans les réseaux (env. 15 m/s), puis entre dans le local par ces boîtes qui le détendent, le traitent (éventuellement) par batterie et le ralentissent pour le diffuser. En entrée de la boîte une mesure de débit est présente (croix de mesure ou autre) qui permet au servomoteur de réguler l'ouverture du volet pour avoir le débit souhaité selon le besoin. Le servomoteur reçoit l'information d'une sonde dans le local et peut réagir, en fonction de la température mais aussi parfois de la QAI ou du taux de CO₂. Des variantes de « régulateurs VAV » ont été développées pour de plus petits réseaux où l'air circule à plus faible vitesse, la détente de l'air dans un plénum est alors inutile.

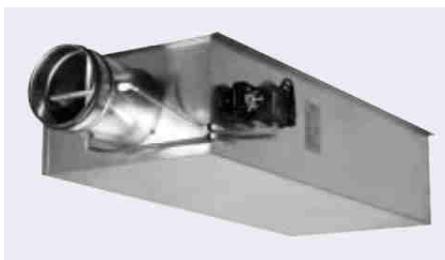


Figure 18: Boîte de détente VAV type TVZ de Trox

9 CONCLUSION SUR LES DIFFICULTES RECENSEES POUR LE CONTROLE

Lors du recensement des différentes typologies de systèmes de ventilation rencontrés en tertiaire les difficultés suivantes, spécifiques au tertiaire, ont été recensées :

- En ventilation décentralisée, la mesure en réseau est impossible, la mesure à la bouche peut aussi s'avérer compliquée en fonction de la géométrie :

- La mesure est parfois possible en prise ou en rejet d'air,
- Il n'existe pas de norme pour mesurer les débits en conduit oblong et en conduit souple,
- Les diffuseurs de grande longueur pour les linéaires, ou grande dimension pour certaines grilles, rendent les mesures de débit aux bouches impossibles,
- En diffusion par déplacement la mesure aux bouches est rendue impossible par la taille des diffuseurs, leur nombre, la faible vitesse d'air, la forme spécifique du jet d'air, la localisation des bouches,
- En présence de registre proportionnel (ajustant le débit en fonction du besoin) ni le débit ni la pression ne peuvent être contrôlés par une mesure,
- En cas de recirculation au niveau des éléments terminaux, il est impossible (et inutile) de réaliser une mesure de débit au terminal,
- Si l'installation est prévue pour assurer le conditionnement d'air, ce sont les débits de conditionnement d'air qui devront être contrôlés :
 - La maîtrise d'ouvrage devra donc les fournir,
- La pression de fonctionnement doit être connue pour réaliser la mesure d'étanchéité à l'air des réseaux à la pression de fonctionnement.

Des méthodes alternatives pourront être proposées dans les cas où les débits ne peuvent pas être mesurés, comme par exemple des mesures au gaz traceur. Toutefois, ces méthodes ne seront pas nécessairement testées dans le cadre du projet Promevent Tertiaire.

10 ANNEXE 1: DIFFERENTS COMPOSANTS DES SYSTEMES DE VENTILATION

Pour effectuer cet état de l'art le système de ventilation est divisé en 9 parties

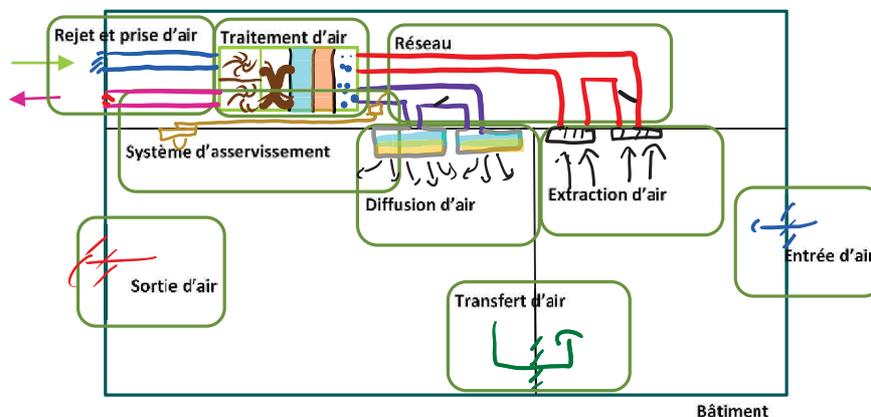


Figure 19: Représentation schématique d'un système de ventilation

En fonction du système de ventilation installé, toutes ces parties ne sont pas forcément présentes. Les équipements potentiellement présents dans chaque partie en fonction du système de ventilation sont listés dans le tableau ci-dessous.

	Liste des équipements potentiellement présent	Contrôle	« Mesurable »	Typologies rencontrées	Élément contrôlable	Difficultés associées
1_Traitement d'air	Ventilateur raccordé	X	X	Caisson, CTA, Centrale DF, ventilateur en conduit, ...	Encrassement Supports (cf. désolidarisation) Sens de rotation Mesure de débit en conduit Alimentation électrique Pilotage Puissance absorbée Courroie-Poulie si présente	Accessibilité au réseau, ouverture du caisson ou de la centrale, risque électrique
	Ventilateur raccordé uniquement d'un côté (torelle...)	X	X	A jet horizontal ou vertical	Accessibilité (entretien, contrôle) Eventuellement mesure de débit en conduit amont Pilotage Alimentation électrique Puissance absorbée	Accessibilité au réseau
	Ventilateur non raccordé	X	X	Ventilateur de paroi	Régulation ou contrôle Encrassement Pilotage Alimentation électrique Puissance absorbée	Potentiellement difficile de mesurer les débits
	Batterie chaude	X		Batterie à eau ou électrique	Etat/poussière si visible	
	Batterie Froide	X		Batterie à eau	Etat/poussière si visible	
	Récupérateur de chaleur			A plaque à plaques (contre-courant ou flux croisé), enthalpique (à	Etat/ poussière, présence ou non du by-pass	

				roue, à membrane...), Réciprocitatif (ou à inversion) avec ou sans by-pass		
	Antigivre	X			Présence	
	(Des) Humidificateur	X			Présence	
	Désolidarisation acoustique	X		Silentblocs, dalle béton Manchette – cf. réseau Plots, antivibratiles au ventilateur Suspension des conduits parfois	Type, état	
	Filtre	X	X	à poches, plissés, mousse...	Nombre de filtre et caractéristiques (ePM 1, 2.5 ou 10) Accessibilité (remplacement) Encrassement Dispositif de contrôle d'état Mesure perte de charge (si prise pression ou manomètre présent)	
GTB	X		Incluant ou non : Horloge, programmation, détection de défauts, synoptique sur écran (débit, pression), gestion des T°, régulation des débits/pression, alarme encrassement filtration, pilotage a distance, alarme fonctionnement	Documentation Affichage sur écran contrôle	Difficile de tester le fonctionnement... Simulation de défaut ? filtre, ventilateur...	
2_Rejet et Prise d'air	Grille de rejet		X		Débit	Accessibilité
	Grille de prise d'air		X		Débit	Accessibilité
	Conduit		x		Propreté Conformité par rapport aux plans Débit	

3_Réseau	Conduit	X	X	Circulaire, rectangulaire, isolé, souple (terminal), etc.	Nature, état, pertes de charge, présence d'isolation, ... Mesure de Propreté Conformité plan Débit en conduit Mesure d'étanchéité (réseau ou portion de réseau)	Accessibilité à certaines parties des réseaux
	Supportage	X		Pied-supports, suspentes, supports fixes aux murs...	Présence, état, désolidarisation structure	
	Silencieux/piège à son	X		Circulaire, rectangulaire, à baffles, ...	Positionnement (par rapport aux centrales et aux parois traversées...)	
	Registres	X		A pelle, à iris...	Débit sur iris Motorisation Réglage (% ouverture)	Visibilité , accessibilité
	Modules auto-réglables	X		A membrane à clapet	Position sur manuel Débit/gamme pression sur autoréglable (par rapport au réseau) Type, position dans le réseau	Visibilité , accessibilité
	Clapets coupe-feu	X		A volet	Présence /Type/ Position Taille Ouverture	Visibilité , accessibilité
	Trappes de visite	X			Présence, accessibilité, étanchéité, maniabilité, adaptée au diamètre si conduit circulaire	Visibilité (souvent en faux plafond, difficile d'accès...)
	Batterie chaude déportée	X			Etanchéité raccords	Visibilité (souvent en faux plafond, difficile d'accès...)
	Caisson de répartition	X			Etanchéité raccords (et bouchons éventuels)	Visibilité (souvent en faux plafond, difficile d'accès...)
Manchette acoustique	X		Toile enroulée et serrée (montée sur place), manchette « étanche »	Présence, Nature, Etat, Etanchéité		

				(préfabriquée)		
	Caisson de recyclage / Réseau de recirculation (vanne 3 voies)	X		Vannes motorisées ou fixe	Contrôle (lien GTB...) Niveau d'ouverture Test ouverture/fermeture ?	Difficile à tester
4_Diffusion d'air	Plénum	X	X		Mesure de pression si coefficient k fourni Présence	Visibilité , accessibilité
	Batterie chaude /froide	X		Intégrées en gaine	Présence	Visibilité , accessibilité
	Diffuseur	X	X	- Mural / plafonnier / gaine textile - Tourbillonnaire Linéaire /	Mesure de débit (ou pression dans le cas de plenum à registre)	Gaine textile : mesure du débit en conduit. Mesure débit peut être complexe (turbulences, grande taille, etc.)
	Elément monobloc					
	Poutre climatique ou cassette	X		Régulation de l'air primaire en fonction de la température ou QAI ou occupation	Vérifier la présence Impossible de mesurer le débit avec un appareil de mesure Travailler avec la mesure de débit en conduit ou sur le registre qui le règle (souvent autoréglable)	
5_ Extraction	Bouche ou grille de reprise	X	X	- Fixe / Autoréglable / Fixe + registre	Vérifier la présence Mesurer le débit	Nombre : prévoir échantillonnage Matériel de mesure de débit à sélectionner selon les dimensions et le débit extrait

	Filtere intégré dans la grille de reprise	X		Idem bouche ou grille de reprise	Idem bouche ou grille de reprise	Idem bouche ou grille de reprise
6_Entrées d'air	Entrée d'air	X		Fixe / Autoréglable / Fixe + registre Murale / menuiserie / CVR acoustique	Vérifier la présence Suffisant / besoin (pas de DTU pour dimensionner)	Nombre : prévoir échantillonnage
8_Transfert d'air	Grille de transfert	X		Acoustique Montage en paroi ou porte	Vérifier la présence tout le long du trajet de l'air (plusieurs parfois !)	Nombre : prévoir échantillonnage
	Détalonnage	x	X	-	Hauteur de l'espace entre le sol et le bas de la porte	Nombre : prévoir échantillonnage
9_Système de contrôle	Programmeur (horloge)	X				
	Capteurs (sonde)	x		Localisation (salle ou gaine)	Présence si visible Fonctionnel si présence ou possible	
	Module auto-réglable	X			Mesure débit possible	Accès faux plafond
	Registre motorisé	X		Avec ou sans mesure de la pression	visuel	
	Contrôle du ventilateur (variateur)	X			Visuel si reporté	
	Convertisseur					

11 ANNEXE 2 : ETUDE DE LA BASE DE DONNEE EFFINERGIE

Méthodologie

Les fiches xml de l'ensemble des bâtiments tertiaires ayant obtenu le label Effinergie depuis la mise en place de la RT2012 ont été analysées pour étudier les systèmes de ventilation mis en œuvre dans ces bâtiments. Ces bâtiments peuvent être considérés comme préfigurateurs.

Au total ce sont 74 projets qui ont été étudiés mettant en œuvre 331 systèmes de ventilation. Les parties « habitation » de ces bâtiments ont été exclues de l'étude.

11.1 SYSTEMES INSTALLES

Le graphe ci-dessous donne la répartition des systèmes de ventilation installés on constate qu'ils se divisent en environ 3 parts égales :

- Centrale de traitement d'air à débit d'air constant (CTA-DAC)
- Ventilation double-flux
- Ventilation simple-flux

Rappelons que les centrales double flux hygiénique (VMC DF) n'assurent que le prétraitement et la fourniture de l'air hygiénique alors que les centrales à débit soufflé et extrait constants (CTA_DAC) sont aussi utilisées pour le traitement thermique des locaux en incluant potentiellement de la recirculation d'air.

La ventilation simple-flux représente une part importante des systèmes installés (1/3), toutefois ce graphe ne permet pas d'analyser le débit qu'elle représente, il est probable que la ventilation simple flux soit principalement utilisée dans les sanitaires des bâtiments étudiés. En effet, les statistiques ont aussi révélées que **80% des zones des bâtiments étudiés disposaient d'au moins un système double flux ou d'une CTA** et 53% disposait d'un système simple flux.

Repartition des systèmes de ventilation

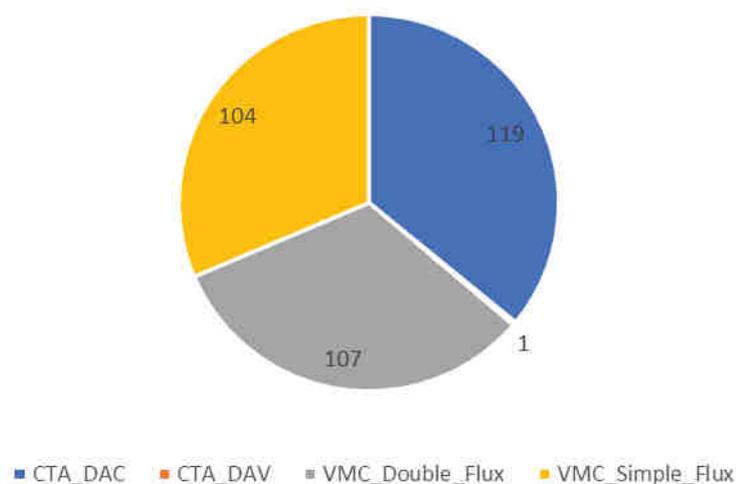


Figure 20: Répartition des systèmes de ventilation dans les bâtiments tertiaires Effinergie

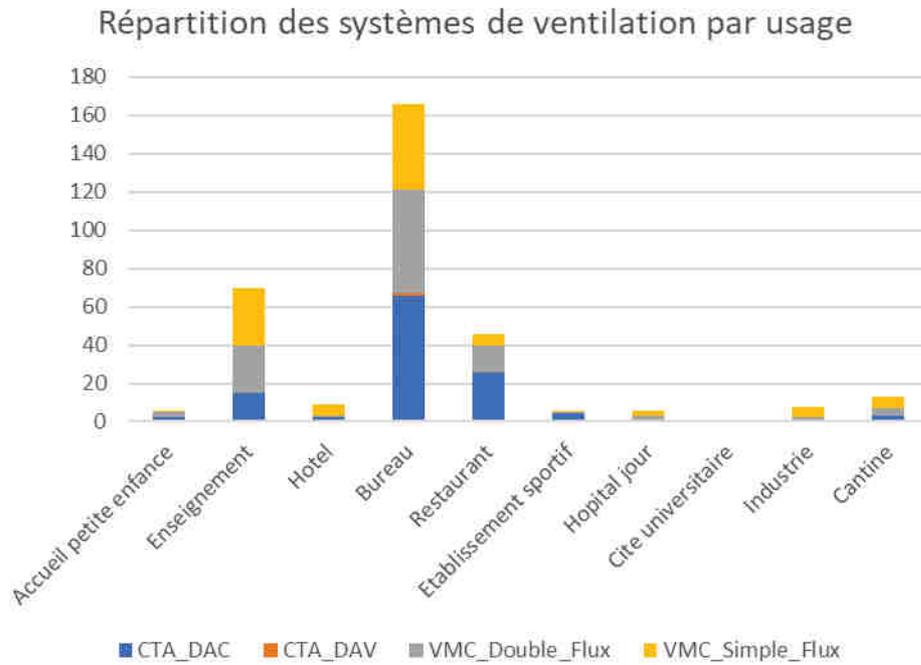


Figure 22: Répartition des systèmes de ventilation par usage

11.2 DISPOSITIFS DE REGULATION DES DEBITS

85% des systèmes n'ont pas de dispositif de régulation des débits.

Dispositif de régulation des débits

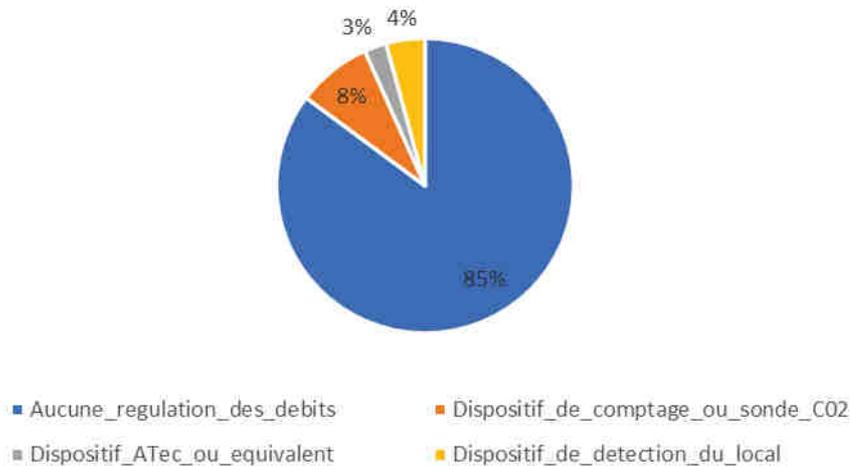


Figure 23: Dispositif de régulation des débits de ventilation

Cette proportion reste quasiment identique quel que soit l'usage du bâtiment.

Dispositif de régulation du débit en fonction du type de bâtiment

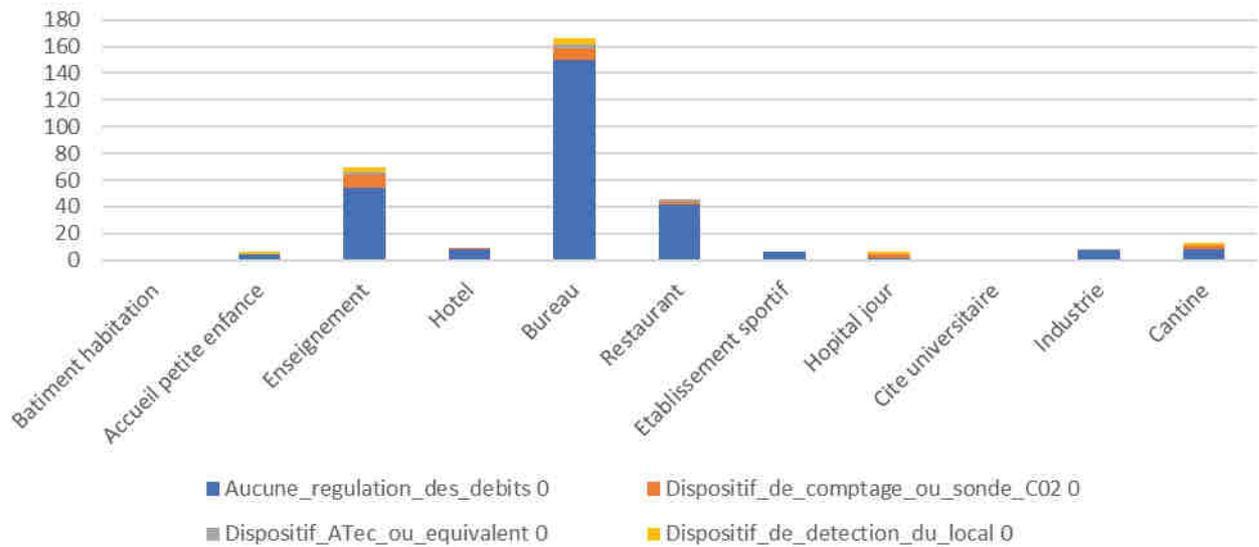


Figure 24: Régulation des débits en fonction de l'usage du bâtiment

En revanche on note que la régulation des débits se fait quasi-exclusivement pour les VMC double flux, hormis quelques détections locales pour les systèmes simple-flux (très certainement dans les sanitaires).

Type de régulation en fonction du système de ventilation

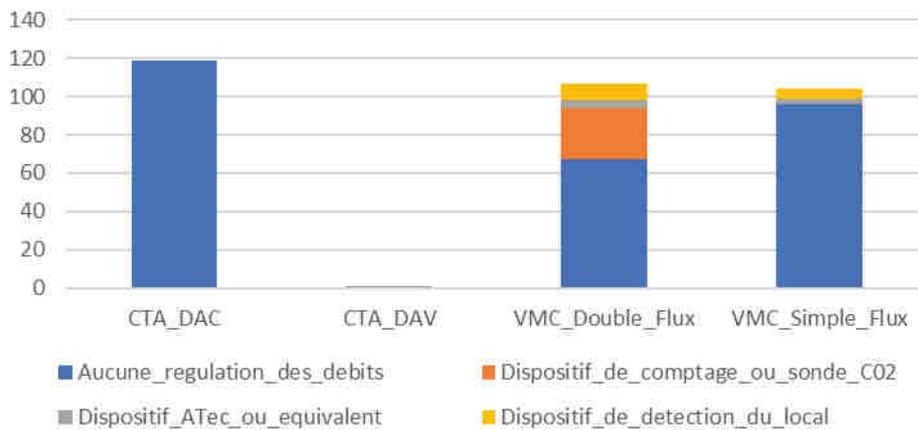


Figure 25: Régulation des débits en fonction du système de ventilation

Les dispositifs de détection dans le local permettent de bénéficier d'un coefficient de réduction des débits (C_{ndbnr}) de 0.9, les dispositifs de comptage ou sonde de CO₂ d'un C_{ndbnr} =0.8.

Pour les systèmes sous avis technique, c'est le coefficient de l'avis technique qui est utilisé dans le moteur de calculs, pour les systèmes étudiés il varie entre 0.29 et 1.

D'importantes économies d'énergie pourraient être réalisées en utilisant des systèmes de régulation des débits.

11.3 EQUIPEMENTS

11.3.1 ECHANGEURS DE CHALEURS

77% des CTA-DAC et 73% des VMC double-flux disposent d'un échangeur de chaleur, dans le calcul thermique ils sont tous définis de manière simplifiée, c'est-à-dire seulement en entrant l'efficacité de l'échangeur, sans définir le type d'échangeur.

11.3.1.1 EFFICACITE DES ECHANGEURS

Parmi les systèmes avec échangeur de chaleur seulement 83% des CTA-DAC et 94% des ventilation double-flux ont indiqué une efficacité de l'échangeur supérieure à 0.

L'efficacité moyenne des échangeurs des CTA-DAC est de 76% et celle des double-flux de 81% (sans prendre en compte les valeurs de « 0 »).

11.3.1.2 TEMPÉRATURE DE BY-PASS

11.3.1.2.1 EN HIVER

Concernant le by-pass en hiver, rappelons qu'il peut être activé pour éviter les surchauffes, il se déclenche donc si les 3 conditions suivantes s'appliquent simultanément :

- $T_{ext} < T_{int}$ (possibilité de refroidir)
- $T_{ext} > T_{ext ; bypass ; hiver}$
- $T_{int} > T_{int ; bypass ; hiver}$

On note que la température extérieure de by-pass pour les double-flux est en général autour de 20°C pour le double-flux et plutôt autour de 15°C pour les CTA-DAC. Concernant la température intérieure le by-pass se déclenche en générale quand elle dépasse 22° voir 19°C et même 15°C pour 46% des VMC double-flux.

Notons que 24% des CTA-DAC n'activent pas le by-pass en hiver en indiquant une température limite de déclenchement autour de 100°C.

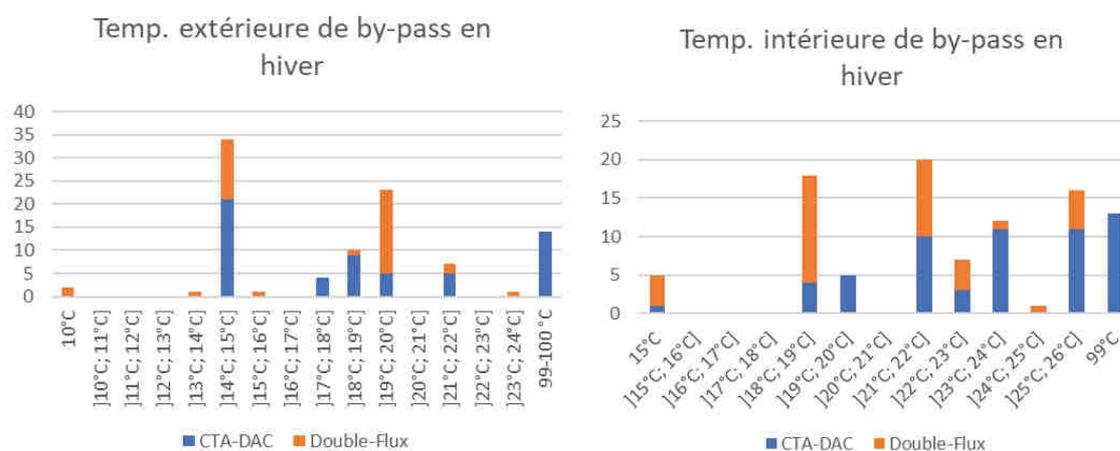


Figure 26: Températures de by-pass en hiver

11.3.1.2.2 EN ETE

En été l'échangeur de chaleur est en général by-passé mais il peut être activé s'il favorise free-cooling. L'échangeur sera donc by-passé si les 3 conditions suivantes sont respectées simultanément :

- $T_{ext} < T_{int}$ (possibilité de refroidir)
- $T_{ext} > T_{ext ; bypass ; hiver}$
- $T_{int} > T_{int ; bypass ; hiver}$

On note que la température extérieure de by-pass pour les double-flux est en général autour de 15°C. Concernant la température intérieure le by-pass se déclenche en générale quand elle dépasse 24-25°C.

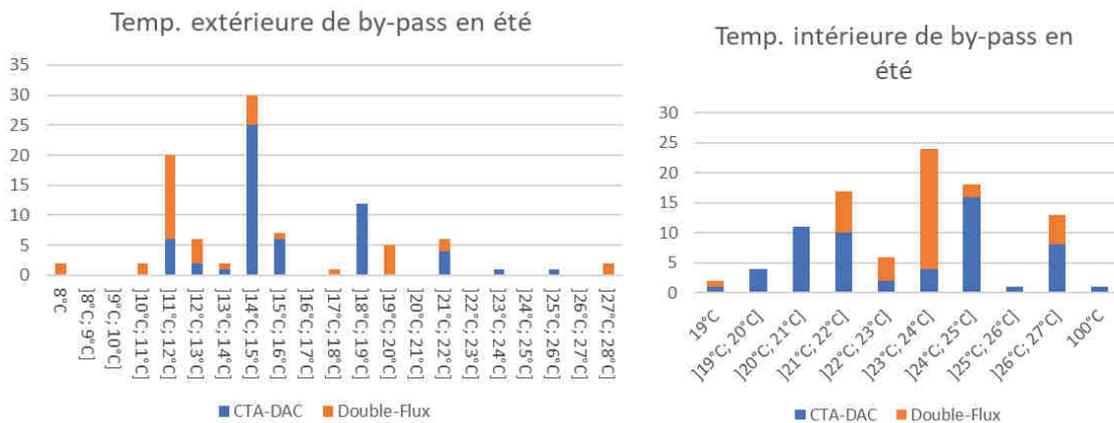


Figure 27: Températures de by-pass en été

11.3.2 ANTIGEL

Sur les 227 systèmes de ventilation double-flux, CTA-DAC et CTA-DAV seulement 3 systèmes antigel ont été définis. 2 dans des systèmes de CTA-DAC avec recyclage et 1 dans un système de CTA-DAV sans recyclage. Ce résultat est surprenant et laisse à penser que les systèmes antigel ne sont pas systématiquement définis par les bureaux d'étude et sont souvent entrés comme des systèmes de préchauffage (cf. ci-dessous).

11.3.3 TAUX MINIMUM D'AIR NEUF POUR LES SYSTEME CTA-DAC A RECYCLAGE

Taux_AN c'est le taux minimal d'air neuf dans l'air soufflé en occupation au sens de la ventilation pour assurer les besoins hygiéniques.

Il est surprenant de constater que dans la plupart (52%) des systèmes de CTA-DAC avec recyclage le taux minimum d'air neuf est de 0%, c'est-à-dire que si la température extérieure n'est pas dans la plage de mélange, le système fonctionnerait en tout recyclage même en occupation.

16% des systèmes fonctionnent toutefois avec systématiquement plus de 50% d'air neuf.

Taux minimal d'air neuf dans les systèmes CTA-DAC avec recyclage

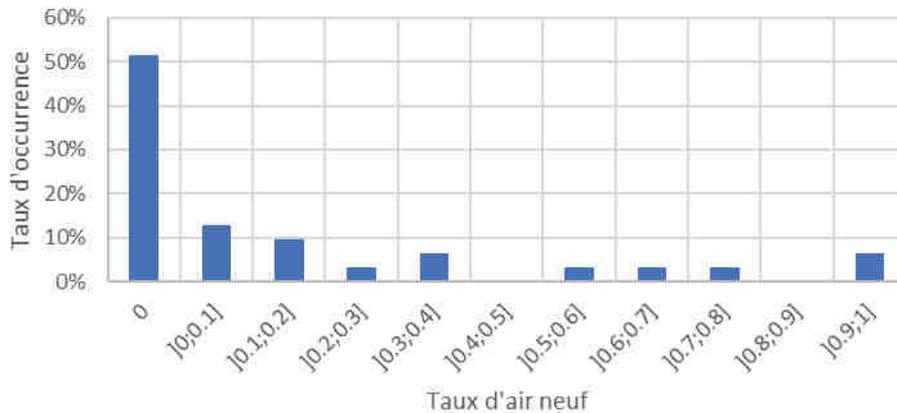


Figure 28: Taux d'air neuf minimal dans les systèmes CTA-DAC avec recyclage

Parmi les systèmes à recyclage 61% ont une régulation standard en période de freecooling, c'est-à-dire qu'en mode refroidissement le taux d'air neuf ne dépend que de la température extérieure et reste donc minimal quand la température extérieure dépasse une température limite (T_{ENF}).

Seulement 39% ont donc une régulation optimisée qui privilégie l'air extérieur quand celui-ci est plus frais que l'air intérieur même s'il est supérieur à la température limite.

Les températures limites en dessous (T_{ENC}) et au-dessus (T_{ENF}) desquels le taux d'air neuf est réduit à son minimum sont en général égales aux valeurs par défaut proposées dans la RT (respectivement 15°C et 25°C). C'est-à-dire que le taux d'air neuf ne s'ajuste en mode froid que lorsque la température extérieure est entre ces deux valeurs sinon il reste minimum.

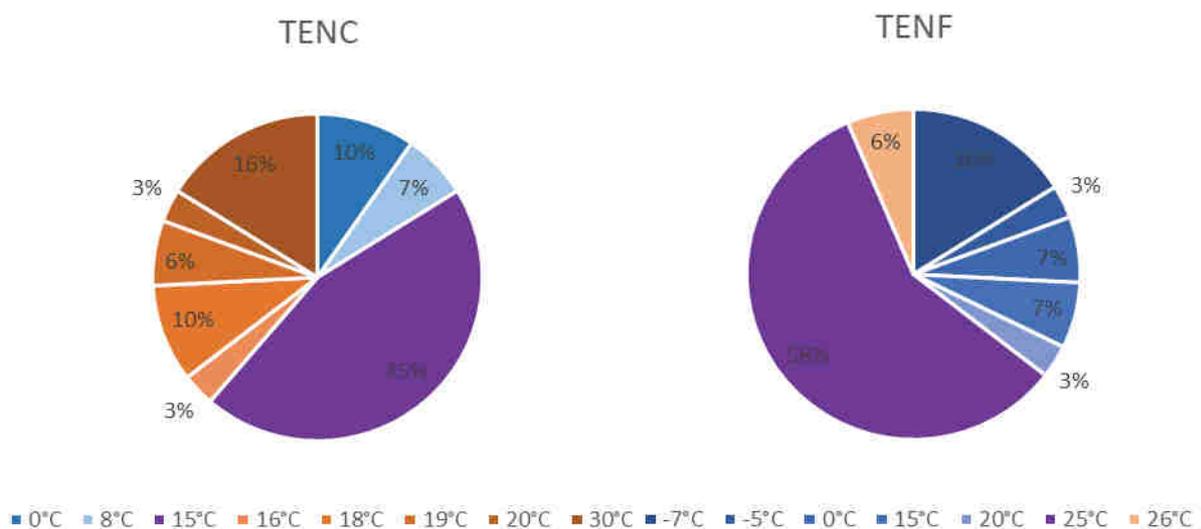


Figure 29: Températures limites inférieures et supérieures de réduction du taux d'air neuf au minimum

Notons que dans 19% des cas T_{ENF} est inférieur à T_{ENC} c'est-à-dire que le taux d'air neuf reste minimal quelque soit la température extérieure et donc que le système ne profite pas de l'air frais disponible à l'extérieur.

11.3.4 PRECHAUFFAGE DE L'AIR

84% des systèmes CTA-DAC ont un système de préchauffage, 22% des systèmes double flux ont un système de préchauffage.

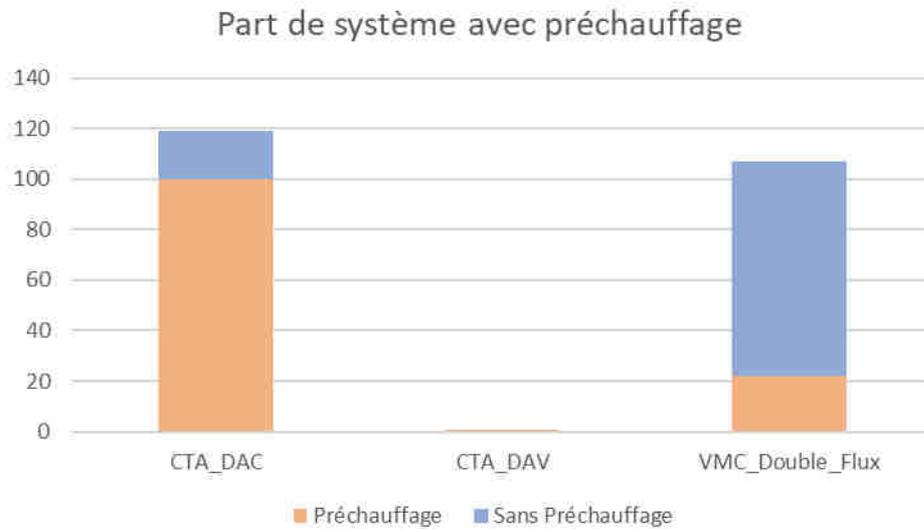


Figure 30: Présence d'un système de préchauffage en fonction du type de ventilation

Les températures de consigne de préchauffage sont assez élevées : 82% sont supérieures à 17°C et 14% supérieures à 20°C.

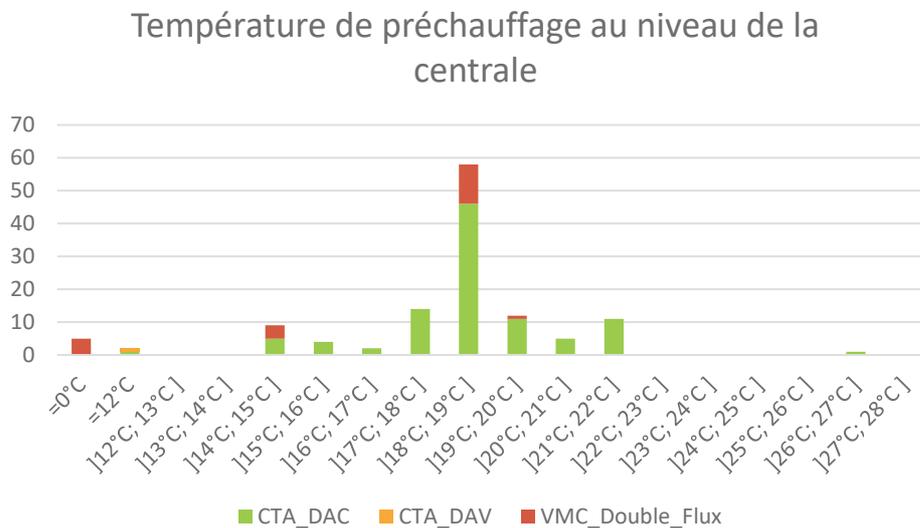


Figure 31: Température de consigne de préchauffage

Concernant la contrainte sur la température extérieure au-dessus de laquelle le préchauffage est arrêté. Cette température est en général autour de 18°C, on note que dans la plupart des cas en ventilation double-flux, cette température est fixée à 0°C c'est-à-dire que la batterie de préchauffage est en fait utilisée comme antigel et ne se déclenche que pour des températures négatives.

Température extérieure au dessus de laquelle le préchauffage n'est pas autorisé

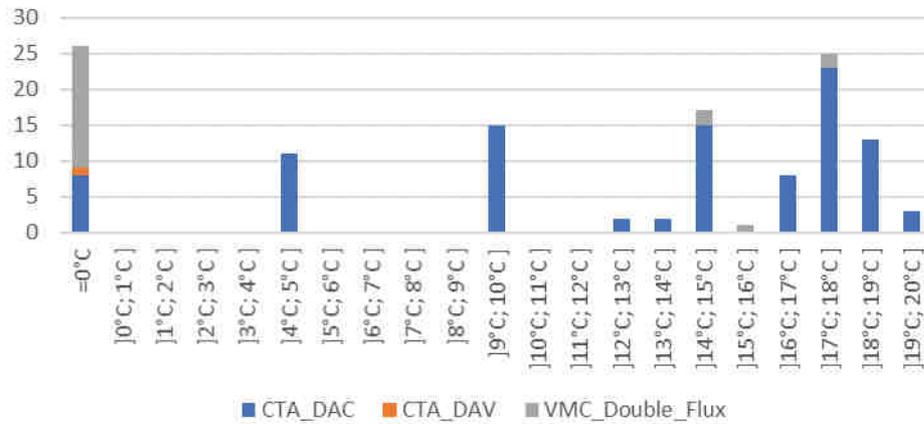


Figure 32 : Température extérieure d'arrêt du préchauffage

11.3.5 PRE-REFROIDISSEMENT DE L'AIR AU NIVEAU DE LA CENTRALE

Seulement 50% des systèmes CTA-DAC ont un système de pré-refroidissement au niveau de la centrale de traitement d'air et 13% des systèmes double-flux.

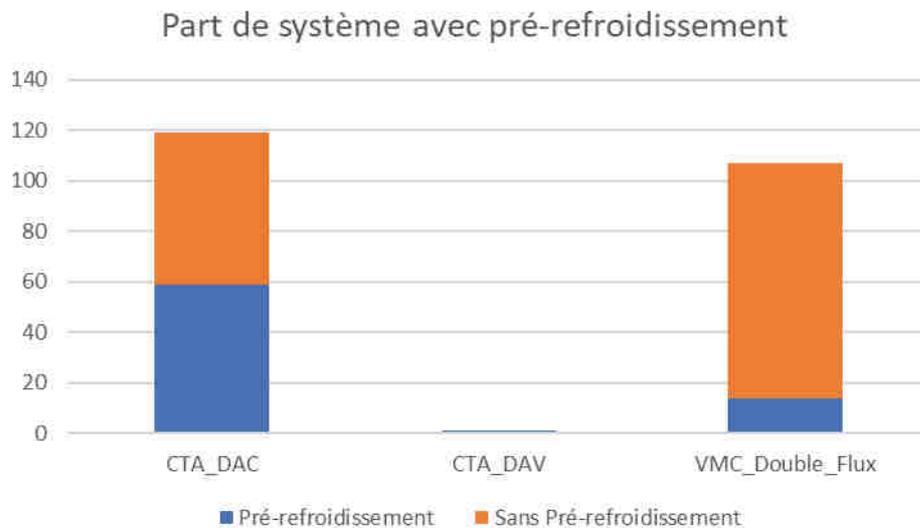


Figure 33: Présence d'un système de pré refroidissement en fonction du type de ventilation

La centrale pré-rafraichie l'air entre 23 et 26° dans 55% des cas.

Température de prérefroidissement au niveau de la centrale

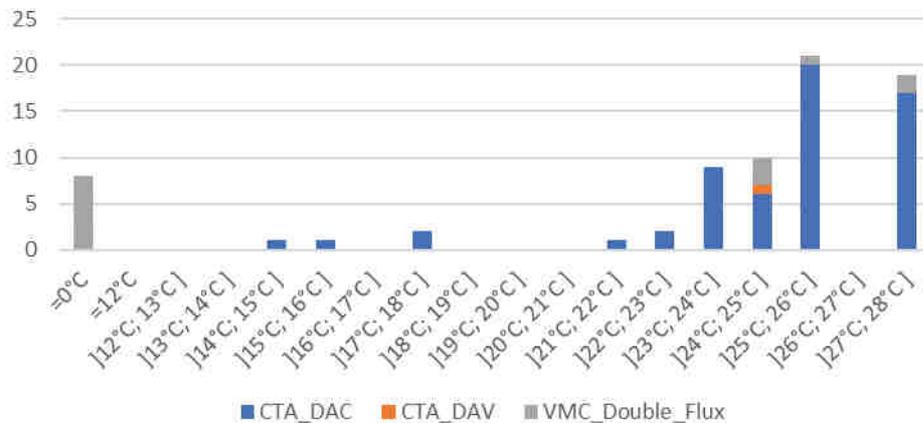


Figure 34: Température de consigne de pré-refroidissement

En général, le refroidissement au niveau de la centrale n'est déclenché que lorsque la température extérieure dépasse 26°, mais dans 20% des cas le refroidissement au niveau de la centrale n'est déclenché que dans les cas extrêmes : à savoir quand la température extérieure atteint les 32°C.

Température extérieure en dessous de laquelle le pré-refroidissement n'est pas autorisé

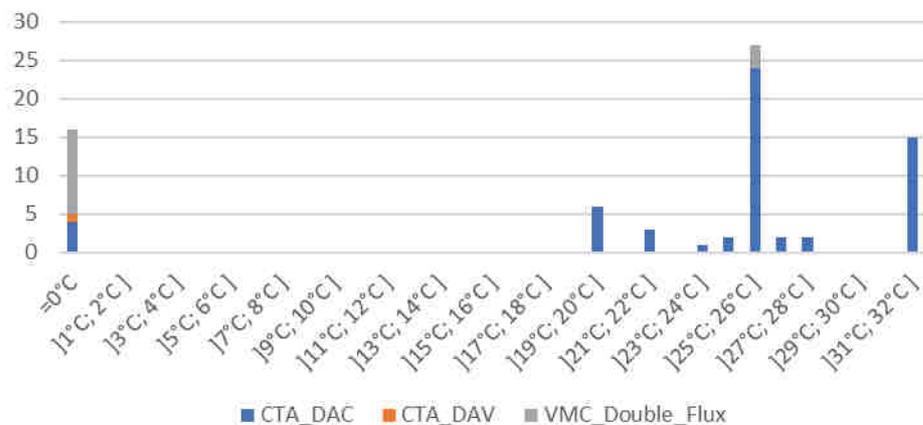


Figure 35 : Température extérieure d'arrêt du pré-refroidissement

11.4 EQUIPEMENTS NON RENCONTRES DANS LES BATIMENTS ETUDIES

Aucune des feuilles RT 2012 étudiées n'implémentait d'humidificateur d'air.

Aucun des bâtiments étudiés ne disposait de puits climatique ou de ventilation naturelle hybride.

Enfin notons que 100% des ventilateurs installés sont des ventilateurs à variateur de fréquence (pas de ventilateur avec registre de réglage).

11.5 CONCLUSION

L'étude des projets labellisés Effinergie a permis d'analyser les systèmes de ventilation mis en œuvre dans les bâtiments performants. Une majorité de bâtiments met en œuvre une ventilation double-flux ou une centrale de traitement d'air à débit constant sans recyclage.

Très peu de bâtiments mettent en œuvre un dispositif de régulation des débits hygiéniques en fonction des besoins, ce qui permet pourtant d'importantes économies d'énergie.

L'étude a aussi montré de nombreuses incohérences dans les feuilles xml en particulier sur les points suivants :

- Les dispositifs d'antigels ne sont pas pris en compte dans plus de la moitié des projets
- Pour plus de la moitié des CTA-DAC à recyclage le taux d'air neuf est réduit à 0 quand les conditions extérieures ne sont pas favorables.