

Amélioration de la Qualité d'Air Intérieur par une filtration d'air à haute efficacité énergétique

Philippe CLEMENT
Freudenberg Filtration Technologies SAS

We provide superior filtration solutions
to improve the quality of life

Normes européennes concernées

	Bâtiments résidentiels	Bâtiments non résidentiels	
		Non-industriels / sans production	Locaux industriels et de production
EN 12792 Terminologie			
EN 13779 Dimensionnement et performance des systèmes	CEN/TR 14788		
EN 15251 Dimensions systèmes; critères pour l'environnement intérieur			
EN 15241 Calcul/énergie de ventilation			
EN 15242 Calcul/débit de ventilation			

Air extérieur

- Poussière minérale
- Bactéries
- Moisissures/spores
- Pollen

- CO₂
- Ozone
- Usage de carburants fossiles ,
trafic routier (NO, NO_x, SO₂, COVs)



Immeuble

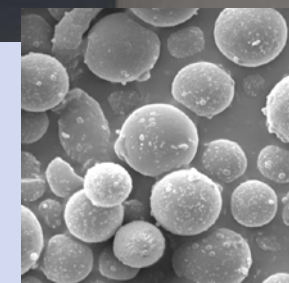
- Matériaux de construction
- Décoration
- Mobilier
- Installations

- COV (Formaldehyde, Benzene, Mercaptane, etc.)
- Plomb
- Halogènes (Cl, Br, F)

Occupation

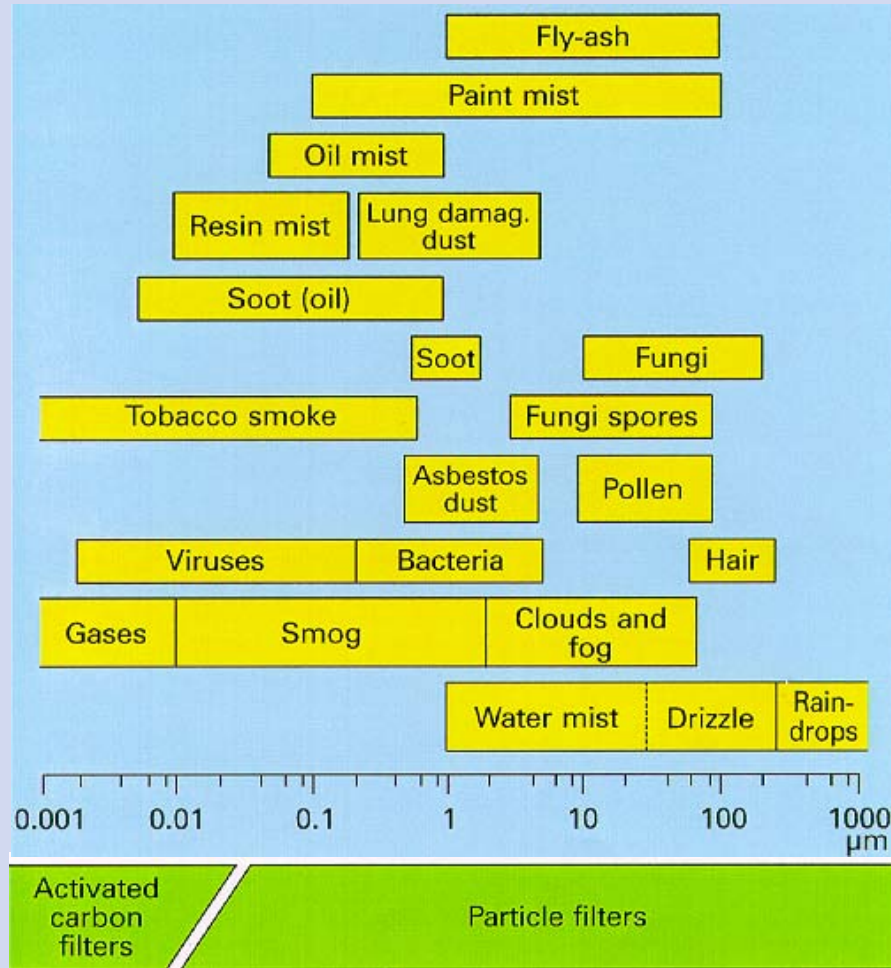
- Occupants / salariés (CO₂, H₂O, Odeurs, Squames, Cheveux, etc.)
- Animaux (Allergènes)
- Bactéries, virus, moisissures/spores
- Poussières ménagères
- Cuisine, nettoyage, lavage (Odeurs, TCOV, nano particules)
- Bureau (poussière de papier, poussière de toner, nano particules)
- Fumée de tabac

La Qualité d'Air Intérieur est fondamentalement moins bonne que la Qualité d'Air Extérieur



Les filtres procurent une protection effective contre émissions des systèmes d'impression à toner

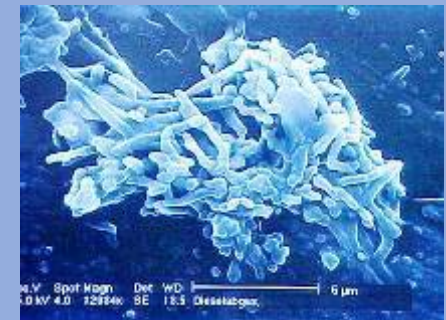
Substances solides et gazeuses dans l'air atmosphérique



Bloom pollen (Lily)



Road dust



Definitions issues de l'EN 13779

Table 4 — Classification of outdoor air (ODA)

Category	Description
ODA 1	Pure air which may be only temporarily dusty (e.g. pollen)
ODA 2	Outdoor air with high concentrations of particulate matter and/or gaseous pollutants
ODA 3	Outdoor air with very high concentrations of gaseous pollutants and/or particulate

ODA 1: campagne

ODA 2: cités comme Stuttgart, Londres, Madrid, Paris

ODA 3: regions hautement industrialisées, aéroports etc...

Table 5 — Basic classification of indoor air quality (IDA)

Category	Description
IDA 1	High indoor air quality
IDA 2	Medium indoor air quality
IDA 3	Moderate indoor air quality
IDA 4	Low indoor air quality

La définition exacte des categories dépend de la nature des sources de polluants qui sont à prendre en considération, et des effets de ces polluants.

$$ODA 1: C_{ODA} \sim C_{WHO}$$

$$ODA 2: C_{ODA} > C_{WHO}$$

$$C_{ODA} \leq 1.5 \times C_{WHO}$$

$$ODA 3: C_{ODA} > 1.5 \times C_{WHO}$$

Les valeurs des classes d'air intérieur peuvent être fournies par les **règlementations nationales.**

Les valeurs présentées par l'EN 15251 peuvent être utilisées comme valeurs par défaut.

e.g. Valeurs Guide (VG) pour contaminants gazeux de l'air intérieur

Publiées par la commission - hygiène de l'air intérieur- de l'agence fédérale allemande pour l'environnement

Composant	Valeur Guide II (mg/m ³)	Valeur Guide I (mg/m ³)
Toluene	3	0,3
Dichloromethane	2 (24 h) ¹⁾	0,2
Carbon monoxide	60 (1/2 h)	6 (1/2 h)
	15 (8 h)	1,5 (8 h)
Pentachlorophenol (PCP)	1 µg/m ³	0,1 µg/m ³
Nitrogen dioxide	0,35 (1/2 h)	-
	0,06 (1 week)	
Styrene	0,3	0,03
Mercury (as metallic vapour)	0,35 µg/m ³	0,035 µg/m ³
Tris(2-chlorethyl)phosphate	0,05	0,005
Bicyclic Terpene	2	0,2
Naphthalene	0,02	0,002
Mixtures of hydrocarbons with low content of aromatic compounds (C9-C14)	2	0,2
TVOC	1 – 3 (10 – 25 short term e.g. during decoration)	0.2 – 0.3
Diisocyanates (DI)	No guidance values defined, since initial concentrations from paint decrease rapidly	

¹⁾ Temps pour calcul de moyennes

<http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit/innenraumhygiene/richtwerte-irluft.htm>

e.g. Valeurs Guide (VG) pour contaminants gazeux de l'air intérieur

- VG I est la concentration en dessous de laquelle aucun effet sur la santé n'est prévisible même en cas d'exposition sur toute une vie, à une substance unique (= concentration cible).
- En cas de concentrations supérieures aux VG II, des mesures immédiates doivent être prises, parmi elles une réduction du temps d'exposition, et une réduction des sources d'émission.
- Aux niveaux compris entre VG I and VG II, augmentation du renouvellement d'air et nettoyage sont les premières étapes requises. Si les concentrations continuent d'excéder les VG I, des mesures plus poussées sont recommandées.

- Basés sur le concept TCOV (cf. Seifert 1990), 5 niveaux avec recommandations spécifiques sont définies, partant du principe que les GVs ne sont pas dépassées:

Level 1: $\text{TCOV} < 0.3 \text{ mg/m}^3$: Pas d'impact sur l'hygiène, valeur cible.

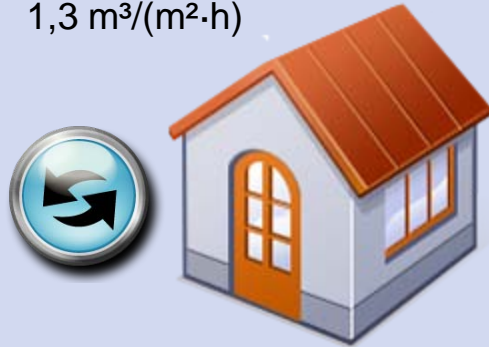
Level 2: $\text{TVOC} > 0.3\text{--}1 \text{ mg/m}^3$: Pas d'impact spécifique, mais augmentation de la ventilation recommandée.

Level 3: $\text{TCOV} > 1\text{--}3 \text{ mg/m}^3$: Quelques impacts sur l'hygiène dus à l'élévation du niveau de concentration. Niveau supérieur pendant un maximum de 12 mois. Recherche des sources, augmentation de la ventilation recommandée.

Level 4: $\text{TCOV} > 3\text{--}10 \text{ mg/m}^3$: Impacts majeurs. Ne peut être toléré > 1 month. Utilisation restreinte. Recherche des sources, intensification de la ventilation nécessaire.

Level 5: $\text{TCOV} > 10\text{--}25 \text{ mg/m}^3$: Situation inacceptable. Utilisation seulement si inévitable pour de courtes périodes (hours) uniquement avec une ventilation intensive.

Echange d'air naturel
1,3 m³/(m²·h)



Habitation faible étanchéité

30 m² par personne
espaces techniques et de vie

DIN 1946 demande
> 30 m³/h par personne

Echange d'air naturel
0,6 – 0,2 m³/(m²·h)



Habitation haute étanchéité
(a/s centrale d'air)

Classes QAI selon EN 13779

Classe de qualité d'air	Qualité d'air intérieur	Concentration CO ₂ en ppm ¹	Apport d'air neuf / personne en m ³ /h
IDA 1	High	< 400	> 54
IDA 2	Medium	400 – 600	36 – 54
IDA 3	Moderate	600 – 1.000	22 – 36
IDA 4	Low	> 1.000	< 22

39 m³/h
par personne

6 - 18 m³/h
par personne

¹ niveau au dessus de l'air extérieur

Echange d'air naturel
1,3 m³/(m²·h)



Bâtiment faible étanchéité

20 m² par personne
surface occupée

DIN 1946 demande
> 30 m³/h par personne

Echange d'air naturel
0,6 – 0,2 m³/(m²·h)



Bâtiment haute étanchéité
(a/s centrale d'air)

Classes de QAI selon EN 13779

Classe de qualité d'air	Qualité d'air intérieur	Concentration CO ₂ en ppm ¹	Apport d'air neuf / personne en m ³ /h
IDA 1	High	< 400	> 54
IDA 2	Medium	400 – 600	36 – 54
IDA 3	Moderate	600 – 1.000	22 – 36
IDA 4	Low	> 1.000	< 22

26 m³/h
par personne

4- 12 m³/h
par personne

¹ niveau au dessus de l'air extérieur



Les grands immeubles de bureau utilisent des systèmes HVAC pour assurer un apport d'air neuf suffisant !

Il n'existe pas à aujourd'hui de valeurs d'IDA requises. Ni dans les bureaux, ni dans les bâtiments résidentiels et non résidentiels.

Classes de QAI selon EN 13779

Classe de qualité d'air	Qualité d'air intérieur	Concentration CO ₂ en ppm ¹	Apport d'air neuf / personne en m ³ /h
IDA 1	High	< 400	> 54
IDA 2	Medium	400 – 600	36 – 54
IDA 3	Moderate	600 – 1.000	22 – 36
IDA 4	Low	> 1.000	< 22

→
A
considérer
par défaut

¹ niveau au dessus de l'air extérieur

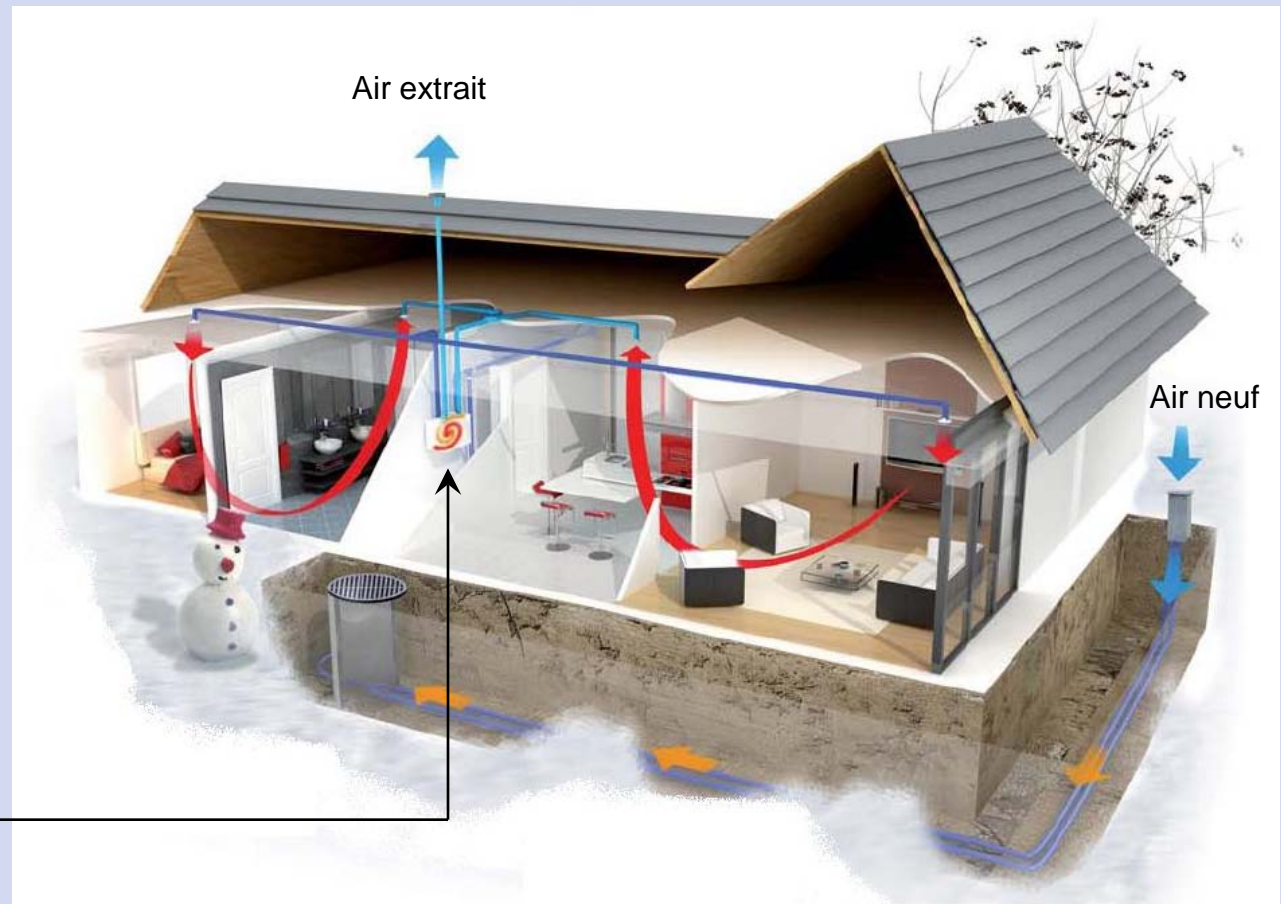
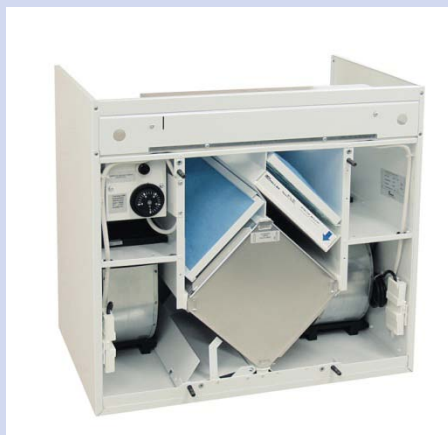
Outdoor Air Quality	Indoor Air Quality			
	IDA 1 (High)	IDA 2 (Medium)	IDA 3 (Moderate)	IDA 4 (Low)
ODA 1 (air pur)	F9	F8	F7	F5
ODA 2 (air poussiéreux)	F7 + F9	F6 + F8	F5 + F7	F5 + F6
ODA 3 (conc. Très élevées de poussière ou de gaz)	F7 + GF + F9	F7 + GF + F9	F5 + F7	F5 + F6

GF = Gas filtration

- Recyclage d'air, la classe F5 est recommandée comme minimum
- Pour les systèmes à récupération de chaleur, il est recommandé d'utiliser la même classe de filtration pour l'air extrait que pour l'apport d'air neuf

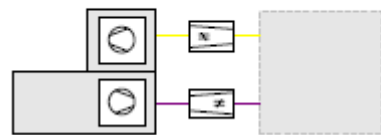
Concept for mechanical ventilation of residential houses

Centrale de traitement d'air avec filtre à air et échangeur de chaleur

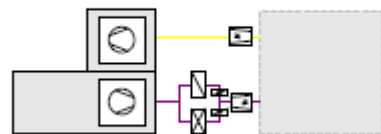


Consommation énergétique des ventilateurs dans les centrales de traitement d'air

Centrale à contrôle de débit variable



Einkanal-VVS-Anlage



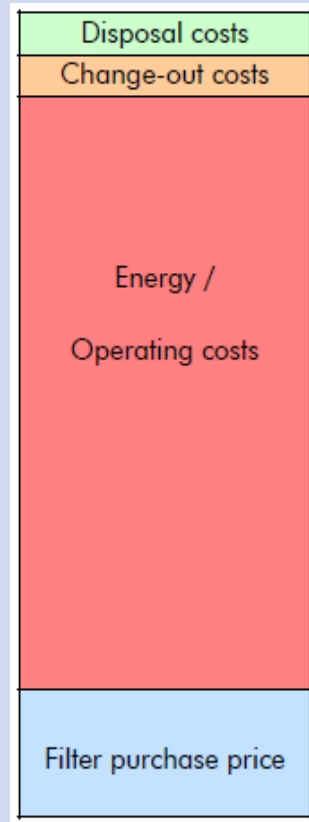
Zweikanal-VVS-Anlage

15-20% de la consommation électrique totale de pays comme UK ou Suisse provient des ventilateurs des centrales de traitement d'air.

De l'ordre de 1/3 de cette consommation est lié à la **perte charge des filtres à air**

Economie d'énergie
= Réduction de coût
= Réduction de CO₂

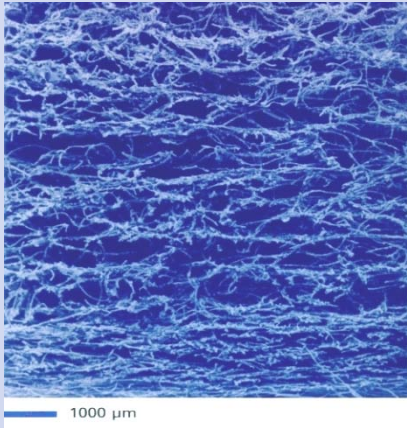
Des filtres à air à haute efficacité énergétique permettent d'économiser l'énergie



Répartition caractéristique des coûts totaux

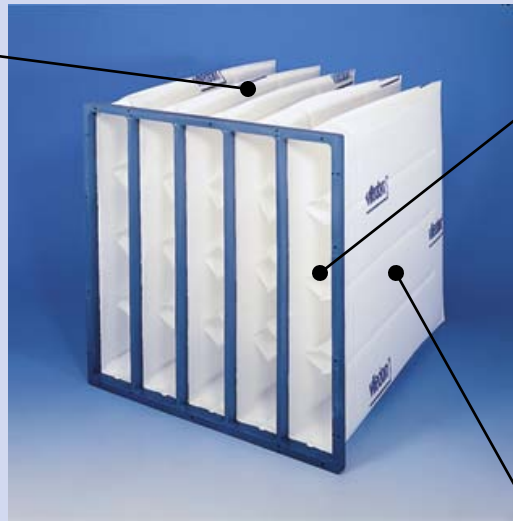
70-80% des coûts de filtration sont les coûts énergétiques

20-30% sont les coûts d'achat, de changement et d'élimination des filtres



Média filtrant à structure progressive:

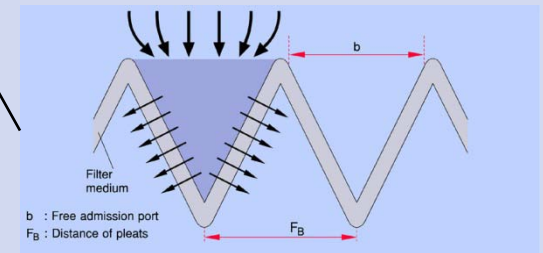
Grande capacité de rétention, amenant une montée en perte de charge plus lente en cours d'exploitation



Poches rigides autoportantes avec une **géométrie aérodynamique optimale**

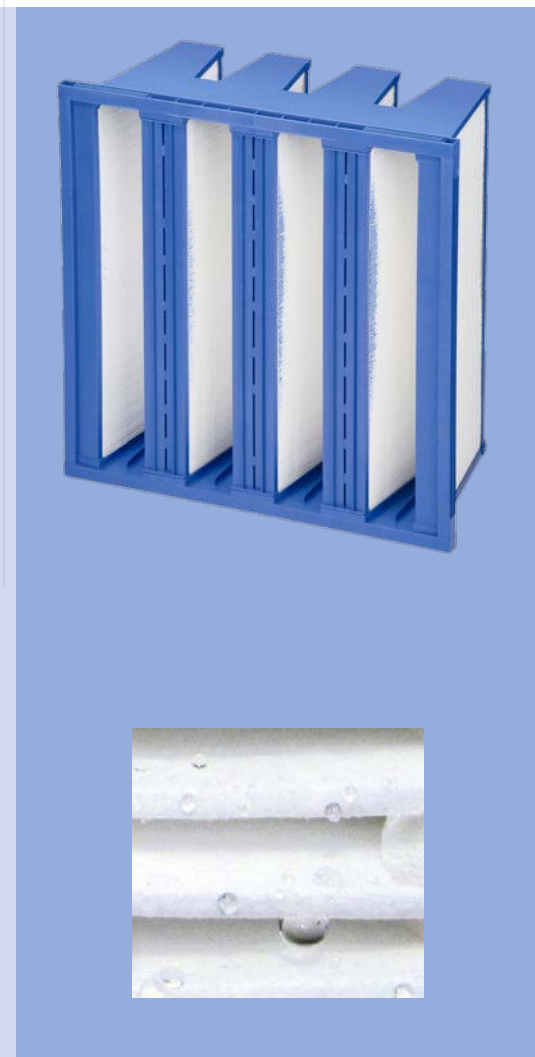


Espaceurs Stabilisateurs pour formage aérodynamique des poches filtrantes



Filtres rigides NanoPleat Viledon

- Média nontissé hybride à nano fibres synthétiques : Média filtrant fait de fibres synthétiques incassables et nanofibres
- Sans fibres de verre
- Grande efficacité de rétention, constante dans le temps, et sous toutes conditions d'exploitation
- Haute résistance aux agents chimiques et à l'humidité jusqu'à 100% d'humidité rel.
- La très grande solidité et stabilité du média plissé HSN procure une sureté d'exploitation optimale, et minimise les risques de dommages durant les manipulations
- Energy-saving operating characteristics, with a slow increase in the pressure drop Economie en énergie, grâce à une évolution lente de la perte de charge
- Répond à tous les critères d'hygiène requis pour les systèmes HVAC selon l'EN 13779 et le guide de recommandations 6022 du VDI Allemand



$$E = \frac{\dot{V} \cdot \overline{\Delta p} \cdot t}{\eta \cdot 1000}$$

E Energie en kWh

\dot{V} Débit en m³/s

$\overline{\Delta p}$ Perte de charge moyenne en Pa

t Temps d'utilisation en heures

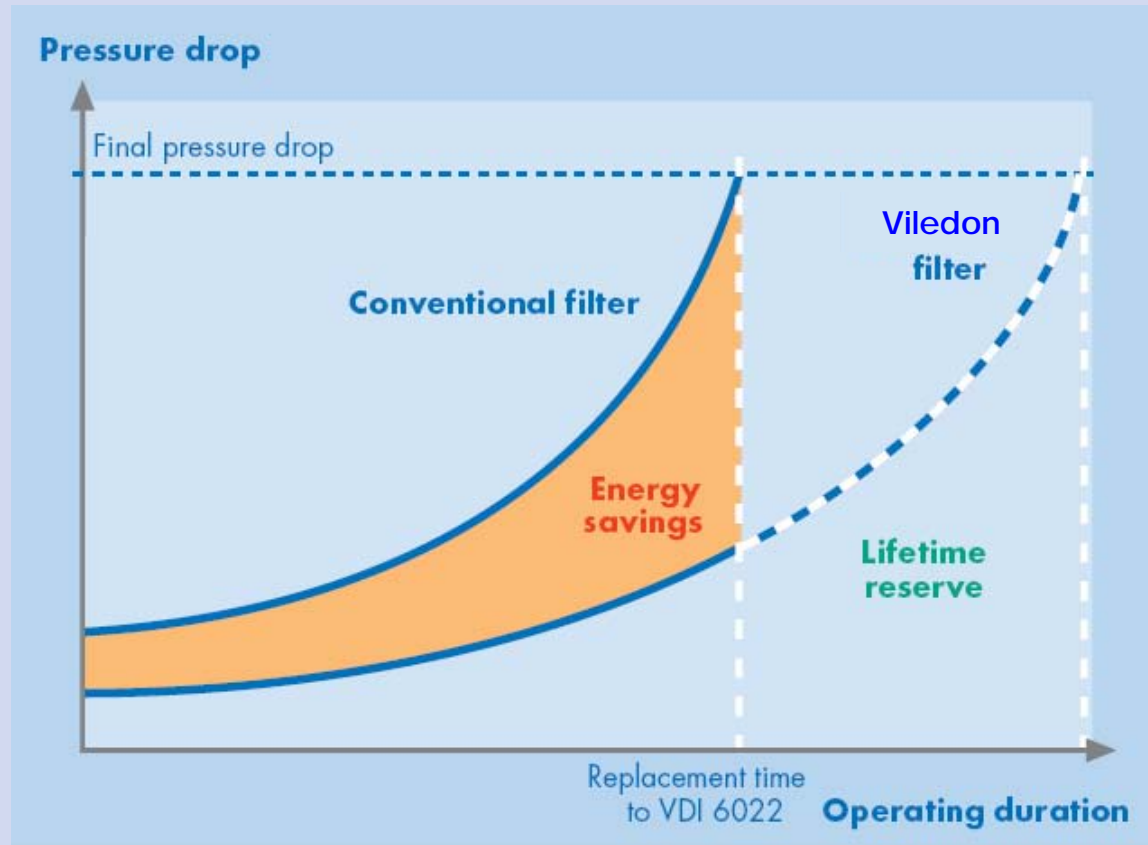
η Rendement du ventilateur

Sur 1 an (8760 hours), à 1 m³/s (3600 m³/h) Un filtre avec une perte de charge moyenne de **100 Pa** consomme **1250 kWh** si le rendement du ventilateur est de 70%.

Le coût de la **consommation énergétique** du filtre est généralement plus élevé que le **coût du filtre** lui-même, et une réduction de sa perte de charge génère une baisse significative et proportionnelle de la consommation énergétique .

Une diminution de la PdC de 10 Pa génère 125 kWh d'économie dans cet exemple.

Perte de charge = Pertes énergétique des filtres à air



Energy-Efficiency Classes	Filter Classes to EN 779 and pressure drop ranges						
	G 3	G 4	F 5	F 6	F 7	F 8	F 9
EE Class 1	0-35 Pa: G 35 SL	0-35 Pa: F 40	0-55 Pa: F 50	0-70 Pa: T 60	0-100 Pa: T 90, T 90*	0-130 Pa: MX 95*	0-160 Pa: MX 98*
EE Class 2	35-40 Pa: G 35 S	35-40 Pa: F 45 S	55-65 Pa	70-85 Pa: MF 70	100-120 Pa: MX 85* MF 90*	130-155 Pa: MF 95*	160-190 Pa
EE Class 3	40-45 Pa	40-45 Pa	65-75 Pa	85-100 Pa	120-140 Pa	155-180 Pa	190-220 Pa
EE Class 4	45-50 Pa	45-50 Pa	75-85 Pa	100-115 Pa	140-160 Pa	180-205 Pa	220-250 Pa
EE Class 5	50-... Pa	50-... Pa	85-... Pa	115-... Pa	160-... Pa	205-... Pa	250-... Pa

Les valeurs de pertes de charge sont des valeurs moyennes déterminées sur la durée de vie entière du filtre par un test de laboratoire standardisé



Objectif

Un système de filtration performant peut réduire la consommation énergétique.

L'installation

CTAs sur un site micro-électronique au Royaume-Uni

Les systèmes de filtration

Filtre rigide Viledon MX 85 F7
vs préfiltre G4 + poche filtrante F7.

L'équipement de mesure

Sinergy e-Tracker – système dédié de suivi de consommation électrique et énergétique.



Système existant



Local technique
(CTA gauche et droite)

Détails de filtration

2 CTA travaillant en tandem et fournissant l'air d'une salle blanche de fabrication. Chaque CTA est contrôlée par un registre (inverter) indépendant.

Système Viledon

Du fait de la très grande capacité de rétention du filtre Viledon MaxiPleat, la durée de vie requise peut être atteinte sans préfiltre.

6 x 592 x 592 x 292 – filtre MX 85 (F7)

Fiche technique: 4250 m³/h @ 120pa

3 x 287 x 592 x 292 – filtre MX 85 (F7)

Fiche technique: 2000 m³/h @ 120pa

(31,500 m³/h @ 120pa)

Δp initiale mesurée = 42 pa

Système existant

6 x 24" x 24" x 2" – pré-filtre G4

Fiche technique: 3240 m³/h @ 60pa

3 x 12" x 24" x 2" – pré-filtre G4

Fiche technique: 1620 m³/h @ 60pa

6 x 592 x 592 x 550 – poche synthétique F7

Fiche technique: 3240 m³/h @ 85pa

3 x 287 x 592 x 550 – poche synthétique F7

Fiche technique: 1620 m³/h @ 85pa

(24,300 m³/h @ 145pa)

Δp initiale mesurée = 82pa

Systeme Viledon



Systeme existant

Système Viledon

Résultat de test

Consommation moyenne 8,68 kW

kWh/ an = 76011

Coût annuel = 6515 €

Système existant

Résultat de test

Consommation moyenne 10,40 kW

kWh/an = 91108

Coût annuel = 7809 €

Economie énergétique 1294 €

= 17%

Summary

- Une bonne et saine QAI nécessite une ventilation suffisante intégrant une filtration fine de l'air neuf et de l'air recyclé, et dans le cas d'échangeurs de chaleur, de l'air extrait aussi.
- La filtration d'air coûte de l'énergie et de l'argent !
- Des filtres à air de haute qualité et à performance énergétique élevée permettent de réduire la consommation énergétique. Ils contribuent alors à une ventilation économique des bâtiments, ainsi qu'à une bonne QAI.
- Actuellement Eurovent prépare une directive définissant un système de classification énergétique des filtres à air. Celui-ci aidera les exploitants à sélectionner les filtres appropriés. Des travaux similaires viennent de démarrer récemment au sein de l'ISO/TC 142.



energy efficiency
performance



Des questions ?