

LES PERFORMANCES DE LA VENTILATION

L'ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DE LA VENTILATION

- UNE BONNE QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR
- LES PERFORMANCES ACOUSTIQUES
- LES PERFORMANCES ÉNERGÉTIQUES
- L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR
 - L'étanchéité à l'air de l'enveloppe extérieure
 - L'étanchéité à l'air des conduits de ventilation
- LA SÉCURITÉ INCENDIE
- L'ENTRETIEN ET LA FACILITÉ DE L'EMPLOI

LA PARTICIPATION DE LA VENTILATION DANS LE BILAN ÉNERGÉTIQUE D'UN LOGEMENT

LA VENTILATION ET LA FILTRATION

- LES OBJECTIFS DE LA FILTRATION
- CLASSIFICATION DES FILTRES
- LE DEGRÉ DE FILTRATION
- LE CHOIX DU TYPE DE FILTRE

LA VENTILATION AVEC RÉCUPÉRATION DE CHALEUR

- LES ÉCHANGEURS DE CHALEUR PLATS
- LES POMPES À CHALEUR
- LA MÉTHODE DES ROULEAUX (RUN-AROUND COILS)
- LES CYLINDRES THERMIQUES

LA VENTILATION ET LE REFROIDISSEMENT

- LE REFROIDISSEMENT PAR L'AIR EXTÉRIEUR
- LE REFROIDISSEMENT MÉCANISÉ

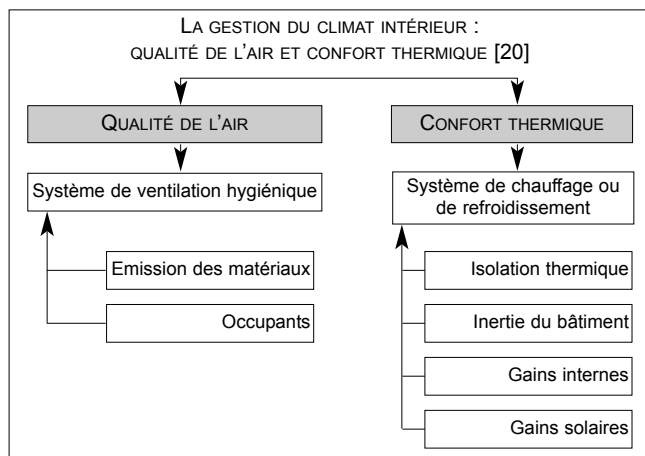
LES DISPOSITIFS CONCURRENTS DE L'INSTALLATION DE VENTILATION

- LES HOTTES DE CUISINE
 - Les débits d'extraction
 - Les amenées d'air complémentaires
 - Les conduits d'évacuation
- LES APPAREILS À COMBUSTION
 - Quelques solutions

LES PERFORMANCES DE LA VENTILATION

L'ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DE LA VENTILATION

L'efficacité d'une installation de ventilation doit permettre d'atteindre les objectifs suivants.



TYPE DE LOCAL	VITESSES MAXIMALES ADMISSIBLES [m/s]			
	GAINE PRINCIPALE	DERIVATION	GRILLE / BOUCHE	ENTREE D'AIR
Chambre	5	2 - 4	0,5 - 2	1
Bureau	5 - 6	2 - 4	1 - 2	1
Atelier	8 - 10	6	1 - 5	2,5 - 4

VITESSES MAXIMALES ADMISSIBLES AU NIVEAU DU BRUIT DANS UN RÉSEAU DE DISTRIBUTION DE L'AIR [m/s] [34]

UNE BONNE QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR

Afin de garantir une bonne qualité de l'air intérieur dans un bâtiment, il faut amener de l'air neuf dans les locaux afin de diluer les polluants qui y sont émis ; cette ventilation hygiénique doit s'opérer de façon à respecter le confort thermique de l'habitant.

Ces deux notions (qualité de l'air et confort thermique) ont déjà été développées antérieurement.

LES PERFORMANCES ACOUSTIQUES

Il importe qu'une ventilation appropriée soit assurée sans créer des problèmes acoustiques de natures diverses. Les plus fréquents sont les suivants :

- la diminution de l'isolation acoustique des façades (par des grilles d'amenées d'air, par exemple) accroissant la gêne provoquée par les bruits extérieurs (voir page A2-3 de l'Annexe 2) ;
- la nuisance acoustique générée par les conduits d'alimentation et d'évacuation. Les vitesses de l'air maximales admissibles dans les conduits sont données dans le tableau ci-contre ;
- la diminution de l'isolation acoustique au droit des parois et des portes intérieures (par les ouvertures de transfert, par exemple) ;
- la nuisance acoustique occasionnée par des sources situées en dehors de l'habitation (ventilateurs-tourelles, par exemple).

Plusieurs de ces problèmes se résolvent facilement :

- la localisation judicieuse des fonctions dans un bâtiment permet de satisfaire une grande part de l'isolement acoustique requis soit en disposant des locaux tampons entre les locaux bruyants et les locaux calmes, soit en rassemblant les locaux bruyants.
- il est parfois intéressant de placer les conduits de ventilation dans des gaines maçonnées afin d'améliorer leur isolement aux bruits aériens ;
- afin de réduire la propagation des vibrations de certains appareils (ventilateurs, etc.) à la structure du bâtiment, il faut insérer des supports élastiques antivibratoires ;
- les conduits aérauliques peuvent être garnis de panneaux absorbants ; ceux-ci ont pour désavantage d'augmenter les pertes de charge, de retenir les poussières et de favoriser le développement de milieux peu hygiéniques. Le placement de ces panneaux est donc limité aux endroits où ils sont les plus efficaces, à savoir aux changements de direction (coudes) où il y a le plus de réflexions de l'onde acoustique sur les parois ;
- le placement de silencieux permet d'absorber le bruit véhiculé par le réseau. Les silencieux doivent encadrer la source sonore (souvent le ventilateur) tant du côté réseau que du côté amenée d'air extérieur.

LES PERFORMANCES DE LA VENTILATION

LES PERFORMANCES ÉNERGÉTIQUES

Ventiler au coût énergétique juste signifie optimiser l'installation de ventilation pour minimiser les consommations énergétiques, tout en préservant la qualité de l'air. Ce type de ventilation nécessite (voir schéma ci-contre) [20] :

- une bonne étanchéité à l'air de l'enveloppe extérieure du bâtiment ;
- une réduction maximale des sources polluantes ;
- une installation de ventilation adéquate ;
- une gestion optimale de l'installation de ventilation en fonction des besoins.

L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR DE L'ENVELOPPE EXTÉRIEURE [20]

La figure ci-contre illustre l'importance de l'étanchéité à l'air du bâtiment dans une stratégie de ventilation économe en énergie. Elle montre la variation du débit total de ventilation dans un bureau en fonction de l'étanchéité à l'air du bâtiment n_{50} (pour une différence de pression de 50 Pa).

Si β est le taux de renouvellement d'air par infiltration, $\beta = n_{50} / 20$ [vol/h] (voir page 14).

Les hypothèses de calcul sont les suivantes :

- 15 m² de surface du local ;
- 30 m³/h de débit de ventilation hygiénique ;
- 3 m de hauteur sous plafond ;
- pas d'interaction entre le système de ventilation et l'infiltration naturelle de l'air.

Le graphique montre que pour une valeur n_{50} de 10 vol/h (bâtiment peu étanche), presque la moitié du débit de ventilation du bureau est due à l'infiltration naturelle.

La mauvaise étanchéité d'un bâtiment peut ruiner les efforts déployés pour optimiser l'installation de ventilation.

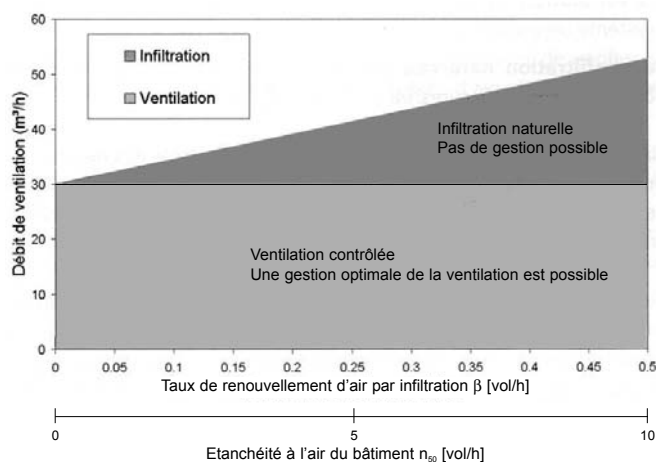
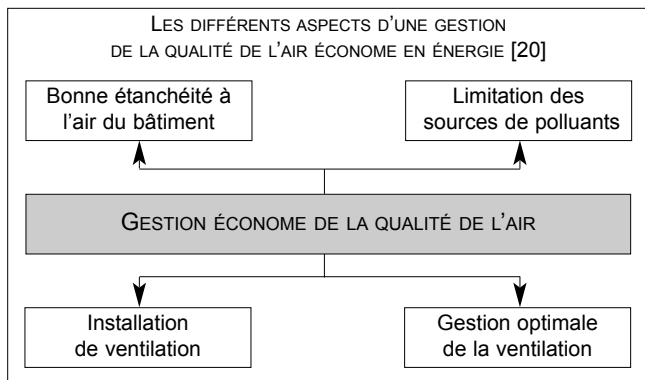
L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR DES CONDUITS DE VENTILATION

Les conduits de ventilation doivent être suffisamment étanches à l'air pour éviter d'insuffler de l'air dans les espaces techniques, dans les couloirs, etc.

La norme EUROVENT 2/2 [20] définit des classes d'étanchéité basées sur le rapport entre la quantité de fuite dans les conduits et la surface du système de distribution d'air (voir tableau ci-contre).

En Belgique, la plupart des installations de ventilation étudiées ont une performance inférieure ou égale à la classe A de cette norme.

LES DIFFÉRENTS ASPECTS D'UNE GESTION DE LA QUALITÉ DE L'AIR ÉCONOME EN ÉNERGIE [20]



DÉBIT DE VENTILATION DANS UN BUREAU EN FONCTION DE L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR DU BÂTIMENT [20]

Taux de fuite (m ³ /s.Pa ^{-0.65})	Surface de fuite équivalente en cm ² par m ² de conduit ⁵	Classe EUROVENT
0.009 10 ⁻³ <...≤ 0.027·10 ⁻³	0.21 <...≤ 0.64	A
0.003 10 ⁻³ <...≤ 0.009·10 ⁻³	0.07 <...≤ 0.21	B
...≤ 0.003·10 ⁻³	...≤ 0.07	C

CLASSE D'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR DES CONDUITS DE VENTILATION SELON LA NORME EUROVENT 2/2 [20]

EXIGENCES S'APPLIQUANT À LA VENTILATION, EN MATIÈRE DE SÉCURITÉ INCENDIE [29]

• Dans les immeubles collectifs (bâtiments bas, moyens ou élevés)

- Aucun local ou espace confiné, même sous comble ou en sous-sol, ne peut être intégré au réseau de conduits d'air, à moins de satisfaire aux prescriptions imposées aux conduits.
- Aucune cage d'escalier ne peut servir à l'alimentation ou à l'évacuation d'air d'autres locaux.
- L'air extrait des locaux présentant des risques particuliers d'incendie (local de stockage de produits inflammables, chaufferie, cuisine, garage, parking, etc.) ne peut pas être remis en circulation ; il doit être évacué vers l'extérieur.

L'air extrait d'autres locaux peut être :

- soit remis en circulation vers les mêmes locaux, à condition que le conduit de recyclage soit équipé d'un clapet coupe-fumée conforme au point 6.7.5 de l'Arrêté du 19 décembre 1997 [29] ;
- soit pulsé dans d'autres locaux s'il sert à compenser l'évacuation d'air des systèmes d'extraction mécanique avec évacuation vers l'extérieur, à condition qu'il y ait un clapet coupe-fumée supplémentaire et un système de conduits destiné à l'évacuation vers l'extérieur de cet air recyclé.

Dans les deux cas, si l'air recyclé contient des fumées, il est automatiquement évacué à l'extérieur.

Les dispositions précitées ne sont cependant pas requises pour les groupes de traitements d'air ayant un débit inférieur ou égal à 5.000 m³/h et ne desservant qu'un local.

- Les conduits d'air doivent être conformes au point 6.7.2 de l'Arrêté [29].
- Les traversées de parois par des conduits d'air doivent en règle générale répondre au point 3.1 de l'Arrêté [29].
- Aucun conduit d'air ne peut traverser une paroi pour laquelle une résistance au feu supérieure ou égale à 1 heure est exigée, et aucun conduit d'air ne peut traverser une paroi d'une gaine pour laquelle une résistance au feu supérieure ou égale à 1/2 heure est exigée, sauf s'il satisfait à une des conditions décrites au point 6.7.3.2 de l'Arrêté [29].

Les conduits d'air situés dans des gaines qui leur sont exclusivement réservées et qui débouchent, à leur extrémité supérieure, dans un local technique contenant uniquement les groupes de traitement d'air qu'ils relient, peuvent traverser les parois du local technique sans dispositifs complémentaires.

- Les clapets résistants au feu doivent être conformes au point 6.7.4 de l'Arrêté [29].

• Dans les maisons d'habitation

Une maison unifamiliale est considérée comme un seul compartiment. En cas d'incendie, les ventilateurs doivent être arrêtés.

LA SÉCURITÉ INCENDIE [13]

Un incendie peut se déclarer dans les conduits ou les gaines, notamment lorsque :

- la poussière n'est pas suffisamment retenue dans les filtres ;
- des conduits inflammables sont utilisés ;
- les moteurs placés dans les conduits s'enflamment.

Une installation de ventilation doit avant tout être conçue et réalisée de façon à ce que :

- la fumée et les flammes ne puissent se propager, par les gaines, dans tout le bâtiment ;
- les éléments de construction traversés par les gaines conservent leur résistance au feu.

L'encadré ci-contre reprend les exigences s'appliquant en matière de sécurité incendie.

L'ENTRETIEN ET LA FACILITÉ DE L'EMPLOI

- Il est préférable d'utiliser des dispositifs facilement accessibles à l'entretien et/ou nécessitant peu d'entretien.
- Il est nécessaire de prévoir, surtout dans les habitations, un accès simple et aisé du pilotage et/ou du réglage de l'installation de ventilation.

LES PERFORMANCES DE LA VENTILATION

LA PARTICIPATION DE LA VENTILATION DANS LE BILAN ÉNERGÉTIQUE D'UN LOGEMENT

LE TABLEAU DE LA PAGE SUIVANTE DONNE, POUR DES QUALITÉS PROGRES- SIVES DE L'ISOLATION THERMIQUE :

- le niveau d'isolation thermique global K ;
 - la participation de la ventilation (naturelle ou mécanique) dans le bilan énergétique global ;
 - le budget alloué aux consommations de chauffage (ni les apports internes ni les apports solaires ne sont pris en compte) et d'électricité (engendrée par la ventilation mécanique). Il est calculé sur l'ensemble de la vie du bâtiment (fixée à 30 ans), et inclut l'investissement propre à l'isolation et à la ventilation.
- Sur une période de 30 ans, une installation de ventilation nécessite la remise à neuf et le renouvellement de certaines pièces ; afin d'estimer le coût de cette maintenance nous avons supposé qu'elle consiste au :
- remplacement du groupe de ventilation au moins une fois sur 30 ans ;
 - remplacement des bouches de pulsion et d'extraction tous les 10 ans ;
 - nettoyage ou remplacement des filtres tous les ans.

Les hypothèses choisies pour les maisons d'habitation sont les suivantes :

- la superficie totale habitable des logements est de 100 m², pour un volume habitable de 250 m³ ;
- les fenêtres comportent des châssis en bois munis de double vitrage clair, à raison d'un total de 15 m² de fenêtres pour 100 m² habitables ;
- les planchers sont sur caves ;
- selon la réglementation, les **débîts nominaux** sont les suivants :

		SURFACE [m ²]	DÉBITS SELON NORME [m ³ /h]	TOTAL [m ³ /h]
ALIMENTATION	Séjour	35	126	216
	Chambre 1	15	54	
	Chambre 2	12	36	
EXTRACTION	Cuisine	15	75	150
	Salle-de-bain	12	50	
	W.-C.	1,5	25	
	Hall / couloirs	9,5	-	
Taux de ventilation $\beta = 216 / 250 = 0,86 \text{ h}^{-1}$				

- le **débit d'air amené** pour ces types d'habitations est de 216 m³/h, ce qui équivaut à un renouvellement d'air de 0,86 vol/h. Les dispositifs de ventilation doivent donc être dimensionnés afin d'assurer un tel débit.
- Pour la ventilation naturelle, les débits d'air sont ceux explicités à la page 9 ;
- Pour la ventilation mécanique simple flux, le débit d'air nominal est de 216 m³/h, mais il peut être adapté aux besoins. Ainsi, le débit d'air est de 216 m³/h durant 4 heures (lors de la préparation des repas) et peut être réduit à 151 m³/h le reste du temps ;
- Pour la ventilation mécanique double flux avec ou sans récupération de chaleur, le débit d'air peut être diminué durant la nuit (8 heures) : il est de 106 m³/h. En journée, il est de 216 m³/h durant 4 heures et de 151 m³/h pendant les 12 heures restantes.
- pour la ventilation mécanique, on suppose que l'installation fonctionne 24 heures par jour, 365 jours par an, soit **8.760 heures par an**, dont **5.110 heures** durant la saison de chauffe (du 15 septembre au 15 mai) et **3.650 heures** en été.
- la consommation de chauffage : que l'air soit préchauffé avant son introduction dans le bâtiment ou pas, la consommation liée au chauffage de l'air neuf s'estime par :

$$\text{Cons}_{\text{ch}} = 0,34 \times q_v \times \Delta T_{\text{moy}} \times t / \eta_{\text{ch}} \quad [\text{Wh/an}]$$

où Cons_{ch} = consommation énergétique pour le chauffage de l'air neuf [Wh/an] ;

q_v = débit d'air neuf [m³/h] ;

0,34 = capacité calorifique de l'air [Wh/m³.K] ;

ΔT_{moy} = différence entre la température de consigne de l'ambiance et la température extérieure moyenne [°C] ;

t = nombre d'heures de fonctionnement annuel durant la saison de chauffe [h/an] ;

η_{ch} = rendement moyen saisonnier de l'installation de chauffage.

- La consommation électrique des ventilateurs dépend du rendement global du système (moteur, transmission, ventilateur) et des pertes de charge du circuit de distribution de l'air (pulsion et extraction).

Celles-ci varient en fonction de la configuration du réseau. Nous prenons une valeur, couramment rencontrée dans des installations de qualité moyenne, de **1.500 Pa** (1.000 Pa pour la pulsion et 500 Pa pour l'extraction).

Dans les systèmes de ventilation mécanique (simple ou double flux), la consommation électrique du (des) ventilateur(s) s'estime par :

$$\text{Cons}_{\text{el}} = (q_v / 3.600) \times \Delta p \times t / \eta_{\text{vent}} \quad [\text{Wh/an}]$$

où Cons_{el} = consommation énergétique du transport de l'air [Wh/an] ;

q_v = débit d'air neuf [m³/h] ;

3.600 = facteur de conversion des débits de [m³/h] en [m³/s] ;

Δp = pertes de charge (pulsion + extraction) [Pa] ;

t = durée de fonctionnement [h/an] ;

η_{vent} = rendement global du système de ventilation (moyenne entre pulsion et extraction).

Cependant, toute cette consommation ne doit pas toujours être considérée comme une perte car une partie de celle-ci est récupérée pour le chauffage de l'air neuf.

- le **rendement global** [moteur, transmission, ventilateur] des ventilateurs est estimé à **0,65**, tandis que celui de l'installation de chauffage est estimé à **0,6**.
- la **température** extérieure moyenne diurne durant la saison de chauffe est de **8,5 °C**, tandis que la température de consigne des locaux est de **20 °C**.

Pour la ventilation mécanique double flux avec récupération de chaleur, on suppose que la température de soufflage de l'air est de 15 °C.

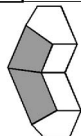
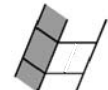
Les hypothèses choisies pour l'immeuble de bureaux sont identiques à celles prises pour les maisons d'habitation sauf les adaptations suivantes :

- la superficie totale est de 500 m², pour un volume chauffé de 1.600 m³. L'immeuble est mitoyen et comporte 5 niveaux ;
- les fenêtres comportent des châssis en bois munis de double vitrage clair, à raison d'un total de 96 m² ;
- les planchers sont sur caves ;
- selon l'Arrêté du Gouvernement Wallon du 15 février 1996, les **débîts nominaux** sont les suivants :

		SURFACE [m²]	DÉBITS SELON NORME [m³/h]	TOTAL [m³/h]
ALIMENTATION	Salles de réunion	41	356	1166
	Bibliothèque	12	29	
	Bureaux	271	677	
	Réfectoire	9	104	
EXTRACTION	Cuisine	6	75	317
	W.-C. 1	1,4	30	
	W.-C. 2	2,8	30	
	W.-C. 3	1,8	30	
	W.-C. 4	2,8	30	
	Douche	2	30	
	Hall / couloirs	26	92	
Taux de ventilation $\beta = 1166 / 1600 = 0.73 \text{ h}^{-1}$				

- le **débit d'air amené** doit être de 1.166 m³/h, ce qui équivaut à un renouvellement d'air de 0,73 vol/h. Les dispositifs de ventilation doivent donc être dimensionnés afin d'assurer ce débit ;
- le cas de la ventilation naturelle seule est donné à titre d'information, car il n'est pas approprié à ce type de bâtiment, la norme imposant, au minimum, une ventilation mécanique simple flux (extraction au départ des locaux sanitaires) ;
- pour la ventilation mécanique, on suppose que l'installation fonctionne 15 heures par jour, 250 jours par an, soit **3.750 heures** par an dont **2.500 heures** durant la période de chauffe et **1.250 heures** en été. Le débit d'air est de 1.166 m³/h durant 4 heures et peut être réduit à 820 m³/h durant les 11 heures restantes de la période d'occupation.

LES PERFORMANCES DE LA VENTILATION

Type de bâtiment	Qualité Isolation thermique	U parois [W/m²K]				Niveau K	Consommation d'énergie avec une VENTILATION NATURELLE (système A)				Consommation d'énergie avec une VENTILATION MÉCANIQUE SIMPLE FLUX (système Q)				Consommation d'énergie avec une VENTILATION MÉCANIQUE DOUBLE FLUX (système D)				Consommation d'énergie avec une VENTILATION MÉCANIQUE DOUBLE FLUX (système D) AVEC RECUPERATION DE CHALEUR (système D)			
		T = toitures / M = murs / F = fenêtres / P = planchers					en kWh/an	Enveloppe Ventilation Électricité	Budget sur 30 ans (isolation + chauffage + électricité) [en Euro]	en kWh/an	Enveloppe Ventilation Électricité	Budget sur 30 ans (isolation + chauffage + électricité) [en Euro]	en kWh/an	Enveloppe Ventilation Électricité	Budget sur 30 ans (isolation + chauffage + électricité) [en Euro]	en kWh/an	Enveloppe Ventilation Électricité	Budget sur 30 ans (isolation + chauffage + électricité) [en Euro]				
		T	M	F	P																	
 De plain-pied	Non isolé	4,2	2,3	2,7	1,5	K208	58 340 8 631 0		69 000	58 340 5 395 303		71 200	58 340 4 360 825		75 200	58 340 1 326 825		73 100				
	Pour K55	0,3	0,5	2,7	0,6	K48	13 432 8 631 0		28 700	13 432 5 395 303		30 900	13 432 4 360 825		34 800	13 432 1 326 825		32 800				
	Pour K45	0,3	0,4	1,6	0,6	K39	11 056 8 631 0		27 300	11 056 5 395 303		29 500	11 056 4 360 825		33 500	11 056 1 326 825		31 500				
	Pour K35	0,2	0,3	1,5	0,4	K29	8 267 8 631 0		25 600	8 267 5 395 303		27 800	8 267 4 360 825		31 800	8 267 1 326 825		29 800				
 2 niveaux seule	Non isolé	4,2	2,3	2,7	1,5	K214	43 723 8 631 0		54 400	43 723 5 395 303		56 600	43 723 4 360 825		60 000	43 723 1 326 825		58 300				
	Pour K55	0,3	0,5	2,7	0,6	K55	11 198 8 631 0		25 100	11 198 5 395 303		27 300	11 198 4 360 825		30 800	11 198 1 326 825		29 000				
	Pour K45	0,3	0,4	1,6	0,6	K43	8 768 8 631 0		23 400	8 768 5 395 303		25 600	8 768 4 360 825		29 000	8 768 1 326 825		27 300				
	Pour K35	0,2	0,3	1,5	0,4	K33	6 764 8 631 0		22 200	6 764 5 395 303		24 400	6 764 4 360 825		27 800	6 764 1 326 825		26 100				
 2 niveaux mitoyen	Non isolé	4,2	2,3	2,7	1,5	K187	31 719 8 631 0		42 400	31 719 5 395 303		44 200	31 719 4 360 825		47 100	31 719 1 326 825		45 400				
	Pour K55	0,3	0,5	2,7	0,6	K42	8 588 8 631 0		21 600	8 588 5 395 303		23 500	8 588 4 360 825		26 300	8 588 1 326 825		24 600				
	Pour K45	0,3	0,4	1,6	0,6	K33	6 680 8 631 0		20 200	6 680 5 395 303		22 100	6 680 4 360 825		25 000	6 680 1 326 825		23 200				
	Pour K35	0,2	0,3	1,5	0,4	K25	5 177 8 631 0		19 300	5 177 5 395 303		21 100	5 177 4 360 825		24 000	5 177 1 326 825		22 300				
 Immeuble de bureaux mitoyen	Non isolé	4,2	2,3	2,7	1,5	K66	48 208 22 792 0		74 800	48 208 14 239 700		73 300	48 208 3 499 1 906		76 600	48 208 3 499 1 906		68 900				
	Pour K55	0,3	0,5	2,7	0,6	K47	34 608 22 792 0		66 700	34 608 14 239 700		65 300	34 608 3 499 1 906		68 600	34 608 3 499 1 906		61 900				
	Pour K45	0,3	0,4	1,6	0,6	K34	24 655 22 792 0		58 000	24 655 14 239 700		56 500	24 655 3 499 1 906		59 900	24 655 3 499 1 906		55 100				
	Pour K35	0,2	0,3	1,5	0,4	K28	20 291 22 792 0		55 000	20 291 14 239 700		53 500	20 291 3 499 1 906		56 800	20 291 3 499 1 906		50 100				

MAISONS DE 100 M² CHAUFFÉES SUR 1 OU 2 NIVEAUX, AVEC OU SANS MITOYENNETÉ

IMMEUBLE DE BUREAUX DE 500 M² CHAUFFÉES

LES PERFORMANCES DE LA VENTILATION

COMMENT VARIENT LES CONSOMMATIONS D'UNE INSTALLATION DE VENTILATION MÉCANIQUE DOUBLE FLUX ? [34]

EN FONCTION DU DÉBIT :

La puissance des ventilateurs varie selon le cube du débit et les coûts de chauffage sont proportionnels : pour une augmentation de 10 % du débit, on obtient une surconsommation totale de 11 % et un surcoût de 20 %.

EN FONCTION DU RENDEMENT DE L'INSTALLATION DE VENTILATION :

Pour une diminution de 10 % du rendement de l'installation de ventilation, on obtient une surconsommation totale de 1 % et un surcoût de 5 %.

EN FONCTION DU TEMPS DE FONCTIONNEMENT :

Pour une augmentation de 10 % des temps de fonctionnement journaliers, on obtient une surconsommation totale de 10 % et un surcoût de 10 %.

MODE DE VENTILATION	CONSOMMATION TOTALE DE CHAUFFAGE [kWh/an]	CONSOMMATION DE CHAUFFAGE DUE À LA VENTILATION [kWh/an]	PART DE LA VENTILATION [%]
VN (syst. A)	20.000	8.500	42,5
VMSF (syst. C)	16.500	5.400	33
VMDF (syst. D)	15.500	4.400	28
VMDFR (syst. D)	12.500	1.300	10,5

- Dans une installation de ventilation naturelle VN, les dispositifs sont dimensionnés afin d'assurer le débit nominal, mais les effets du vent et la température extérieure font que ce débit n'est pas toujours constant, bien qu'en moyenne, on arrive au débit souhaité. La ventilation peut donc engendrer une surconsommation de chauffage.
- Dans une installation de ventilation mécanique simple flux VMSF, la ventilation hygiénique est assurée, mais l'amenée d'air ou l'extraction d'air étant manuelle, il y a toujours un faible risque de surconsommation de chauffage.
- Dans une installation de ventilation mécanique double flux VMDF, le débit d'air réel de ventilation est connu. De plus, une partie de la consommation électrique du ventilateur de pulsion peut être récupérée pour le chauffage de l'air.
- Dans une installation de ventilation mécanique double flux avec récupération de chaleur VMDFR, grâce au préchauffage de l'air extérieur, la consommation de chauffage diminue considérablement : elle peut se réduire à 30 % de la consommation d'une même installation sans récupération de chaleur. De plus, une partie de la consommation électrique des ventilateurs de pulsion et d'extraction peut être récupérée sous forme de chaleur.

	VN (SYSTÈME A)	VMSF (SYSTÈME C)	VMDF (SYSTÈME D)	VMDFR (SYSTÈME D)
Contrôle du taux de ventilation	☹	☺	☺☺	☺☺
Consommation de chauffage	☹	☹	☺	☺☺

Nous avons vu que plus les bâtiments sont isolés thermiquement, plus les pertes de chaleur par ventilation naturelle prennent une part importante dans les déperditions thermiques. Voyons à présent quelle est la participation de la ventilation dans le bilan énergétique global, pour tous les types d'installation.

La proportion de la ventilation dans le bilan énergétique augmente avec la qualité d'isolation. Dans une maison non isolée, la part de la ventilation est négligeable vis-à-vis de celle de l'enveloppe, mais elle peut l'égaliser, voire même la dépasser, lorsque l'isolation se fait plus poussée.

Voici quelques valeurs indicatives de la proportion des pertes dues à la ventilation dans la consommation énergétique des habitations :

- dans une maison individuelle moyenne qui est ventilée de manière permanente au débit nominal fixé par la norme, l'air intérieur est renouvelé environ chaque heure et demie par de l'air extérieur. Ce renouvellement d'air entraîne, pendant la saison de chauffe, une consommation de chauffage d'environ :
 - 8.500 kWh/an avec une ventilation naturelle ;
 - 5.400 kWh/an avec une ventilation mécanique simple flux ;
 - 4.400 kWh/an avec une ventilation mécanique double flux ;
 - 1.300 kWh/an avec une ventilation mécanique double flux avec récupération de chaleur.
- dans les habitations qui satisfont aux exigences thermiques (K55) et/ou aux besoins énergétiques (be450), cela signifie qu'une ventilation permanente conforme à la norme représente environ (voir tableau ci-contre) :
 - 40 % de la consommation totale de chauffage lors d'une ventilation naturelle ;
 - 30 % de la consommation totale de chauffage lors d'une ventilation mécanique simple ou double flux ;
 - 10 % de la consommation totale de chauffage lors d'une ventilation mécanique double flux avec récupération de chaleur.

Dans les habitations moins isolées, cette proportion est moindre, puisque la consommation d'énergie pour le chauffage est plus importante.

Les tableaux des pages adjacentes donnent des exemples illustratifs.

Au vu de ces ordres de grandeur, on peut établir un ordre d'action sur une installation de ventilation :

1. adapter autant que possible les débits d'air aux besoins nécessaires (ni trop, ni trop peu) afin de limiter les frais de chauffage ;
2. veiller à améliorer l'efficacité énergétique des équipements, afin de fournir les débits demandés avec une consommation minimale.

LES PERFORMANCES DE LA VENTILATION

CHOIX DU TYPE D'INSTALLATION DE VENTILATION
EN FONCTION DES COÛTS (voir tableau ci-dessous)

• Les maisons d'habitation :

La ventilation naturelle engendre un budget minimal d'installation, mais ce dernier est à peine inférieur à celui de la ventilation mécanique simple flux. Les budgets des ventilations mécaniques double flux sont, par contre, plus élevés.

En Belgique, la ventilation mécanique simple flux s'avérerait la plus adéquate puisqu'elle assure un débit de ventilation plus constant que celui fourni par la ventilation naturelle, sans être beaucoup plus onéreuse.

Si l'on veut néanmoins placer une ventilation mécanique double flux

(pour des raisons d'environnement bruyant ou pollué, par exemple), il vaut mieux choisir une installation avec récupération de chaleur. En effet, on constate une réduction de 70 % de la consommation de chauffage pour la ventilation, et ce pour un budget sur 30 ans légèrement inférieur.

• Les immeubles de bureaux :

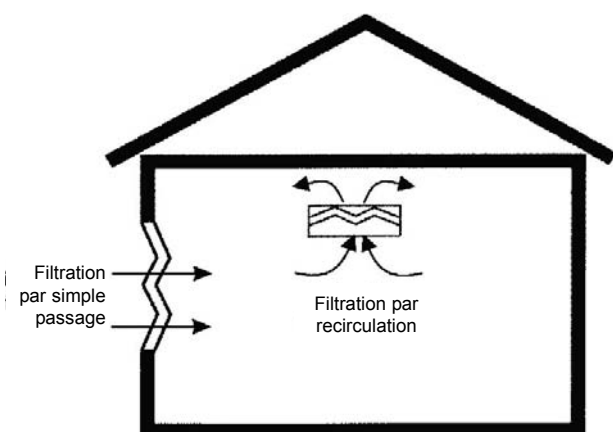
Pour un immeuble de bureaux situé en Belgique et de petite taille, la ventilation mécanique simple flux est largement suffisante.

Si, par contre, il s'agit d'un bâtiment nécessitant une installation de conditionnement d'air, une installation mécanique double flux (de préférence avec récupération de chaleur) serait alors préférable.

Type de bâtiment	Mode de ventilation	Coût global, selon le mode de ventilation, regroupant (sur une période de 30 ans, frais de maintenance inclus) : - les consommations de chauffage des locaux, de chauffage de l'air et du transport de l'air ; - le coût des installations de ventilation et de l'isolation.							
		Non isolé		Pour niveau K ≤ K55		Pour niveau K ≤ K45		Pour niveau K ≤ K35	
 2 niveaux seule	VN	34.400 EUR	100 %	25.100 EUR	100 %	23.400 EUR	100 %	22.200 EUR	100 %
	VMSF	56.600 EUR	104 %	37.300 EUR	109 %	25.600 EUR	110 %	24.400 EUR	110 %
	VMDF	60.000 EUR	110 %	30.800 EUR	122 %	29.000 EUR	124 %	27.800 EUR	125 %
	VMDFR	58.300 EUR	107 %	29.000 EUR	115 %	27.300 EUR	117 %	26.100 EUR	118 %
 Immeuble de bureaux mitoyen	VN	74.800 EUR	100 %	66.700 EUR	100 %	58.000 EUR	100 %	55.000 EUR	100 %
	VMSF	73.300 EUR	98 %	65.300 EUR	98 %	56.500 EUR	97 %	53.500 EUR	97 %
	VMDF	76.600 EUR	103 %	68.600 EUR	103 %	59.900 EUR	103 %	56.800 EUR	104 %
	VMDFR	69.900 EUR	93 %	61.900 EUR	93 %	53.100 EUR	92 %	50.100 EUR	91 %

LES PERFORMANCES DE LA VENTILATION

LA VENTILATION ET LA FILTRATION



La filtration permet d'éliminer les particules polluantes de l'air.

- La filtration des polluants extérieurs : l'air extérieur introduit dans le bâtiment est filtré soit par un simple passage au travers un filtre, soit par un système de recirculation placé à l'intérieur du bâtiment.
- La filtration des polluants intérieurs : elle se fait par un système de recirculation de l'air intérieur au travers d'un filtre augmentant le processus de dilution des polluants par la ventilation.

LES OBJECTIFS DE LA FILTRATION

La filtration doit atteindre les objectifs suivants :

- débarrasser l'air des polluants ;
- protéger les équipements des locaux contre les poussières afin d'augmenter leur durée de vie et diminuer leur maintenance ;
- protéger l'installation de ventilation elle-même ;
- éviter la propagation d'incendie par les poussières et les risques d'explosion ;
- protéger les terrasses et les toitures en n'évacuant pas les particules directement vers l'extérieur.

Les filtres peuvent être placés :

- sur les circuits d'aspiration d'air neuf extérieur ;
- sur les circuits d'air repris, avant le recyclage ;
- sur les circuits de distribution d'air dans les locaux ;
- sur les circuits d'air repris, avant la batterie de récupération de chaleur.

CLASSIFICATION DES FILTRES

L'efficacité d'un filtre est caractérisée de façon précise par une série de grandeurs dépendant des caractéristiques de l'air entrant : température et humidité, teneur en poussières, granulométrie, nature et structure physique des poussières.

Les filtres sont classés en fonction de leur capacité à arrêter des particules de plus en plus petites. La dénomination de leur classe dépend de la méthode de mesure utilisée pour les essais :

- GRA signifie "méthode gravimétrique" et représente les filtres grossiers ;
- OPA signifie "méthode opacimétrique" et représente les filtres fins ;
- DOP représente les filtres atteignant 100 % d'efficacité par les deux méthodes précédentes : ce sont les filtres absolus.

La correspondance de classification entre les différentes normes de mesure (américaine, belge et européennes) est donnée par les tableaux ci-contre [34].

ASHRAE	←	60% GRA	65% GRA	70% GRA	75% GRA	80% GRA	85% GRA	90% GRA	95% GRA
NBN X44-001	←	G70			G80		G85		
EUROVENT	←	EU1	EU2			EU3		EU4	
EN 779	←	G1	G2			G3		G4	

FILTRES GROSSIERS

ASHRAE	60% OPA	65% OPA	70% OPA	75% OPA	80% OPA	85% OPA	90% OPA	95% OPA
NBN X44-001	F50		F70			F85		F95
EUROVENT	EU5		EU6			EU7		EU8 EU9
EN 779	F5		F6			F7		F8 F9

FILTRES FINS

MIL STD 282	95% DOP	99,90% DOP	99,97% DOP	99,99% DOP	99,999% DOP
NBN X44-001	U95		U99,97		U99,99
EUROVENT	EU10	EU11		EU12	EU13 EU14
EN 779	H10 (HEPA)	H11 ... H12 (HEPA)		H13 ... H14 (HEPA)	U15 ... U16 (ULPA)

FILTRES ABSOLUS

LE DEGRÉ DE FILTRATION

• Le degré de filtration minimum

Pour la plupart des installations de ventilation et dans des conditions atmosphériques usuelles, un filtre fin (à partir de 60 % OPA) placé sur l'entrée d'air est nécessaire et suffisant. S'il reste un degré de pollution en aval de ce filtre, un filtre complémentaire est nécessaire à la sortie du groupe de traitement d'air (au minimum 85 % OPA) pour protéger le réseau de distribution.

• Le degré de filtration maximum

Plus un filtre est performant, plus il est coûteux en exploitation puisque la consommation électrique du ventilateur augmente.

LE CHOIX DU TYPE DE FILTRE

Il faut choisir les filtres ayant la perte de charge moyenne durant la période de fonctionnement la plus faible, et dont la longévité est la plus longue.

A efficacité égale, il faut préférer les éléments filtrants les plus épais car ils emmagasinent une quantité plus importante de particules avant d'atteindre la perte de charge finale recommandée. Le filtre épais sera donc remplacé moins souvent.

Les filtres ne doivent pas être la source de fumée ni de gaz irritant ou toxique lors d'un incendie.

L'Arrêté Royal du 19 décembre 1997 fixant les normes de base en matière de prévention contre l'incendie et l'explosion [29] reprend les conditions auxquelles les filtres doivent satisfaire.

Les filtres à couche poreuse sont, actuellement, les plus répandus, tant pour la filtration de "confort" que pour la filtration de très haute efficacité (salles blanches, salles d'opération, etc.).

Le mode de fonctionnement de ce type de filtre est décrit dans l'encadré ci-contre ; un descriptif des différents types de filtre est donné en Annexe 3.

FONCTIONNEMENT DES FILTRES À COUCHE POREUSE [34]

Dans ces filtres, l'air à épurer traverse une couche poreuse ou fibreuse dans laquelle il abandonne ses poussières.

L'interception des poussières peut se faire par :

- tamisage (ou effet de cible) : il faut que les pores de l'élément filtrant aient des dimensions inférieures à celles des particules. Ce peut être un amas de particules arrêtées par le filtre qui constitue un tamis filtrant vis-à-vis des particules plus fines se présentant ultérieurement ;
- impact (ou effet d'inertie) : les particules lourdes ne peuvent pas accompagner le courant d'air quand celui-ci s'incurve autour d'une fibre ; elles s'attachent alors à la fibre à l'endroit de l'impact ;
- interception (ou effet de barrage) : les petites particules légères accompagnant le courant d'air sont interceptées si leur centre passe à une distance de la fibre qui est inférieure à leur rayon ;
- diffusion : les particules, dont le diamètre est inférieur à 1 μm , ont un mouvement vibratoire dû aux mouvements des molécules d'air. Elles se fixent sur les fibres si elles entrent en contact avec elles ;
- forces électrostatiques : ces forces peuvent prendre naissance soit sur les poussières, soit sur les filtres. Elles provoquent le compactage des poussières entre elles et facilitent leur filtration.

LA VENTILATION AVEC RÉCUPÉRATION DE CHALEUR

QUELQUES DÉFINITIONS [18]

• Chaleur sensible, chaleur latente

La chaleur sensible est la quantité de chaleur qu'il faut retirer ou fournir à un corps (solide, liquide, vapeur) pour modifier sa température sans modifier son état.

La chaleur latente est la quantité de chaleur qu'il faut retirer ou fournir à un corps pour modifier son état sans modifier sa température.

La quantité de chaleur utilisée pour faire chauffer l'eau est appelée quantité de chaleur sensible.

La quantité de chaleur utilisée pour faire fondre un bloc de glace à 0°C est appelée quantité de chaleur latente.

A la pression atmosphérique, pour amener de l'eau de 20 °C (état liquide) à 120 °C (état vapeur), il faut apporter :

- une quantité de chaleur sensible (de 20 °C liquide à 100 °C liquide) ;
- une quantité de chaleur latente (de 100 °C liquide à 100 °C vapeur) ;
- une quantité de chaleur sensible (de 100 °C vapeur à 120 °C vapeur).

• Echange de chaleur

Lorsque deux corps, de températures différentes, sont placés au contact ou au voisinage l'un de l'autre, il se produit un échange qui tend à rapprocher leurs températures jusqu'à l'équilibre. Cet échange se produit toujours du corps chaud vers le corps froid.

La puissance transmise au cours de cet échange est fonction de la surface, du coefficient d'échange de l'échangeur et de l'écart de température entre les fluides :

$$P = K \cdot S \cdot \Delta T \quad \text{où} \quad \begin{aligned} P &= \text{puissance de l'échangeur [W]} \\ K &= \text{coefficient d'échange [W/m}^2\text{K]} \\ S &= \text{surface d'échange [m}^2\text{]} \\ \Delta T &= \text{écart de température entre les fluides [K]} \end{aligned}$$

La puissance transmise sera d'autant plus grande que l'écart de température entre les fluides est grand, que la surface d'échange est importante et que le coefficient d'échange est élevé.

Dans certains cas, comme par exemple pour les locaux demandant une grande quantité d'air neuf, il peut être nécessaire de préchauffer l'air neuf pour que celui-ci ne provoque pas de sensation de courant d'air. Une température de l'air de 14 à 16 °C est généralement suffisante. On parle de "préchauffage" de l'air et non pas de "chauffage" car le but n'est pas de compenser les déperditions du local, mais d'éviter les courants d'air froid.

Durant une grande partie de la saison de chauffe, la température de l'air rejeté (température ambiante intérieure) est plus élevée que la température de l'air extérieur. On peut, dès lors, récupérer une partie de la chaleur rejetée pour préchauffer l'air neuf (dans le cas d'une installation de ventilation double flux).

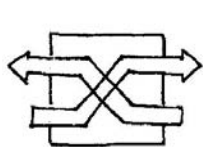
La récupération de chaleur sur l'air extrait (qui n'est possible qu'avec une extraction mécanique) est une solution énergétiquement très intéressante ; elle permet de récupérer 50 à 70 % de l'énergie contenue dans l'air extrait.

Dans une installation de ventilation existante, étant donné les coûts élevés d'achat et de placement d'un récupérateur de chaleur ainsi que l'augmentation de la consommations des ventilateurs avec les pertes de charge supplémentaires, la rentabilité à court terme de l'installation est difficile sauf :

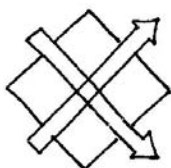
- pour des débits élevés (plus de 20.000 m³/h) ;
- avec un usage permanent de l'installation.

Dans une nouvelle installation, dans la mesure où la récupération de chaleur fait partie de la conception initiale, la puissance de chauffage pourra être réduite et le surcoût initial sera rapidement amorti.

LES ÉCHANGEURS DE CHALEUR PLATS



ECHANGEUR DE CHALEUR
À FLUX DE SENS CONTRAIRES
Transfert de chaleur
théorique de 100 %



ECHANGEUR DE CHALEUR
À FLUX CROISÉS
Transfert de chaleur
théorique de 70 %



ECHANGEUR DE CHALEUR
À FLUX DE MÊME SENS
Transfert de chaleur
théorique de 50 %

Ce système de récupération de chaleur doit acheminer l'air à évacuer vers un point central, proche de l'amenée d'air frais.

Les échangeurs de chaleur plats sont utilisés dans les habitations ainsi que dans les bâtiments où les conduits d'amenée et d'évacuation d'air sont proches les uns des autres.

AVANTAGES

- Simplicité du système.
- Les besoins de maintenance ne sont pas excessifs, même si les filtres doivent être régulièrement remplacés.
- Si le système est bien installé, il y a peu de risque de contamination entre les deux flux d'air.

INCONVÉNIENTS

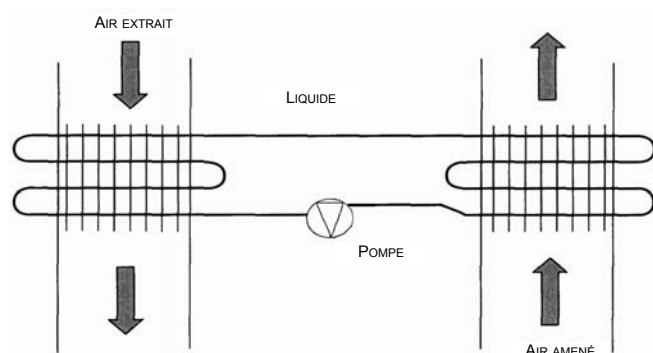
- Il peut y avoir risque de surchauffe en été en l'absence d'un by-pass.
- Une nuisance acoustique peut se produire si le système n'est pas bien installé.

LES POMPES À CHALEUR

Lors d'une installation de ventilation simple flux à extraction mécanique, une pompe à chaleur peut être utilisée pour extraire la chaleur de l'air à évacuer et la restituer soit au système de chauffage des locaux, soit au réseau d'eau chaude sanitaire.

Elles permettent donc la récupération de chaleur sans le besoin d'une amenée mécanique.

LES ÉCHANGEURS DE CHALEUR À SERPENTIN (RUN-AROUND COILS)



Cette installation comprend deux types d'échangeurs : l'un est installé sur le circuit de l'amenée d'air et l'autre sur le circuit de l'évacuation. Un liquide (en général une solution eau/glycol) est utilisé comme transfert de chaleur : il circule entre les deux échangeurs grâce à une pompe. Cette méthode est utilisée lorsque les conduits d'alimentation et d'extraction d'air ne sont pas proches les uns des autres.

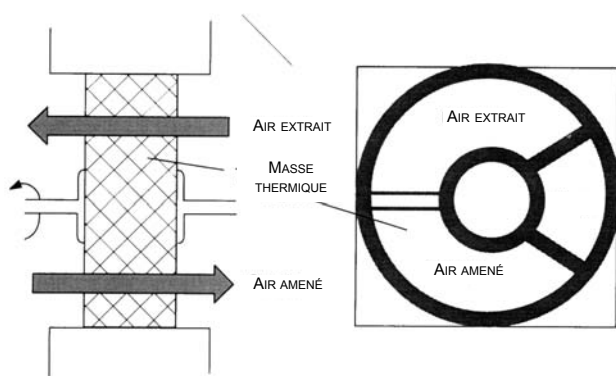
AVANTAGE

- Il n'y a aucun risque de contamination puisque les deux flux d'air sont totalement séparés.

INCONVÉNIENTS

- Ce système ne transfère que la chaleur sensible et est peu efficace (40 à 60 %).
- L'énergie nécessaire au fonctionnement de la pompe représente 5 % de l'énergie récupérée par le système.
- La pompe nécessite une maintenance supplémentaire.

LES CYLINDRES THERMIQUES



Un cylindre, tournant entre 10 à 20 tours/minute et dans lequel passent les deux flux d'air, prend la chaleur du flux d'air extrait et la décharge dans le flux d'air frais amené. Cette méthode est utilisée dans les grands centres commerciaux et dans les bâtiments publics. Elle fait alors partie du système HVAC (Heating, Ventilating, Air-Conditioning), en français CVC (Chauffage, Ventilation, Climatisation).

AVANTAGES

- Ce système transfère tant la chaleur sensible que la chaleur latente.
- L'efficacité varie avec la vitesse de rotation du cylindre.

INCONVÉNIENTS

- Les conduits d'amenée et d'extraction d'air doivent être adjacents.
- Le moteur du cylindre demande de l'énergie.
- Il y a un risque de contamination entre le flux d'air extrait et le flux d'air amené.

LA VENTILATION ET LE REFROIDISSEMENT

Les bâtiments étant de mieux en mieux isolés et étanches vis-à-vis de l'extérieur, leur réchauffement dû aux apports internes et solaires augmentent.

Le refroidissement de l'air devient nécessaire lorsque le climat intérieur devient excessivement chaud et humide, suite à des températures extérieures trop élevées et/ou à des apports de chaleur solaires ou internes importants.

Dans la plupart des cas, le choix entre le refroidissement mécanique et le refroidissement naturel dépend des modes de construction du bâtiment et du type de climat.

LE REFROIDISSEMENT PAR L'AIR EXTÉRIEUR

Pour que le refroidissement soit efficace, il faut assurer un taux de renouvellement d'air nettement plus important que le taux de la ventilation de base. La combinaison des deux entraîne donc un surdimensionnement, d'où un surcoût important de l'installation de ventilation naturelle ou à extraction mécanique.

C'est pourquoi, dans de nombreux cas, il vaut mieux concevoir un refroidissement naturel (free cooling) qui consiste à refroidir un bâtiment par une ventilation accrue, en utilisant l'énergie gratuite de refroidissement de l'air extérieur lorsque celui-ci présente une température inférieure à la température intérieure.

Le refroidissement peut se faire de jour comme de nuit, mais la capacité frigorifique de l'air extérieur est plus faible en journée.

Le refroidissement nocturne consiste à pratiquer une ventilation intensive de nuit de manière à décharger le bâtiment de la chaleur emmagasinée durant la journée et à diminuer ainsi les surchauffes.

Pour que cela soit possible, il faut favoriser l'utilisation de matériaux de construction lourds ainsi que le contact entre ces derniers et l'air frais de la ventilation.

Un résumé des conditions d'efficacité d'un tel refroidissement est donné dans l'encadré ci-contre.

RÉSUMÉ DES CONDITIONS D'EFFICACITÉ DU REFROIDISSEMENT NATUREL NOCTURNE [34]

- L'inertie thermique du bâtiment doit être suffisante.
- Le ventilation intensive est transversale (ouvertures sur des façades opposées et/ou par la toiture) ou assistée par un ventilateur.
- Les ouvertures de ventilation sont équivalentes au moins 2 % de la surface des locaux :
- Les apports internes sont limités à 22-26 W/m² pour un immeuble à inertie thermique moyenne et 27-32 W/m² pour un immeuble à forte inertie. Ceci implique l'utilisation d'équipements énergétiquement efficaces.
- Les apports solaires sont limités par des protections solaires efficaces.

Dans le cas d'une utilisation de la ventilation intensive pour pratiquer le refroidissement d'un bâtiment, il est recommandé de choisir des systèmes :

- empêchant l'intrusion d'insectes ;
- garantissant une protection contre les effractions ;
- limitant le risque de pénétration de pluie ;
- évitant la gêne acoustique venant de l'extérieur.

Les châssis oscillants sont les plus adéquats à ce type de ventilation puisqu'ils sont plus étanches à la pluie.

Il existe aussi des systèmes de grilles fixes que l'on peut disposer par l'intérieur dans les châssis ouvrants et qui permettent une ventilation intensive par l'ouverture complète des fenêtres sans risque d'effraction, ni de pénétration de pluie. Ces grilles peuvent être placées en été et retirées en hiver, selon les périodes correspondant aux besoins de refroidissement.

QUELQUES DÉFINITIONS [3]

- **Installation de rafraîchissement :**
Une installation de rafraîchissement améliore, durant les saisons chaudes, le confort des locaux traités.
Ce type d'installation ne garantit pas une température intérieure mais plutôt un écart de température entre intérieur et extérieur.
Ce type d'installation peut également assurer les besoins de chauffage en hiver.
Il est généralement destiné à des bâtiments et locaux habités et fonctionne obligatoirement avec un certain pourcentage d'air neuf.
- **Installation de climatisation :**
Une installation de climatisation assure, en toutes saisons, des ambiances confortables, dont les paramètres ont été fixés à l'avance.
Son rôle est :
 - d'équilibrer les charges sensibles, soit par un apport d'énergie thermique en cas de déperditions, soit par une évacuation d'énergie thermique en cas d'apports de chaleur ;
 - d'équilibrer, en partie, les charges latentes, généralement durant les saisons chaudes, par une déshumidification.Elle est le plus souvent destinée à des locaux et bâtiments du tertiaire et fonctionne pratiquement toujours avec un certain pourcentage d'air neuf pouvant même aller jusqu'à 100 %.
- **Installation de conditionnement d'air :**
Une installation de conditionnement d'air assure un nombre important de "fonctions".
Son rôle est d'équilibrer, en toutes circonstances :
 - les charges thermiques (chauffage et refroidissement) ;
 - les charges latentes (humidification et déshumidification).Elle permet de maintenir et de conserver, avec des tolérances très faibles, les conditions climatiques fixées à l'avance pour la zone traitée.

AVANTAGES

- Le principal avantage de cette solution est de pouvoir rafraîchir les locaux en plein été, sans pour autant compliquer leur exploitation.
- Elle permet d'utiliser avantageusement les conditions de l'air extérieur, dans la mesure où celles-ci sont favorables, retardant ainsi le démarrage de la production de froid.

LE REFROIDISSEMENT MÉCANISÉ

Dans une installation de ventilation mécanique simple flux (alimentation mécanique) ou double flux (alimentation et extraction mécaniques), l'ajout d'une batterie froide sur le circuit de soufflage permet le refroidissement des zones ventilées.

L'air est refroidi de 5 à 10 °C en deçà de la température ambiante ; l'écart de température sert à équilibrer les apports solaires et internes, si bien que l'air se réchauffe peu à peu jusqu'à atteindre la température ambiante.

On distingue trois types de ventilation avec refroidissement :

- les installations fonctionnant "tout air neuf" : l'air provient exclusivement de l'extérieur ;
- les installations fonctionnant "tout air recyclé" : l'air ambiant est réutilisé (pas de renouvellement d'air) ;
- les installations fonctionnant avec un "mélange d'air neuf et d'air recyclé" : cette méthode permet d'assurer simultanément, et avec un minimum d'énergie, les besoins de renouvellement d'air et les besoins de refroidissement.

Les températures de soufflage et le mode de diffusion sont des points délicats, lesquels peuvent, s'ils sont mal résolus, provoquer des courants d'air froid. En conséquence, la différence entre la température de diffusion et celle de l'ambiance doit rester dans les limites raisonnables, de 8 à 13 °C ; l'implantation et le type de bouches de diffusion doivent être soigneusement choisis.

Cette remarque conduit, dans la majorité des cas, à un débit de soufflage bien supérieur à celui nécessaire à un simple renouvellement d'air. Ce débit de soufflage peut comprendre jusqu'à 90% d'air recyclé.

INCONVÉNIENTS

- Cette solution conduit à des investissements relativement lourds (production de froid) pour le peu d'heures d'utilisation et pas toujours en rapport avec le confort obtenu.
- Elle augmente les débits de soufflage de la valeur des débits recyclés et, de ce fait, les consommations électriques des ventilateurs.
- Elle encombre les faux-plafonds avec l'installation des batteries et leur circuit de distribution, dont il faut ménager un accès aisé.

LES DISPOSITIFS CONCURRENTS DE L'INSTALLATION DE VENTILATION

La hotte de cuisine peut faire partie d'une installation de ventilation simple flux à extraction mécanique (système C) si elle peut fonctionner à faibles débits (50 à 100 m³/h) en permanence et si elle ne produit pas de nuisance acoustique. Dans ce cas, elle n'est plus considérée comme concurrente, mais intégrée au système de ventilation.

LES HOTTES DE CUISINE [12] [14] [21]

La préparation des repas produit une grande quantité de vapeur d'eau et d'odeurs. L'utilisation d'une extraction locale, c'est-à-dire d'une hotte de cuisine, est recommandée afin de limiter la diffusion des odeurs et de la vapeur d'eau dans l'habitation.

Une hotte correctement installée permet d'évacuer directement vers l'extérieur plus de 80 % de la vapeur d'eau et des odeurs produites.

La hotte de cuisine ne fait en général pas partie du système de ventilation de base ; les exigences de ventilation hygiénique de la cuisine doivent être remplies indépendamment de la hotte.

Pour être optimale, l'extraction doit être placée près de la source de pollution, c'est-à-dire au-dessus du plan de cuisson.

Lorsqu'il s'avère impossible d'installer un conduit allant de la cuisine vers l'extérieur, on peut se contenter d'une hotte avec recirculation d'air. L'air aspiré par une telle hotte est dégraissé et les odeurs sont éventuellement éliminées si elle est pourvue d'un filtre à charbon actif, mais ce type de hotte n'évacue pas la vapeur d'eau.

Pour des raisons acoustiques, il est souvent préférable d'installer une hotte sans moteur, dont le ventilateur est placé à distance.

LES DÉBITS D'EXTRACTION

Le fonctionnement de hottes puissantes donne souvent lieu à des problèmes d'extraction. La NIT 187 "*Ventilation des cuisines et hottes aspirantes*" [12] stipule que le bon fonctionnement d'une hotte ne dépend pas seulement des caractéristiques de l'appareil mais aussi d'autres éléments, comme un bon dimensionnement des conduits d'évacuation ou un apport suffisant d'air frais.

De plus, à mesure que le débit augmente, le risque de refoulement des appareils à cycle de combustion ouvert s'accroît.

Les valeurs suivantes des débits de hottes de cuisine constituent un bon compromis [21] :

- studios, chambres d'étudiants, petits appartements : 150 à 200 m³/h ;
- appartements, cuisines fermées dans les maisons unifamiliales : 300 à 400 m³/h ;
- îlots de cuisson : 700 m³/h et plus.

LES AMENÉES D'AIR COMPLÉMENTAIRES

Le débit d'air extrait par une hotte de cuisine doit pouvoir être directement compensé par une amenée d'air équivalente.

La norme NBN D50-001 exige, dans la cuisine, des ouvertures de transfert qui permettent un débit de 50 m³/h pour une différence de pression de 2 Pa, ce qui peut être réalisé par une ouverture effective de 140 cm².

LES PERFORMANCES DE LA VENTILATION

TYPE D'APPAREIL À COMBUSTION	DÉPRESSION ADMISSIBLE [Pa]	OUVERTURES D'AMENÉE PAR 100 M ³ /H DE DÉBIT À EXTRAIRE [cm ²]	DÉBITS À TRAVERS L'OUVERTURE POUR $\Delta P = 2 \text{ Pa}$ [M ³ /H]
Non étanche	5	160	60
Étanche ou absence d'appareil	10	100	36

OUVERTURES D'ALIMENTATION SUPPLÉMENTAIRES
EN CAS D'USAGE D'UNE HOTTE PUISSANTE DANS LA CUISINE

- Un conduit rigide de 3 m de longueur (plus un coude) et 100 mm de diamètre ne convient que pour des débits inférieurs à 250 m³/h.
- Pour les hottes ordinaires jusqu'à 400 m³/h, il est recommandé de choisir un diamètre de 125 mm.
- Pour les hottes de 400 à 750 m³/h, un diamètre de 160 mm est conseillé.

Il existe des méthodes simples de calcul, qui permettent de dimensionner un conduit pour des débits supérieurs ou pour d'autres longueurs (voir NIT 187 [12]).

LES TYPES D'APPAREILS À COMBUSTION [13]

- **Appareil à combustion ouverte** : ce type d'appareil reçoit directement son air comburant du local où il est installé et évacue les produits de combustion soit dans le local, soit à l'extérieur par un conduit d'évacuation. Il faut, par conséquent, amener une quantité d'air suffisante pour que la combustion s'effectue en toute sécurité et dans des conditions optimales.

La norme NBN D50-001 stipule que la ventilation des locaux renfermant de tels appareils ne peut, en aucun cas, perturber leur bon fonctionnement. En effet, la combinaison d'installations de ventilation et d'appareils à combustion ouverte peut parfois occasionner des problèmes, tel le reflux des gaz de fumée dû à la dépression provoquée par la ventilation. C'est pourquoi la dépression dans un local renfermant un appareil à combustion ouverte ne peut dépasser 5 Pa, alors qu'en l'absence d'un tel appareil, la dépression doit rester inférieure à 10 Pa.

Lorsque l'appareil ne comporte pas de système d'évacuation, l'ouverture d'évacuation (non réglable et non obturable) doit être placée plus haut que l'endroit d'émission des produits de combustion.

Lorsque l'appareil est raccordé à un canal d'évacuation, il ne peut en aucun cas se produire de reflux. Si les gaz de fumée et l'air de combustion sont aspirés au moyen du même conduit, il y a lieu de prévoir un coupe-tirage antirefouleur et l'arrivée de gaz doit être coupée en cas de non-fonctionnement du système d'extraction.

- **Appareil à combustion fermée** : dans ce type d'appareil, le cycle complet de l'air (alimentation en air, combustion, évacuation des gaz de fumée) est directement raccordé à l'extérieur et séparé du local où l'appareil se trouve. Il n'existe donc aucune interaction entre l'air intérieur et les produits de combustion. Cette solution garantit l'absence de gaz de fumée dans les pièces d'habitation.

Si l'on fait usage d'une hotte puissante, une telle ouverture de transfert est toutefois insuffisante et il se crée une dépression importante dans l'habitation, pouvant entraîner des difficultés pour ouvrir les portes de cuisine, provoquer des courants d'air et des sifflements via les fentes...

Lorsqu'une hotte se trouve dans le même local qu'un appareil non étanche au gaz, il faut prévoir une ouverture d'amenée d'air obturable d'une section effective de 160 cm² par 100 m³/h de débit d'air utile de la hotte. Cette amenée d'air sera ouverte lors du fonctionnement de la hotte.

La NIT 187 [12] donne des valeurs indicatives pour les ouvertures d'alimentation (voir tableau ci-contre).

En l'absence de tels appareils, et en présence d'un système de ventilation respectant les exigences définies par la norme, une amenée complémentaire n'est pas nécessaire lorsque le débit d'extraction est inférieur à 250 m³/h. Lorsque les débits d'extraction sont plus importants ou lorsque l'habitation est particulièrement étanche, il faut prévoir une ouverture de 100 cm² d'air effective par 1.000 m³/h de débit d'extraction.

LES CONDUITS D'ÉVACUATION

Un conduit d'évacuation dont le diamètre est insuffisant engendre plus de bruit et ne permet qu'un moindre débit d'extraction. Il est donc primordial de bien choisir le type et le diamètre de ce type de conduit.

Il est préférable, dans la mesure du possible, d'utiliser des conduits rigides. En effet, les conduits souples ne peuvent être installés que sur des longueurs limitées et leur placement doit respecter des règles strictes.

Le diamètre minimum d'un conduit d'évacuation est de 125 mm.

La problématique de la ventilation de la cuisine et la technologie des hottes sont traitées en détail dans la NIT 187 [12].

LES APPAREILS À COMBUSTION [14]

En présence d'une extraction d'air mécanique, il se crée, en général, dans des conditions normales, une légère dépression dans les locaux ventilés. Lorsque l'installation de ventilation est mal conçue ou utilisée de manière inappropriée, cette dépression peut devenir importante.

Une telle dépression peut perturber le bon fonctionnement des appareils à combustion ouverte (ou non étanche), installés dans les pièces en question. Il s'agit essentiellement des chaudières et des chauffe-eau au gaz, des feux ouverts, des poêles, etc. (voir encadré ci-contre).

Les appareils de ce type extraient l'air nécessaire à la combustion dans la pièce où ils se trouvent et évacuent les gaz brûlés (via un conduit) grâce à la différence de température entre les gaz brûlés chauds et l'air extérieur plus froid.

Lorsque la dépression dans la pièce où se trouve l'appareil est supérieure à la dépression dans le conduit d'éva-

cuation, il se produit un refoulement des gaz brûlés dans le local. Ce refoulement peut provoquer une mauvaise combustion produisant du monoxyde de carbone CO.

QUELQUES SOLUTIONS

• Les appareils au gaz individuels à circuit de combustion fermé

Pour éviter l'interaction entre le fonctionnement d'un appareil au gaz et celui d'autres systèmes (installation de ventilation, hotte, etc.), il est possible d'utiliser des appareils "étanches", dont le circuit de combustion est complètement fermé vis-à-vis du local où ils sont installés. Ces appareils sont équipés de deux conduits concentriques ou séparés : l'un pour l'amenée de l'air comburant et l'autre pour l'évacuation des gaz brûlés.

Dans les bâtiments collectifs, il est également possible d'utiliser des appareils étanches selon le système CLV, c'est-à-dire *Combinatie Luchttoevoer Verbrandingsgasafvoer* ou, en français, système combiné d'amenée d'air comburant et d'évacuation des gaz brûlés.

Ce système permet de raccorder différents appareils étanches sur un conduit commun en modèle concentrique ou parallèle. Les appareils doivent être spécialement équipés à cet effet (étanches avec un ventilateur incorporé de type C₄₂ ou C₄₃ selon la norme NBN D51-003). La puissance de chaque appareil raccordé ne peut dépasser 35 kW.

Le nombre maximum d'appareils qui peut être raccordé dépend de la conception du système ; avec les systèmes actuels, le raccordement de 25 appareils maximum est autorisé.

De tels systèmes doivent satisfaire aux prescriptions de la norme NBN D51-003 et de son addendum 1. Seuls les systèmes CLV pourvus du label CE/CAT_{12E+}/BE sont autorisés en Belgique.

• Le système VMC - gaz

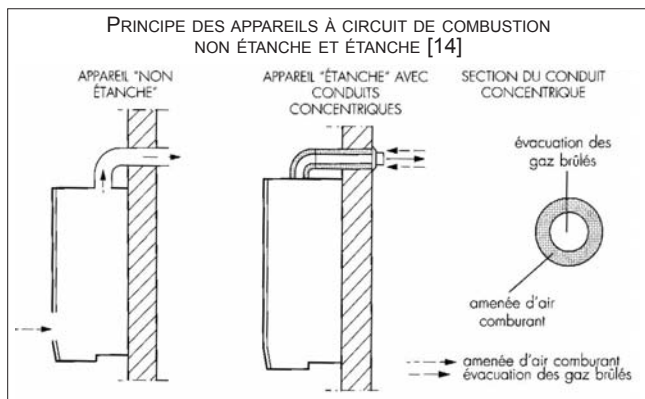
(Ventilation Mécanique Contrôlée - gaz)

Lorsque l'on veut combiner l'évacuation des gaz brûlés avec la ventilation, on peut utiliser ce qu'on appelle le système VMC - gaz : conçu sur mesure, il se compose d'appareils au gaz non étanches avec dispositif incorporé de protection de l'évacuation mais également d'une protection collective qui asservit le fonctionnement de chaque appareil à celui de l'extracteur collectif.

• Pour les appareils à combustible solide ou liquide : poêle, feux ouverts, etc.

Pour ces types d'appareils, il n'existe pour le moment aucune version étanche et la seule solution consiste à éviter les trop fortes dépressions dans la pièce où se trouve l'appareil. Pour ce faire, on peut prévoir des ouvertures d'amenée d'air suffisantes, tant pour l'appareil lui-même que pour les autres systèmes qui peuvent occasionner une dépression (hotte, ventilation mécanique, etc.).

L'encadré ci-contre donne quelques recommandations à suivre lorsqu'il s'agit d'installations existantes.



LES INSTALLATIONS EXISTANTES [14]

Lorsque l'on remplace un appareil au gaz installé dans une pièce d'habitation, il est toujours conseillé de choisir un appareil de combustion étanche. Si cela ne peut être le cas, il est possible d'utiliser un appareil de combustion non étanche en tenant compte des recommandations suivantes :

- les prescriptions de la norme NBN D51-003 sont d'application ;
- un dispositif de protection de l'évacuation qui coupe l'appareil en cas de refoulement des gaz brûlés doit être placé. Cette sécurité ne peut jamais être débranchée ou court-circuitée ;
- pour l'appareil même, il faut prévoir une ouverture d'amenée d'air permanente ayant une ouverture effective de 5 cm² par kW, avec un minimum de 150 cm² ;
- lorsqu'une hotte se trouve dans le même local que l'appareil, il faut prévoir une ouverture d'amenée d'air obturable d'une section effective de 160 cm² par 100 m³/h de débit d'air utile de la hotte. Cette amenée d'air sera ouverte lors du fonctionnement de la hotte.