

PRÉFACE	3
<hr/>	
<i>ENJEUX</i>	
LE CONFORT ET L'UTILISATION RATIONNELLE DE L'ÉNERGIE	4
<hr/>	
<i>POURQUOI VENTILER ? : LES RÔLES DE LA VENTILATION</i>	
L'ÉVOLUTION HISTORIQUE DU RÔLE DE LA VENTILATION	10
LES CONTEXTES	12
LES BESOINS	15
<hr/>	
<i>COMMENT VENTILER ? : LES MOYENS DE VENTILATION</i>	
LES DIFFÉRENTS TYPES D'INSTALLATION DE VENTILATION	18
LE PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA VENTILATION	20
LE PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA VENTILATION NATURELLE	21
LES PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT DE LA VENTILATION MÉCANIQUE	22
TABLEAU RÉCAPITULATIF DES DIFFÉRENTS TYPES D'INSTALLATION DE VENTILATION	26
LES CRITÈRES GÉNÉRAUX DE CHOIX	27
<hr/>	
<i>LES PERFORMANCES DE LA VENTILATION</i>	
L'ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DE LA VENTILATION	35
LA PARTICIPATION DE LA VENTILATION DANS LE BILAN ÉNERGÉTIQUE D'UN LOGEMENT	38
LA VENTILATION ET LA FILTRATION	42
LA VENTILATION AVEC RÉCUPÉRATION DE CHALEUR	44
LA VENTILATION ET LE REFROIDISSEMENT	46
LES DISPOSITIFS CONCURRENTS DE L'INSTALLATION DE VENTILATION	48
<hr/>	
<i>LA MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION DU SYSTÈME DE VENTILATION</i>	
LES CHOIX DE L'AUTEUR DE PROJET	52
OBJECTIFS POURSUIVIS ET MÉTHODOLOGIES DE CONCEPTION DU DÉTAIL	55
ILLUSTRATION PAR UN EXEMPLE : AU STADE DE L'ESQUISSE	56
ILLUSTRATION PAR UN EXEMPLE : AU STADE DE L'AVANT-PROJET	68
ILLUSTRATION PAR UN EXEMPLE : AU STADE DU PROJET	73
BIBLIOGRAPHIE	74
TABLES DES MATIÈRES	76
<hr/>	
<i>ANNEXES</i>	
ANNEXE 1 : LES CRITÈRES CONCEPTUELS DE L'EFFICACITÉ DE LA VENTILATION	
ANNEXE 2 : LES COMPOSANTS D'UNE INSTALLATION DE VENTILATION NATURELLE	
ANNEXE 3 : LES COMPOSANTS D'UNE INSTALLATION DE VENTILATION MÉCANIQUE	
ANNEXE 4 : LA NORME NBN D50-001 ET LA RÉGLEMENTATION WALLONNE EN MATIÈRE DE VENTILATION	
ANNEXE 5 : LES VENTS	

Ce guide pratique a été élaboré sous la direction de :

- Francy SIMON, Professeur à l'Université Catholique de Louvain (Unité Architecture) ;
- Jean-Marie HAUGLUSTAINE, ir. architecte, doctorant à l'Université de Liège (Laboratoire d'Études Méthodologiques Architecturales, Directeur : Prof. A. DUPAGNE).

avec la collaboration de :

- Catherine BALTUS, ir. architecte ;
- Sophie LIESSE, architecte et DES en Urbanisme et Architecture Urbaine.

Tout au long de son élaboration et de sa rédaction, ce guide pratique a été suivi par un comité composé de :

- Monsieur Th. LAUREYS, Cabinet du Ministre J. DARAS ;
- Madame M. GLINEUR, Première Attachée, Direction Générale des Technologies, de la Recherche et de l'Énergie - Division de l'Énergie ;
- Monsieur M. de BONHOME, Architecte, Président de la Fédération des Sociétés d'Architectes Francophones de Belgique (S.A.F.) ;
- Monsieur C. DUBOIS, Architecte, Vice-président de la Fédération des Sociétés d'Architectes Francophones de Belgique (S.A.F.) ;
- Madame A-M. GALLER, ir. architecte, membre de la Fédération des Sociétés d'Architectes Francophones de Belgique (S.A.F.) ;
- Monsieur M. WAGNEUR, Directeur de l'Information au Centre Scientifique et Technique de la Construction (CSTC) ;
- Monsieur M. PROCÈS, Architecte, Chef de Travaux à l'Institut Supérieur d'Architecture St-Luc Bruxelles ;
- Monsieur J-M. GUILLEMEAU, Centre Interdisciplinaire de Formation de Formateurs de l'Université de Liège (CIFIUL).

Quelques faits et quelques chiffres, tout d'abord. La Wallonie doit importer 98 % de ses ressources énergétiques. Les réserves de combustibles fossiles sont limitées : on parle de 200 ans pour le charbon, de 60 ans pour le gaz et l'uranium, de 40 ans pour le pétrole. Et pourtant, notre demande d'énergie s'accroît irrémédiablement. De plus, elle participe, pour 85 %, à nos émissions de CO₂, émissions qui sont largement responsables du réchauffement climatique de la planète.

Que ce soit pour diminuer la dépendance de la Wallonie, pour économiser nos précieuses ressources naturelles d'énergie ou pour limiter autant que possible le réchauffement climatique, nous sommes dans l'obligation de réduire fortement nos consommations d'énergie. En 10 ans, nous devons relever la gageure d'obtenir au moins 20 % de réduction dans l'industrie, 10 % dans le tertiaire, et 10 % dans le résidentiel.

Face à ces défis, il nous faut, dès à présent, enclencher de profonds changements et amorcer une véritable révolution technologique dans tous les secteurs d'activités consommatrices d'énergie : dans la production industrielle et les transports, dans le tertiaire, mais aussi et surtout dans le résidentiel. À ce titre, la conception de nos bâtiments a un rôle considérable à jouer.

Changer d'habitudes dans et pour sa maison amplifiera la prise de conscience du plus grand nombre de citoyens.

La brochure que vous avez entre les mains s'adresse tout particulièrement aux architectes, aux entrepreneurs, aux artisans du bâtiment, aux enseignants des écoles d'architecture et des techniques du bâtiment, à tous ceux qui sont les concepteurs et les réalisateurs des créations et des restaurations de bâtiments privés et publics.

Réduire la consommation d'énergie pour le chauffage d'un bâtiment requiert des outils et des techniques, spécifiques et en constante amélioration. Aussi, mon administration a confié la réalisation de cet ouvrage à quelques spécialistes, pour aider les concepteurs à intégrer ces impératifs énergétiques dans la conception de leurs bâtiments et les citoyens à mieux les utiliser.

J'espère que la lecture de cet ouvrage contribuera à ce qu'un maximum de bâtiments wallons consomment moins d'énergie.



José DARAS,
Ministre de la Mobilité, des Transports,
et de l'Énergie de la Région wallonne

ENJEUX

LE CONFORT ET L'UTILISATION RATIONNELLE DE L'ÉNERGIE

LE BILAN THERMIQUE DE L'HOMME ET SON ENVIRONNEMENT

La température de confort

LA VENTILATION DES LOCAUX ET LA SANTÉ DES OCCUPANTS

La qualité de l'air

L'humidité et les moisissures

La participation de la ventilation naturelle dans le bilan thermique d'un logement

LE CONFORT ET L'UTILISATION RATIONNELLE DE L'ÉNERGIE (U.R.E)

Le confort thermique dépend principalement :

- de la vitesse et de la température de l'air ambiant et de la température de surface interne des parois ;
- de l'humidité relative ;
- de la qualité de l'air.

LE BILAN THERMIQUE DE L'HOMME DANS SON ENVIRONNEMENT

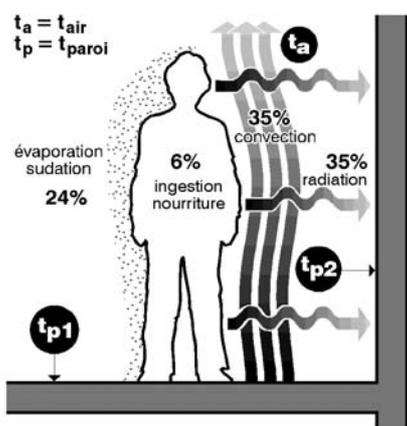
D'une température (36,6 °C), en général plus élevée que la température ambiante, le corps humain dissipe une certaine quantité de chaleur vers l'environnement qui l'entoure.

L'activité réalisée, l'habillement, la température de l'air ambiant ainsi que la température de surface interne des parois du local sont autant de facteurs qui interviennent dans le bilan global de confort.

Pour empêcher un échange thermique trop important et donc inconfortable entre le corps et son environnement, il y a lieu d'éviter :

- une radiation du corps vers des parois trop froides ;
- une radiation de parois trop chaudes vers le corps ;
- une convection autour du corps, par des mouvements d'air trop rapides au sein du local.

LA TEMPÉRATURE DE CONFORT



Puisque les échanges par convection et rayonnement interviennent pour 70 % dans le bilan thermique de l'occupant (voir figure ci-contre), la température moyenne de surface intérieure des parois d'un local t_{pm} et la température de l'air ambiant du local t_a sont les facteurs essentiels du confort thermique. C'est la raison pour laquelle la température de confort t_c est définie comme la moyenne entre t_a et t_{pm} :

$$t_c = \frac{t_a + t_{pm}}{2}$$

Un autre facteur de confort est l'homogénéité des températures des parois du local. A une température de confort t_c donnée, si t_{pm} est faible, on devra augmenter t_a et donc consommer plus d'énergie.

Pour atteindre les objectifs de confort, il y a donc intérêt à augmenter la t_{pm} des parois extérieures en les isolant, et à maintenir la température de l'air ambiant la plus uniforme possible.

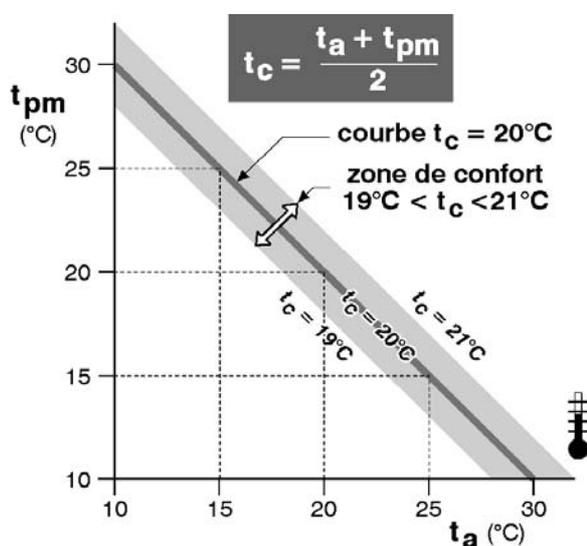
Il faut veiller à éviter les courants d'air, sources d'inconfort ; leur apparition dépend de certains paramètres :

- la température de l'air ambiant [°C] ;
- la vitesse moyenne de l'air [m/s] ;
- l'intensité de turbulence [%].

Ce dernier paramètre indique dans quelle mesure la vitesse locale et instantanée de l'air en un point fluctue autour de sa valeur moyenne.

En général, on ne tient pas compte de l'intensité de turbulence. Toutefois, pour éviter des courants d'air inconfortables, on considère :

- que la vitesse moyenne de l'air ne peut excéder 0,2 m/s dans des conditions de températures normales ;
- qu'il importe de bien placer et de bien dimensionner les composants de l'installation de ventilation.



t_{pm} = température moyenne de surface intérieure de parois (°C)
 t_c = température de confort
 t_a = température de l'air (°C)

LA VENTILATION DES LOCAUX ET LA SANTÉ DES OCCUPANTS

La préservation de l'environnement en général suscite un intérêt croissant ; la qualité de l'environnement intérieur des bâtiments en est un des aspects et va de pair avec une ventilation efficace.

LA QUALITÉ DE L'AIR

En pratique, il apparaît que la qualité de l'air extérieur laisse souvent à désirer. Elle est parfois à la limite de l'acceptable, surtout dans des régions urbaines ou industrielles.

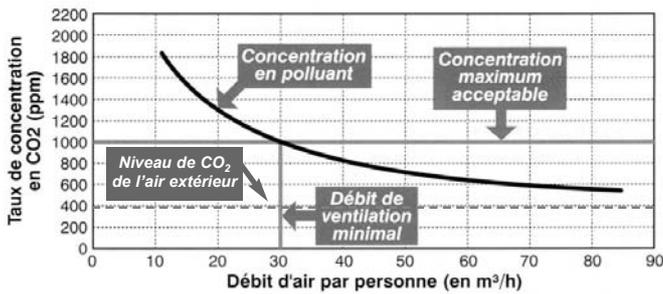
La qualité de l'air nécessaire pour atteindre la notion de confort est subjective et dépend des circonstances, de la densité d'occupation et du type d'utilisation du bâtiment.

Dans de nombreux cas, la qualité de l'air intérieur est également mauvaise ; tel est le cas dans les nombreux locaux où l'on fume. Depuis peu, les risques qu'impliquent le radon, l'asbeste et les formaldéhydes ont suscité une attention croissante. Les principaux polluants intérieurs proviennent du métabolisme, des activités des occupants

DÉFINITIONS

La ventilation est le renouvellement d'air nécessaire aux locaux ou espaces d'un bâtiment par l'amenée d'air extérieur. On distingue deux types de ventilation :

- **la ventilation de base ou hygiénique** : c'est la ventilation minimale nécessaire pour garantir une qualité de l'air suffisante, pour réduire la concentration des odeurs, de l'humidité et d'éventuelles substances nocives, ainsi que pour les évacuer. Elle requiert des débits d'air limités qui doivent pouvoir être appliqués de manière permanente ;
- **la ventilation intensive ou périodique** : contrairement à la ventilation de base, elle est nécessaire uniquement dans des circonstances plus ou moins exceptionnelles, comme :
 - par temps très chaud ou ensoleillement intensif provoquant une surchauffe ;
 - lors d'activités générant une production élevée de substances nocives ou d'humidité (travaux de peinture, par exemple) ;
 - lors d'une occupation extraordinaire, par exemple une réception.
 Il s'avère alors nécessaire d'aérer intensivement les locaux concernés par l'ouverture de certaines fenêtres ou portes pendant des périodes déterminées.



ppm = partie par million

VARIATION DE LA CONCENTRATION DE CO₂ EN FONCTION DU DÉBIT DE VENTILATION [20]

PARAMÈTRES POUVANT PROVOQUER LE "SYNDROME DU BÂTIMENT QUI REND MALADE"	
SYSTÈME DE VENTILATION	Taux de ventilation (trop élevé, trop bas) Mauvaise distribution de l'air Inefficacité du système Air conditionné Mauvaise filtration Mauvaise maintenance
POLLUANTS	
<i>Polluants intérieurs</i>	<i>Polluants extérieurs</i>
Dioxyde de carbone	Ozone
Monoxyde de carbone	Pollen
Poussières	Radon
Formaldéhyde	Fumées
Humidité	Composants organiques volatiles
Ions	Polluants industriels
Odeurs	Polluants des véhicules
OCCUPANTS	Age Sexe Etat général de santé Activité
AUTRES	Type de bâtiment Radiation électromagnétique Mauvais contrôle de l'environnement Éclairage Bruit Facteurs psychologiques Stress

et des émissions des matériaux :

- Le dioxyde de carbone CO₂ est produit par le métabolisme en fonction de l'activité. Le CO₂ ne constitue pas en soi un polluant détériorant la qualité de l'air, mais il donne une bonne mesure de la pollution de l'air due aux occupants (odeurs, vapeur d'eau, émanations biologiques...). Généralement, le niveau de CO₂ doit être maintenu sous 1.000 ppm (le niveau de CO₂ de l'air extérieur est de l'ordre de 350 à 400 ppm), ce qui équivaut plus ou moins à la limite à partir de laquelle les odeurs corporelles sont perçues par plus de 80 % des occupants d'un local.
- Les produits de combustion et du monoxyde de carbone CO : il est nécessaire d'estimer soigneusement les volumes d'éléments polluants produits et de s'assurer que l'aération soit suffisante pour maintenir les concentrations sous des limites acceptables. On ne peut tolérer que de très bas niveaux de CO : on spécifie parfois une valeur maximale de 0,02 % pour une exposition de 8 heures et de 0,1 % pour des expositions occasionnelles [35].

La problématique de la ventilation et des appareils à combustion sera abordée plus en détails à la page 49.

La ventilation s'avère toujours le moyen le plus efficace pour obtenir une bonne qualité de l'air dans les bâtiments.

Une mauvaise qualité de l'air intérieur peut se manifester sous la forme du "Syndrome du bâtiment qui rend malade", en anglais "Sick Building Syndrome", dont les symptômes sont, entre autres : léthargie, mal de tête, manque de concentration, irritation des yeux et de la peau, etc. (voir tableau ci-contre).

Assurer une bonne qualité de l'air, c'est prévoir une ventilation capable de diluer les polluants émis dans le bâtiment jusqu'à une concentration jugée acceptable, c'est-à-dire ne provoquant ni malaises, ni problèmes de santé.

L'efficacité de la ventilation dépend principalement de deux concepts, la distribution spatiale de l'air et celle des polluants :

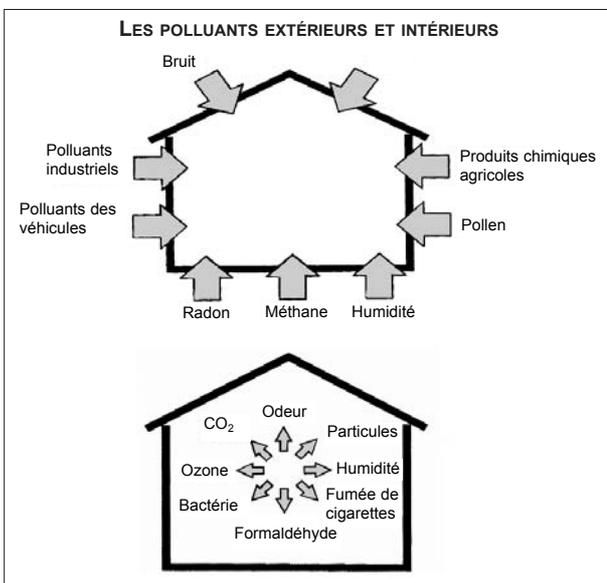
- le mélange entre l'air introduit et celui déjà présent dans un local n'est pas toujours uniforme et certaines zones peuvent parfois ne pas être ventilées correctement. La répartition du flux d'air dépend non seulement des caractéristiques des locaux, mais aussi du type de l'installation de ventilation ;
- la distribution des polluants est elle aussi unique pour chaque local et dépend principalement de l'efficacité de l'air échangé, de la localisation de la source polluante et de la densité des polluants.

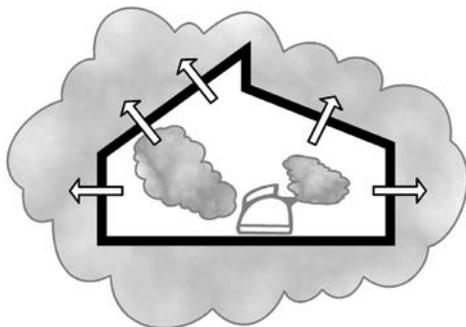
Ces deux mécanismes physiques sont développés plus en détail en Annexe 1.

L'HUMIDITÉ ET LES MOISSURES

Sous nos climats, l'air de tout local habité ou occupé contient plus de vapeur d'eau (en absolu) que l'air extérieur (la température intérieure étant supérieure à la température extérieure sur une grande partie de l'année), à moins qu'on intervienne en traitant l'air, car nos corps ainsi que nos activités dégagent de la vapeur d'eau.

La production de vapeur par notre corps, qui expire de l'air humide et qui transpire, dépend de l'activité et de la tem-





pérature ambiante. Au repos, elle est de l'ordre de 50 g/h et, en activité, elle peut atteindre 1.000 g/h dans une ambiance à température élevée.

L'intérieur du bâtiment est donc comme un réservoir de chaleur et de vapeur d'eau, qui tendent à s'échapper vers l'extérieur au travers des parois extérieures.

Généralement, une température faible, combinée à un degré d'humidité élevé, augmente le risque de condensation superficielle et/ou interne à la paroi. La composition de l'enveloppe doit éviter les ponts thermiques de sorte qu'en aucun endroit, on n'y rencontre des conditions de basse température qui, alliées à une forte teneur en vapeur d'eau, pourraient occasionner des dégradations.

En effet, l'hygroscopicité peut favoriser le développement de champignons, entraîner la dégradation de certains matériaux et, combinée au gel, l'éclatement des matériaux imprégnés.

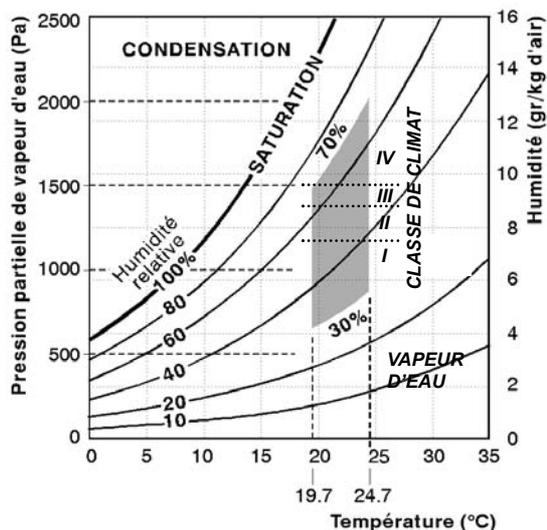
Dans le cadre du classement de leurs parois extérieures du point de vue hygrothermique, les bâtiments se subdivisent en fonction de la pression de vapeur de l'air intérieur, en se basant sur la pression annuelle moyenne p_i de la vapeur du climat intérieur (exprimée en pascals Pa), comme repris dans le tableau ci-contre.

Dans des conditions habituelles de confort, le taux courant d'humidité relative de l'air ambiant est préféré entre 30 et 70 %, pour des températures d'air entre 20 et 25° C (zone grisée sur le diagramme de Mollier ci-contre).

Dans le cas d'un local humide et chaud (salle de bain, de douche, cuisine), la température élevée de l'air le rend capable de contenir potentiellement plus de vapeur d'eau qu'en d'autres espaces du bâtiment. En cas de paroi froide ou de pont thermique, des condensations importantes sont à craindre.

En matière d'humidité relative, il faut surtout veiller à évacuer l'humidité produite. La production de vapeur d'eau doit rester un pic et la ventilation doit permettre un retour à la normale : une ventilation permanente est préférable à une ventilation intense mais de courte durée.

Classe de climat intérieur	Type de bâtiment	Exemples	p_i (Pa) [1 Pa = 1 N/m ²]
I	Bâtiments avec une production d'humidité nulle à faible	<ul style="list-style-type: none"> Lieux de stockage pour marchandises sèches Églises Salles de sport d'utilisation modérée 	$1.100 \leq p_i < 1.165$
II	Bâtiments bien ventilés avec une production d'humidité limitée	<ul style="list-style-type: none"> Habitations de grandes dimensions Écoles Magasins Bureaux non climatisés Unités de soins hospitaliers 	$1.165 \leq p_i < 1.370$
III	Bâtiments d'utilisation intense	<ul style="list-style-type: none"> Habitations moyennes Maisons de soins Bureaux faiblement climatisés (H.R. ≤ 60 %) 	$1.370 \leq p_i < 1.500$
IV	Bâtiments avec une production d'humidité élevée	<ul style="list-style-type: none"> Piscines Locaux industriels Blanchisseries Bureaux climatisés (H.R. > 60 %) 	$p_i \geq 1.500$



Une ventilation satisfaisante des locaux occupés, au moyen de l'air extérieur, est une exigence fondamentale pour obtenir des conditions environnantes acceptables à l'intérieur des bâtiments. Elle est, par conséquent, un élément essentiel de la conception d'un bâtiment et de ses équipements.

LA PARTICIPATION DE LA VENTILATION NATURELLE DANS LE BILAN THERMIQUE D'UN LOGEMENT

Pour un même volume habitable, l'architecture choisie détermine une volumétrie qui peut engendrer, selon le type de bâtiment, des superficies très différentes de parois de déperditions. La ventilation, par contre, engendre des déperditions sensiblement égales, quel que soit le type de volumétrie.

A surface habitable égale (ici 100 m²), passer d'une maison de plain-pied à un volume avec étage réduit les déperditions thermiques de l'enveloppe de l'ordre de 20 %, alors que celles de la ventilation restent pratiquement constantes. Ces dernières prennent donc une part de plus en plus importante dans les déperditions thermiques globales du bâtiment, au fur et à mesure que les formes deviennent plus compactes.

Dans une maison non isolée, la part de la ventilation dans les déperditions thermiques est pour ainsi dire négligeable ; au fur et à mesure que l'isolation se fait plus poussée, la part des pertes par ventilation augmente, jusqu'à égaler puis dépasser la part des pertes par l'enveloppe. Le cas de la maison mitoyenne illustre parfaitement cette évolution.

Plus les bâtiments sont isolés, plus les pertes de chaleur par ventilation prennent une part importante dans les déperditions thermiques.

A ce titre, elles comptent assurément parmi les postes à contrôler si on veut maîtriser la consommation de chauffage du bâtiment, tout en maintenant un niveau de ventilation minimum.

Le tableau ci-dessous donne, pour des qualités progressives de l'isolation thermique :

- le niveau d'isolation thermique globale K ;
- une comparaison entre les déperditions thermiques de l'enveloppe par transmission et celles par ventilation.

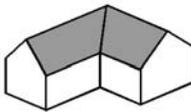
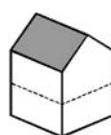
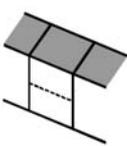
La participation de la ventilation (naturelle ou mécanique) dans le bilan énergétique global sera évaluée plus loin (voir p39) ; ici, seules les déperditions thermiques sont prises en compte.

Les hypothèses choisies 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 sans exigence particulière, à raison d'un total de 15 m² de fenêtres pour 100 m² habitables ;
- les planchers sont sur caves ;
- la ventilation se fait par **ventilation naturelle**, c'est-à-dire que les aménages d'air (dans les locaux "secs") et les évacuations d'air (depuis les locaux "humides") se font naturellement par des ouvertures réglables. Les ouvertures d'amenée d'air naturelle sont placées dans une paroi extérieure ou au droit d'une fenêtre ou d'une porte extérieure ; les ouvertures d'évacuation naturelle sont reliées à des conduits verticaux qui débouchent en toiture.
- conformément à la réglementation, les **débites 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 cet exemple 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. Cependant, en ventilation naturelle, le taux de ventilation n'est jamais constant et peut être supérieur ou inférieur à celui strictement nécessaire. Il y a donc un risque de sur-ventilation (ou sous-ventilation) que nous estimons à $\pm 20\%$ autour du débit nominal théorique. Etant donné que nous examinons ici les seules déperditions thermiques, nous avons envisagé le cas le plus défavorable, c'est-à-dire un taux de renouvellement d'air de 1,03 vol/h qui équivaut à un débit d'air amené de 257,5 m³/h. La prise en compte du débit nominal théorique aurait réduit la part des déperditions dévolue à la ventilation, d'environ 3 à 5 %.

MAISONS DE 100 M ² CHAUFFES SUR 1 OU 2 NIVEAUX, AVEC OU SANS MITOYENNETE	Type de logement	Qualité isolation thermique	U parois [W/m ² K]				Niveau K	Déperditions thermiques		
			T = toitures / M = murs F = fenêtres / P = planchers					en W/K	Enveloppe	en %
			T	M	F	P				
 De plain-pied	Non isolé	4,2	2,3	2,7	1,5	K208	699	[Bar chart]	89	
							88		11	
	Pour K55	0,3	0,5	2,7	0,6	K48	161	[Bar chart]	65	
							88		35	
	Pour K45	0,3	0,4	1,6	0,6	K39	132	[Bar chart]	60	
							88		40	
Pour K35	0,2	0,3	1,5	0,4	K29	99	[Bar chart]	53		
						88		47		
 2 niveaux seule	Non isolé	4,2	2,3	2,7	1,5	K214	524	[Bar chart]	86	
							88		14	
	Pour K55	0,3	0,5	2,7	0,6	K55	134	[Bar chart]	60	
							88		40	
	Pour K45	0,3	0,4	1,6	0,6	K43	105	[Bar chart]	54	
							88		46	
Pour K35	0,2	0,3	1,5	0,4	K33	81	[Bar chart]	48		
						88		52		
 2 niveaux mitoyen	Non isolé	4,2	2,3	2,7	1,5	K187	380	[Bar chart]	81	
							88		19	
	Pour K55	0,3	0,5	2,7	0,6	K42	103	[Bar chart]	54	
							88		46	
	Pour K45	0,3	0,4	1,6	0,6	K33	80	[Bar chart]	48	
							88		52	
Pour K35	0,2	0,3	1,5	0,4	K25	62	[Bar chart]	41		
						88		59		

POURQUOI VENTILER ?

LES RÔLES DE LA VENTILATION

L'ÉVOLUTION HISTORIQUE DU RÔLE DE LA VENTILATION

LES CONTEXTES

- LE CLIMAT
- L'ENVIRONNEMENT LOCAL
- LE TYPE DE BÂTIMENT
- L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR DE L'ENVELOPPE EXTÉRIEURE

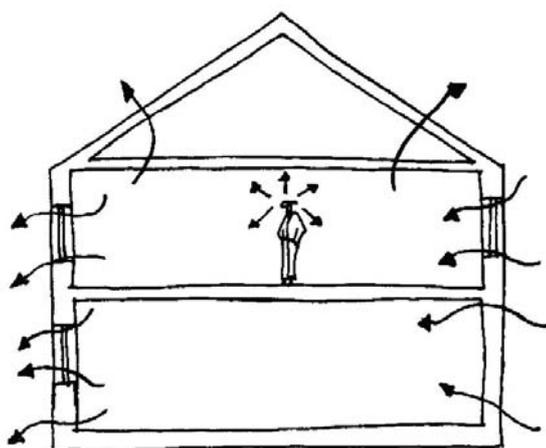
LES BESOINS

- LES EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES
 - Exigences de débits de ventilation de base selon la NBN D50-001
 - Exigences pour la ventilation des locaux spéciaux selon la NBN D50-001
 - Exigences pour la ventilation intensive ou périodique selon la NBN D50-001
 - Exigences de débits de ventilation de base de la Réglementation Wallonne pour les bureaux et les écoles

L'ÉVOLUTION HISTORIQUE DU RÔLE DE LA VENTILATION

Le discours sur la ventilation apparaît à la fin du XIX^{ème} siècle dans les textes d'hygiénistes et de réformateurs étudiant le logement de la classe ouvrière.

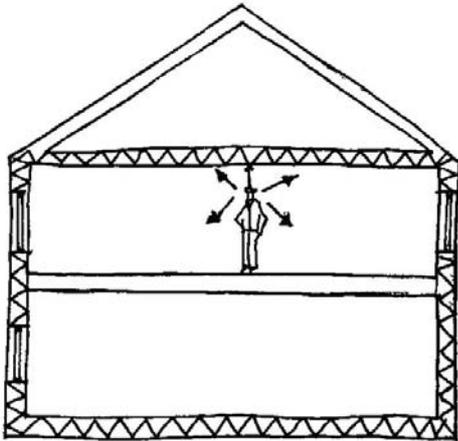
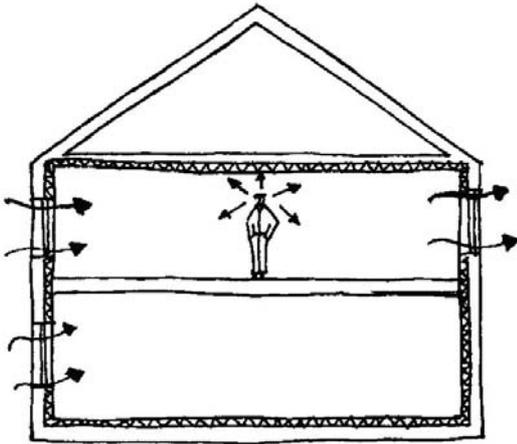
La multiplication d'espaces fermés, destinés à accueillir une grande foule, ainsi que l'apparition de l'éclairage au gaz et du chauffage par air chaud pulsé ont également contribué au développement des techniques de ventilation.



Si, par le passé, on se fiait aux fuites d'air pour assurer la ventilation des petits bâtiments, le perfectionnement des méthodes de construction, telle la pose de fenêtres plus étanches, de pare-air et pare-vapeur continus, ainsi qu'un plus grand souci du détail, ont augmenté l'étanchéité à l'air des bâtiments. Les fuites d'air ne constituent donc plus une source de ventilation suffisante pour répondre aux besoins de ventilation, dans les cas des bâtiments récents.

Une première augmentation notable du prix de l'énergie a contraint l'occupant à penser davantage en termes d'économie d'énergie. On a vu se dessiner une tendance à étancher les bâtiments, à réduire le taux de renouvelle-

POURQUOI VENTILER ? : LES RÔLES DE LA VENTILATION



ment d'air et, par conséquent, la consommation de chauffage nécessaire à la ventilation des locaux. De ce fait, la construction de bâtiments plus étanches à l'air a permis une réelle économie d'énergie.

Le choix de rendre les maisons de plus en plus étanches a suscité quelques inquiétudes quant à la "quantité de fuites d'air" permettant un taux d'infiltration d'air suffisant pour la santé et le bien-être des occupants. Ajouté au fait reconnu que de nouveaux polluants sont introduits dans les locaux par les matériaux de construction, les meubles et les activités de occupants, ce problème renforce le besoin d'une ventilation régulable dans les bâtiments et de mesures particulières pour l'élimination de certains polluants.

Dans une installation de ventilation naturelle, les amenées d'air et les évacuations d'air se font naturellement au moyen d'ouvertures réglables ; des ouvertures de transfert permettent le déplacement de l'air depuis les locaux "secs" vers les locaux "humides".

Les pressions et dépressions du vent, ainsi que la différence de température, occasionnent une différence de pression de part et d'autre des ouvertures d'alimentation et d'évacuation naturelles. Le débit réel de ventilation assuré par ces dispositifs dépend de cette différence de pression et n'est donc pas constant. L'ouverture des fenêtres et des portes, provoquant des entrées et sorties d'air souvent fort importantes, ne font qu'augmenter cette imprécision du renouvellement d'air.

La ventilation mécanique est alors apparue comme le moyen par excellence d'accroître la ventilation de façon contrôlée et, de ce fait, d'améliorer la qualité de l'air dans les bâtiments, sans toutefois sacrifier les autres avantages que présente une enveloppe plus étanche :

- la première étape de la ventilation mécanique a consisté à extraire l'air vicié des locaux humides (cuisines, salles de bain...) ou à concentration d'odeurs (W.-C.) et à évacuer vers l'extérieur : installation de ventilation mécanique à simple flux ;
- le pas suivant était, en plus de l'extraction mécanique, de pulser l'air neuf dans les locaux dits "secs" (séjours, chambres, etc.) : c'est l'installation de ventilation mécanique à double flux ;
- la reconnaissance du rôle de la ventilation sur la qualité de l'air a également attiré l'attention sur les possibilités de récupérer la chaleur de l'air extrait, de façon à favoriser les économies d'énergie : c'est l'installation de ventilation mécanique à double flux avec récupération de chaleur sur l'air extrait.

LES CONTEXTES

Le choix et le fonctionnement d'une installation de ventilation dépendent de plusieurs facteurs ou contraintes : le climat, l'environnement local, le type de bâtiment et l'étanchéité à l'air de l'enveloppe extérieure.

LE CLIMAT LOCAL

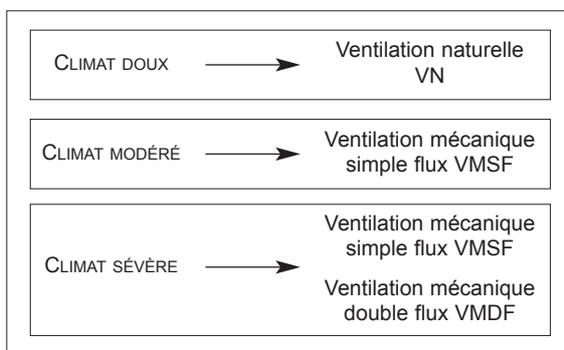
L'air utilisé lors de la ventilation provient de deux sources extérieures : l'air pénétrant lors de l'ouverture des portes et fenêtres et par les bouches réglables d'amenée et d'évacuation d'air, ainsi que celui s'infiltrant par les fentes et les ouvertures de l'enveloppe du bâtiment si celle-ci ne possède pas une bonne étanchéité à l'air ; tous les deux dépendent des conditions climatiques.

En effet, l'infiltration naturelle de l'air dans un bâtiment est due à des différences de pression entre l'extérieur et l'intérieur ; elles sont engendrées soit par le vent, soit par l'écart de température de part et d'autre de l'enveloppe extérieure.

De plus, le besoin d'énergie pour le chauffage ou le refroidissement de l'air introduit dans un bâtiment dépend de la sévérité du climat.

En ce qui concerne la ventilation, nous pouvons considérer trois catégories de climat [28] :

- **le climat doux** : pour ce type de climat, les périodes de chauffage ou de refroidissement de l'air sont minimales ; une ventilation naturelle est largement suffisante, sauf lorsque l'environnement extérieur est pollué et/ou bruyant ;
- **le climat modéré** : l'énergie nécessaire pour le chauffage ou le refroidissement de l'air peut être significative durant l'été ou l'hiver, mais des mesures de récupération d'énergie peuvent être appliquées pendant d'assez longues périodes. On rencontre ce type de climat en Belgique. Lors de ces saisons, une ventilation simple flux est conseillée ;
- **le climat sévère** : ce climat est caractérisé par des hivers longs et froids et/ou des étés excessivement chauds. Les demandes en énergie pour le chauffage et le conditionnement de l'air sont importantes. Les sources de polluants doivent être éliminées afin de réduire le besoin de ventilation. Une ventilation mécanique simple flux, voire même souvent double flux, s'avère nécessaire.



N.B. : ce schéma est à relativiser en fonction du type de bâtiment et de l'environnement.

L'ENVIRONNEMENT LOCAL

L'environnement local peut être de plusieurs types :

- **zones rurales** : une filtration de l'air doit être prévue lorsque les habitants sont hypersensibles à certains polluants, comme le pollen par exemple.
- **bâtiments environnants** : l'implantation des bâtiments les uns par rapport aux autres peut influencer la direction des vents et donc la ventilation naturelle et les infiltrations d'air au travers du bâtiment ;
- **banlieues résidentielles** : elles sont généralement situées en dehors des centres urbains. En ces endroits, il n'y a pas de

contraintes particulières pour la ventilation, si ce n'est qu'il faut tenir compte de la direction des vents par rapport à l'implantation du bâtiment ;

- **environnement fortement industrialisé** : caractérisé par une mauvaise qualité de l'air extérieur due aux fumées et polluants industriels. L'installation de ventilation doit par conséquent être munie d'un système de filtration. Un environnement bruyant complique la solution de ventilation par les grilles insérées dans les parois extérieures.

LE TYPE DE BÂTIMENT

- **Les habitations** : elles sont occupées pendant des périodes assez longues et les principaux polluants sont l'humidité, les produits de combustion du gaz de cuisson et/ou du chauffage, le mazout, la fumée de cigarette, le radon, etc.

- **Les habitations basses** : des installations de ventilation mécanique à double flux sont fréquentes dans des pays au climat sévère mais, lorsque le climat est modéré, ce type d'installation n'est pas forcément nécessaire. Tout dépend de l'environnement local, de l'implantation du bâtiment, de l'étanchéité à l'air de l'enveloppe extérieure et de la performance de l'installation de ventilation.

Les fuites d'air naturelles dans une habitation surviennent par effet de tirage, chaque fois que la température extérieure est inférieure à celle de la maison.

- **Les immeubles à appartements** : si chaque appartement possède sa propre installation de ventilation, il faut être certain qu'il n'y ait pas d'infiltration d'air pollué provenant des appartements voisins. C'est pourquoi il est préférable de réaliser des installations, de ventilation et de chauffage, centralisées pour tout l'immeuble.

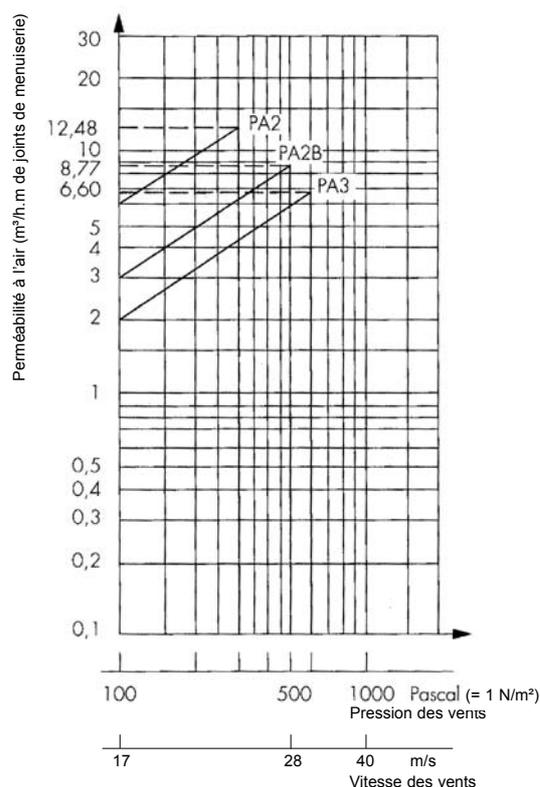
- **Les immeubles de bureaux** : leur densité d'occupation est plus élevée que celle des habitations (de l'ordre de 1 personne par 10 m²). Les polluants principaux proviennent de l'occupation (CO₂, odeurs, fumée de cigarette), des équipements électriques, du trafic extérieur.

- **Les immeubles de bureaux de grande taille** : dans de grands complexes, les dégagements internes de chaleur sont importants, ce qui peut nécessiter le refroidissement de l'air intérieur par l'installation de ventilation (voir page 29), même dans des pays au climat doux, voire froid. Les installations de ventilation doivent être "zonées" afin de pouvoir s'accommoder aux besoins.

- **Les immeubles de petite ou moyenne taille** (+/- 4 étages) : dans les climats doux et modérés, une installation de ventilation simple flux est souvent suffisante. Cependant, le choix de l'installation dépend surtout des dégagements de chaleur internes et de la constitution des parois de l'enveloppe afin d'éviter les apports solaires excessifs en été.

POURQUOI VENTILER ? : LES RÔLES DE LA VENTILATION

DÉTERMINATION DE LA CLASSE DE PERMÉABILITÉ À L'AIR DES FENÊTRES [13]



Les 3 classes PA2, PA2B et PA3 donnent un débit de fuite d'air maximum admissible par mètre de joint de menuiserie en fonction de la différence de pression.

DÉFINITION DU PASCAL [Pa] : unité de pression équivalant à un N/m².

1 Pa = 1 N/m²
100.000 Pa = 1 bar
101.325 Pa = 1 atm

L'étanchéité à l'air de l'enveloppe extérieure peut être mesurée de manière relativement simple par l'**essai dit de "pressurisation"** : il consiste à placer, dans une porte ou une baie de fenêtre, un ou plusieurs ventilateurs qui mettent l'habitation en dépression ou en surpression. On détermine ainsi la relation entre la différence de pression au niveau de l'enveloppe du bâtiment et le débit d'air [13].

Ensuite, un calcul de régression permet de déterminer le débit d'air pour **une différence de pression de 50 Pa**. Le rapport entre le débit d'air et le volume du bâtiment indique le taux de ventilation pour une différence de pression de 50 Pa, c'est-à-dire la valeur n_{50} .

Cette valeur n_{50} permet d'évaluer le " n_{sb} ", taux de ventilation saisonnier moyen, qui ne tient compte que du débit d'infiltration d'air par les fuites dans l'enveloppe du bâtiment, et ce au moyen de la formule : $n_{sb} = \frac{n_{50}}{a}$

où le facteur a dépend de l'influence du vent sur l'habitation :

- $a = 30$ pour les habitations fortement protégées ;
- $a = 10$ pour les habitations fortement exposées.

Généralement, on affecte, au facteur a , une valeur de 20 (protection moyenne).

L'étanchéité à l'air moyenne de l'habitat belge s'élève à environ $n_{50} = 8,7 \text{ h}^{-1}$ correspondant à 8,7 renouvellements d'air par heure [13].

Pour une différence de pression de 2 Pa, l'étanchéité à l'air moyenne de l'habitat belge s'élève à $0,44 \text{ h}^{-1}$ correspondant à 0,44 renouvellement d'air par heure.

On peut, également, déterminer le taux du flux d'air grâce à la **méthode du "gaz-traceur"** : on introduit un gaz inerte dans un local et, en observant l'évolution de sa concentration, on peut évaluer le taux du flux d'air circulant dans le local.

L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR DE L'ENVELOPPE EXTÉRIEURE

Elle joue un rôle important pour la performance d'une installation de ventilation. Une installation efficace va de pair avec une bonne étanchéité à l'air de l'enveloppe extérieure, dans laquelle les ouvertures pratiquées sont intentionnelles. Les fuites d'air incontrôlées peuvent, en effet, provoquer un court-circuit du flux de ventilation, la dispersion des odeurs et des polluants, une consommation exagérée d'énergie, des courants d'air...

L'étanchéité à l'air des bâtiments varie considérablement en fonction du soin de la construction. Des bâtiments apparemment identiques peuvent avoir des étanchéités à l'air complètement différentes.

Lorsque l'on parle d'étanchéité à l'air des bâtiments, on pense généralement à l'étanchéité des fenêtres et des portes. Il existe, à ce niveau, des méthodes d'essai normalisées, ainsi que des valeurs maximales admissibles pour le débit d'air par mètre de joint entre menuiserie [13].

L'étanchéité à l'air des fenêtres et des portes doit être mesurée conformément à la norme belge NBN B 25-204.

Les exigences sont définies dans les STS 52 : on y distingue trois classes de perméabilité à l'air (PA2, PA2B et PA3), qui donnent un débit de fuite d'air maximum admissible par mètre de joint de menuiserie en fonction de la différence de pression (voir graphique ci-contre).

Les exigences sont exprimées en fonction de l'action du vent (hauteur du bâtiment) :

HAUTEUR AU DESSUS DU SOL	CLASSE DE PERMÉABILITÉ À L'AIR
0 à 10 m	PA2B (*)
10 à 18 m	PA2B(*)
> 18 m	PA3
(*) En cas de climatisation, la classe PA3 est toujours exigée	

La plupart des fenêtres satisfont à l'exigence la plus sévère : les nouveaux châssis sont en général très étanches à l'air.

L'étanchéité à l'air d'un bâtiment est caractérisée par la Surface de Fuite Equivalente SFE, en anglais : Equivalent Leakage Area ELA (voir encadré ci-dessous) [31].

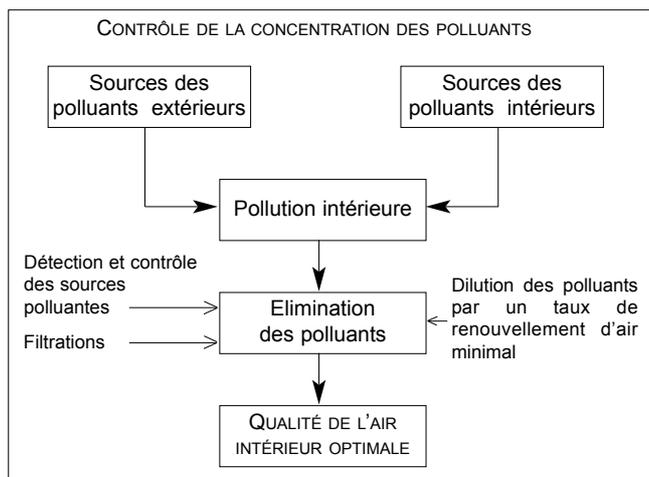
En général, les immeubles à appartements sont plus étanches à l'air que les maisons unifamiliales. Dans ces dernières, le manque d'étanchéité constaté est en partie imputable aux fuites locales comme les ouvertures vers les caves, greniers, garages, etc.

La Surface de Fuite Equivalente (SFE) correspond à la surface totale des fuites de l'enveloppe du bâtiment, exprimée en cm² d'après celle d'un orifice au contour défini qui lui permettrait un écoulement d'air comparable à celui qui se fait par l'ensemble de ces fuites dans l'enveloppe du bâtiment.

L'expression du résultat obtenu, en fonction d'une portion normale ou représentative de l'enveloppe du bâtiment, donne la Surface de Fuite Normalisée (SFN). La SFN s'obtient en divisant la SFE par la superficie d'enveloppe du bâtiment et s'exprime en cm² de surface de fuite par m² de surface d'enveloppe du bâtiment. Par ailleurs, on peut comparer l'importance des fuites de bâtiments de dimensions différentes en exprimant la surface de fuite en fonction d'1 m² d'enveloppe du bâtiment.

POURQUOI VENTILER ? : LES RÔLES DE LA VENTILATION

LES BESOINS



ORDRE DE GRANDEURS POUR LA VENTILATION GÉNÉRALE [6]

En multipliant le volume du local par la moyenne conseillée de renouvellement d'air par heure, on obtient un ordre de grandeur indicatif du débit nécessaire en m³/heure.

Désignation du local	Renouvellements d'air par heure
Ateliers en général	6 à 10
Atelier de confection	6 à 10
Ateliers de charcuterie	20 à 30
Ateliers de peinture	60 à 100
Banque	3 à 6
Bar	10 à 15
Blanchisseries - Lavoirs	40 à 50
Boulangeries - Ateliers	20 à 30
Bureaux	8 à 10
Café - Brasserie	10 à 15
Chambre noire	10 à 15
Cuisines domestiques	15 à 20
Cuisines industrielles et collectives	20 à 30
Dancing	20 à 30
Eglises	1 à 3
Fabriques en général	6 à 10
Fonderie	20 à 30
Garage	6 à 10
Hôpital	4 à 6
Laboratoires	8 à 10
Local compresseurs	40 à 60
Local douches	20 à 30
Local de soudure	20 à 30
Magasins - Entrepôt	4 à 6
Parking	6 à 10
Piscines	20 à 30
Restaurants (local)	6 à 10
Salle de bain	6 à 10
Salle de banquet	6 à 10
Salle de billard	6/10
Salle de classe	3 à 6
Salle de club	10 à 15
Salle de danse	10 à 15
Salle de machines	20 à 30
Salle de transformateurs	40 à 60
Teinturerie	20 à 30
Théâtre	4 à 6
Toilettes	10 à 30

Un aspect essentiel d'une installation de ventilation est la détermination du taux de renouvellement d'air nécessaire à l'espace ventilé.

Les besoins de ventilation découlent habituellement de la nécessité de contrôler la concentration des éléments polluants aptes à produire des odeurs désagréables ou des effets toxiques.

Pour maximiser les économies d'énergie, il faut réduire autant que possible le taux de renouvellement d'air durant la période de chauffe et, en été, utiliser le refroidissement de nuit, par une surventilation de l'habitation.

La ventilation doit néanmoins rester suffisante afin d'empêcher l'accumulation d'agents contaminants dans l'air intérieur et de permettre aux occupants de respirer, de façon à assurer la bonne santé des occupants.

Il ne faut cependant pas oublier qu'une ventilation excessive peut compromettre le confort, créer des courants d'air et réduire excessivement le niveau d'humidité. A l'inverse, une ventilation insuffisante et un chauffage inadéquat peuvent aussi favoriser la condensation et l'apparition de moisissures sur les parois intérieures des murs et des plafonds.

Les besoins de ventilation hygiénique varient en fonction de la densité d'occupation et de l'utilisation du bâtiment, ainsi que de l'environnement extérieur (pollution, etc.).

Ils devraient s'estimer donc en fonction des facteurs suivants :

- dimensions du local ;
- nombre et activités des occupants ;
- chaleurs parasites produites par les machines et les radiations solaires ;
- humidité ;
- température extérieure et variation de températures ;
- sources de polluants.

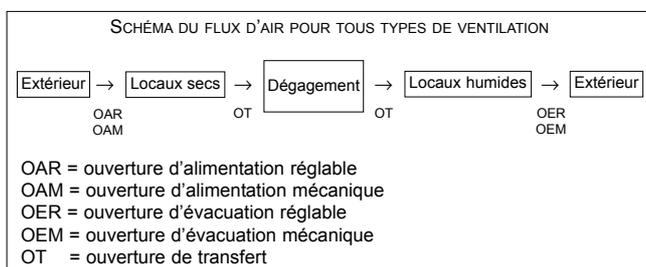
Pour des raisons de simplification, l'installation de ventilation doit être basée sur un taux de renouvellement d'air minimum défini par les normes et règlements, avec des conditions spéciales pour des problèmes spécifiques tels que les polluants ou le refroidissement de l'air.

LES EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES [13] [26]

La norme belge **NBN D50-001** donne des directives permettant de construire des habitations qui pourront être convenablement ventilées. Elle stipule que les bâtiments ou parties de bâtiments destinés à l'habitation ou à l'hébergement doivent être équipés de tous les dispositifs nécessaires à une ventilation efficace de l'immeuble.

Les exigences et recommandations de la norme s'appliquent :

- aux nouvelles habitations ou aux nouveaux immeubles d'habitation ;
- aux parties de constructions neuves destinées au logement ;
- aux parties de bâtiments destinés à l'hébergement ou à l'ha-



POURQUOI VENTILER ? : LES RÔLES DE LA VENTILATION

A titre d'information, voici quelques besoins réglementaires imposés en Europe et aux Etats-Unis :

EN EUROPE [17] :

La norme CR1752 (1998) "Ventilation for buildings - Design criteria for indoor environment" donne les valeurs suivantes :

• **Tableau 1** : critères de conception pour des locaux dans différents types de bâtiment

TYPE DE LOCAUX	TAUX D'OCCUPATION [personne/m ²]	CATEGORIE	TAUX DE VENTILATION [m ³ /h par m ² de surface au sol]	TAUX DE VENTILATION ADDITIONNEL LORSQU'IL EST PERMIS DE FUMER (*) [m ³ /h par m ² de surface au sol]
Bureau individuel	0,1	A	7,2	-
		B	5,0	-
		C	2,9	-
Bureau commun	0,07	A	6,1	2,5
		B	4,3	1,8
		C	2,5	1,1
Salle de conférence	0,5	A	21,6	18,0
		B	15,1	13,0
		C	8,6	7,2
Auditoire	1,5	A	57,6	-
		B	40,3	-
		C	23,0	-
Cafétéria ou restaurant	0,7	A	28,8	-
		B	20,2	18,0
		C	11,5	10,1
Salle de classe	0,5	A	21,6	-
		B	15,1	-
		C	8,6	-
Garderie	0,5	A	25,6	-
		B	17,6	-
		C	10,1	-
Magasin	0,15	A	15,1	-
		B	10,8	-
		C	5,8	-

(*) Le taux additionnel de ventilation est requis lorsque 20 % des occupants sont des fumeurs. Lorsqu'il n'y a pas de valeur, les données du tableau 2 sont d'application.

• **Tableau 2** : Taux de ventilation requis par occupant
Ce tableau suppose que les occupants constituent la seule source de pollution.

CATEGORIE	TAUX DE VENTILATION REQUIS [m ³ /h par occupant]			
	NON FUMEURS	20 % DE FUMEURS	40 % DE FUMEURS (*)	100 % DE FUMEURS (*)
A	36	72	108	108
B	25,2	50,4	75,6	75,6
C	14,4	28,8	43,2	43,2

(*) De 40 à 100 % de fumeurs, le taux de ventilation requis reste le même puisque les fumeurs sont plus tolérants envers les fumées de cigarettes que les non-fumeurs.

AUX ETATS-UNIS [35] [4] :

La norme ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) 62-1981 recommande, pour les usages d'habitation, un débit de ventilation continu de 18 m³/h par pièce, ainsi qu'une capacité d'extraction occasionnelle de 90 m³/h pour chaque salle de bain et de 180 m³/h pour la cuisine. On obtient ainsi une capacité d'extraction globale de 270 m³/h pour un logement comprenant une cuisine et une salle de bain.

DÉBITS D'AMENÉE D'AIR EXTÉRIEUR RECOMMANDÉS PAR ASHRAE		
	Estimation maximale d'occupation (personnes/100 m ²)	Débit requis (m ³ /h par personne)
Bureau	7	36
Salle de conférence	60	36
Auditoire	150	27
Salle de classe	50	27
Réfectoire	70	36
Bar, loge	100	54
Discothèque	100	45
Fumoir	70	108
Chambre d'hôpital	10	45
Magasin	20 - 30	0,36 - 5,4 m ³ /h par m ²
Résidence		min. 27

bitation (hôpitaux, maisons de repos, hôtels, prisons, etc.) ;
• aux bâtiments existants qui ne sont pas destinés à l'habitation mais qui sont transformés en immeubles d'habitation.

Les dispositifs à prévoir pour la ventilation de base sont :

- une amenée d'air dans les espaces dits "secs" : salle de séjour, chambres, salles d'étude ou de jeu ;
- des ouvertures de transfert direct au droit des portes intérieures et/ou des murs intérieurs entre les locaux "secs" et les locaux "humides" (W.-C., salle de bain, cuisine, etc.) ;
- une évacuation d'air au départ des espaces dits "humides", vers l'extérieur.

En outre, la ventilation intensive ou périodique est nécessaire ponctuellement pour évacuer des odeurs désagréables exceptionnelles et temporaires ou en cas de surchauffe thermique temporaire.

EXIGENCES DE DÉBITS DE VENTILATION DE BASE SELON LA NBN D50-001

	AMENÉE D'AIR NEUF	EVACUATION D'AIR VICIÉ
Règle générale	3,6 m ³ /h par m ² de surface au sol	
AVEC POUR LIMITES PARTICULIÈRES :		
Living	min. 75 m ³ /h, max. 150 m ³ /h	
Chambres, locaux d'études et de jeux	min. 25 m ³ /h max. 36 m ³ /h par pers	
Cuisines fermées, S.D.B, buanderies		min. 50 m ³ /h, max. 75 m ³ /h
Cuisines ouvertes		min. 75 m ³ /h
W.-C.		25 m ³ /h

Les ouvertures de transfert doivent toujours rester ouvertes et ne peuvent donc être réglables. Elles doivent satisfaire aux exigences suivantes :

	Débits min. de transfert requis pour une $\Delta p = 2 \text{ Pa}$
Salle de séjour	25 m ³ /h
Chambre, salle d'étude et de jeu	25 m ³ /h
S.D.B, buanderie	25 m ³ /h
Cuisine	50 m ³ /h
W.-C.	25 m ³ /h

EXIGENCES POUR LA VENTILATION DE LOCAUX SPÉCIAUX SELON LA NBN D50-001

Les pièces d'habitation et les cuisines, salles de bain, W.-C. et buanderies sont soumis aux exigences de la ventilation de base.

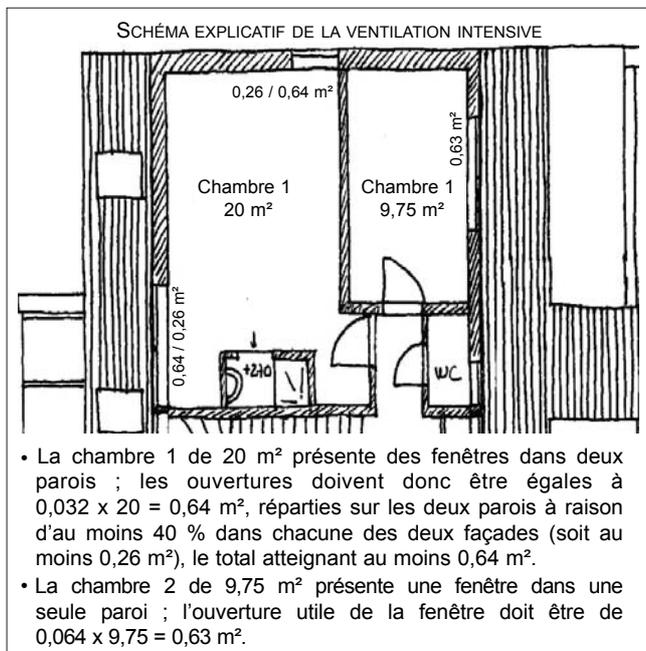
Outre ces pièces, il existe, dans les bâtiments d'habitation, d'autres locaux qui doivent également être ventilés et qui font l'objet d'exigences spécifiques dans la norme belge, c'est-à-dire :

- les couloirs et cages d'escaliers communs dans les immeubles collectifs ;
- les locaux de stockage des ordures ménagères ;
- les gaines et cabines d'ascenseurs ;
- les garages ;
- les chaufferies et locaux de chauffe ;
- les caves ;
- les greniers ;

POURQUOI VENTILER ? : LES RÔLES DE LA VENTILATION

- le local contenant le compteur de gaz ;
- les soutes à combustibles ;
- les débarras ;
- les locaux renfermant des appareils de combustion non-étanches.

Une description des dispositifs de ventilation à prévoir dans chacun de ces locaux est reprise dans l'annexe 4 concernant la norme NBN D50-001.



EXIGENCES POUR LA VENTILATION INTENSIVE OU PÉRIODIQUE SELON LA NBN D50-001

Ce type de ventilation est assuré par l'ouverture des portes et/ou fenêtres dont la superficie doit au moins équivaloir à :

- 6,4 % de la superficie au sol des pièces présentant des ouvertures dans une seule façade ;
- 3,2 % de la superficie au sol des pièces présentant des portes et des fenêtres ouvrantes dans plusieurs façades ; chaque façade comporte au moins 40 % de la superficie totale requise pour la ventilation intensive.

Pour la ventilation des cuisines, en l'absence de fenêtres ou de portes extérieures, un débit de ventilation intensive de 200 m³/h minimum est requis ; dans ce dernier cas, la hotte peut être considérée comme un système de ventilation intensive.

EXIGENCES DE DÉBITS DE VENTILATION DE BASE DE LA RÉGLEMENTATION WALLONNE POUR LES BUREAUX ET LES ÉCOLES [34]

	DÉBITS À RÉALISER
EVACUATION MÉCANIQUE D'AIR VICIÉ	
Sanitaires	30 m ³ /h par appareil sanitaire (si fonctionnement continu) 60 m ³ /h par appareil sanitaire (si fonctionnement intermittent)
AMENÉE D'AIR NEUF	
Bureau individuel	2,9 m ³ /h par m ² de surface au sol
Bureau commun	2,5 m ³ /h par m ² de surface au sol
Salle de réunion	8,6 m ³ /h par m ² de surface au sol
Auditoire, salle de conférence	23 m ³ /h par m ² de surface au sol
Restaurant, cafétéria	11,5 m ³ /h par m ² de surface au sol
Classe	8,6 m ³ /h par m ² de surface au sol
Jardin d'enfants	10,1 m ³ /h par m ² de surface au sol

Parallèlement à cette réglementation, la Réglementation Générale pour la Protection du Travail (RGPT) impose, dans les locaux occupés, un débit d'air neuf de 30 m³/h et par personne.

En Belgique, il n'existe pas d'imposition de débit de ventilation propre aux halls de sports. A titre d'exemple, voici les recommandations françaises de l'arrêté du 12 mars 1976 :

Salle d'activité	25 m ³ /h par sportif 18 m ³ /h par spectateur
Douches collectives	18 m ³ /h par occupant
Toilettes	18 m ³ /h par occupant
Vestiaires	18 m ³ /h par occupant

L'apport d'air neuf, dans une salle de sports, nécessaire à la respiration des occupants et à l'évacuation des polluants, doit être calculé en fonction du nombre des occupants potentiels et non en fonction d'un taux de renouvellement d'air.

COMMENT VENTILER ?

LES MOYENS DE VENTILATION

LES DIFFÉRENTS TYPES D'INSTALLATION DE VENTILATION

LE PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA VENTILATION

LE PLAN DE PRESSION NEUTRE

LE PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA VENTILATION NATURELLE (SYSTÈME A)

LES PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT DE LA VENTILATION MÉCANIQUE

INSTALLATION DE VENTILATION À ALIMENTATION MÉCANIQUE (SYSTÈME B)

INSTALLATION DE VENTILATION À EXTRACTION MÉCANIQUE (SYSTÈME C)

Installation de ventilation à extraction mécanique ponctuelle

Installation de ventilation à extraction mécanique centrale

INSTALLATION DE VENTILATION À ALIMENTATION ET EXTRACTION MÉCANIQUES (SYSTÈME D)

TABLEAU RÉCAPITULATIF DES DIFFÉRENTS TYPES D'INSTALLATION DE VENTILATION

LES CRITÈRES GÉNÉRAUX DE CHOIX

LE COÛT D'UNE INSTALLATION DE VENTILATION

L'ÉNERGIE D'UTILISATION

Le chauffage combiné à la ventilation

Le rafraîchissement combiné à la ventilation (free cooling)

LE CONTRÔLE DE LA VENTILATION

LA MAINTENANCE DE L'INSTALLATION DE VENTILATION

LE RENDEMENT À LONG TERME

LES DIFFÉRENTS TYPES D'INSTALLATION DE VENTILATION

Dans un premier temps, il faut choisir le type d'installation de ventilation (naturelle, simple flux, double flux) en fonction non seulement des contraintes imposées par le type de bâtiment, le climat, l'étanchéité à l'air de l'enveloppe extérieure et l'environnement, mais aussi de celles induites par le coût et la performance de l'installation, l'énergie d'utilisation et la facilité de maintenance.

Les composants d'une installation (ventilateurs, conduits, diffuseurs, bouches d'amenées d'air, extracteurs d'air, grilles, etc.) doivent répondre à ces contraintes, mais assurer un débit d'air permettant de satisfaire la réglementation et d'atteindre le confort.

Des mesures et des calculs permettent de vérifier si les composants d'une installation de ventilation sont adaptés

COMMENT VENTILER ? : LES MOYENS DE VENTILATION

aux besoins.

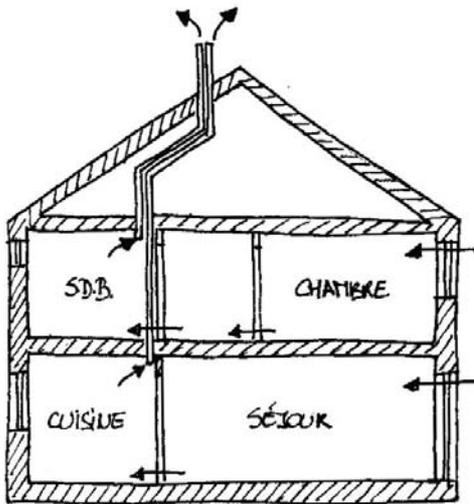
Par ces méthodes, diverses estimations sont possibles, comme par exemple :

- le flux d'air induit par infiltration et ventilation ;
- l'influence des paramètres tels que le climat, l'étanchéité à l'air ;
- le taux et la direction du flux d'air ;
- le flux d'air entre deux pièces ;
- la concentration des polluants ;
- l'impact sur l'énergie.

La norme NBN D50-001 distingue quatre systèmes de ventilation :

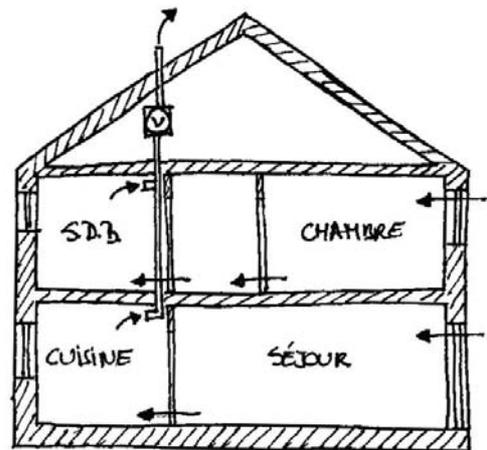
SYSTÈMES DE VENTILATION SELON LA NORME NBN D50-001 [26]	PROCÉDÉS DE VENTILATION	
	AMENÉE D'AIR	EVACUATION D'AIR
A	naturelle	naturelle
B	mécanique	naturelle
C	naturelle	mécanique
D	mécanique	mécanique

TYPES D'INSTALLATIONS DE VENTILATION



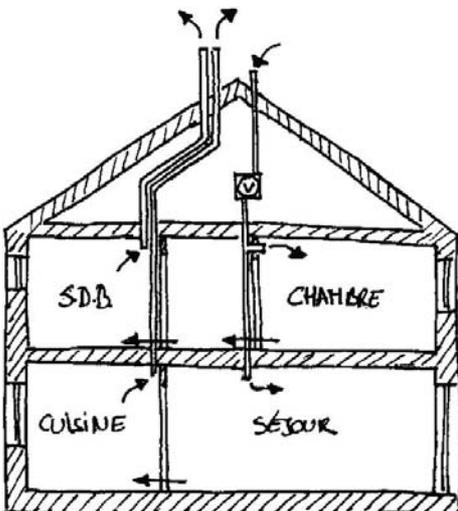
SYSTÈME A

PAGE 21



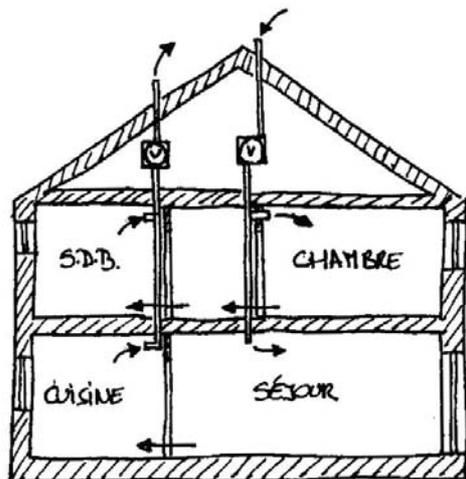
SYSTÈME C

PAGE 23



SYSTÈME B

PAGE 22



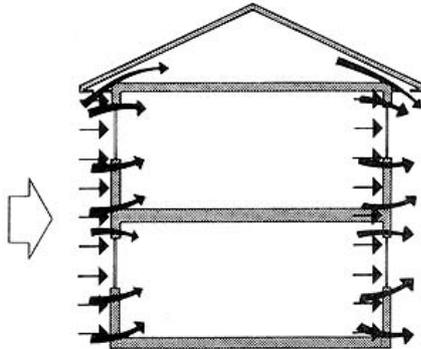
SYSTÈME D

PAGE 24

LE PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA VENTILATION

FUITES D'AIR DUES AU VENT [22]

Le volume d'écoulement d'air attribuable au vent peut être évalué à l'aide d'un simple modèle bidimensionnel, par exemple une maison centrale dans une série de maisons mitoyennes.



Lorsque la vitesse moyenne du vent est de 16 km/h, une pression d'environ 10 Pa s'exerce sur l'extérieur du mur côté vent, tandis qu'une pression égale s'applique contre la face intérieure du mur sous le vent. Si les orifices de ventilation du toit ont la même surface sur les côtés au vent, aucune différence de pression n'est produite par le vent de part et d'autre du plafond. Dans ce cas, la totalité de l'écoulement ou presque se fait vers l'intérieur, à travers le mur exposé au vent, et un écoulement semblable se produit vers l'extérieur par le mur sous le vent.

Le débit d'un fluide à travers un trou ou une ouverture est proportionnel à la surface d'ouverture et à la différence de pression maintenue de part et d'autre de l'orifice. Plus l'ouverture est grande, plus l'écoulement est important ; plus la différence de pression est élevée, plus le débit est élevé.

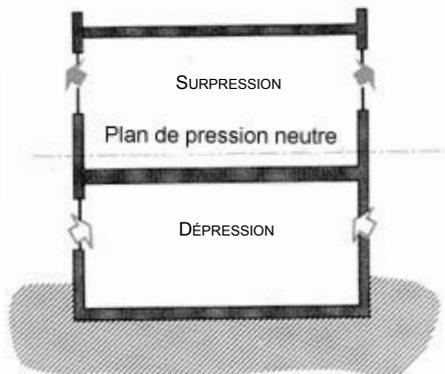
Le débit d'écoulement, ou taux de renouvellement d'air, ne dépend pas seulement des dimensions et du trajet de fuite, mais aussi de l'ampleur et de la direction de la pression exercée.

LE PLAN DE PRESSION NEUTRE

La notion de plan de pression neutre (PPN) aide à comprendre l'effet de l'installation de ventilation sur la répartition de la pression de l'air. Elle s'apparente au phénomène de tirage, selon lequel l'air froid pénètre par la partie basse d'un bâtiment et l'air chaud s'évacue vers l'extérieur par la cheminée.

L'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur d'un bâtiment amène un écart de pression. Le PPN correspond à la hauteur à laquelle la pression est la même à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment, lorsqu'il n'y a pas ou presque pas de vent.

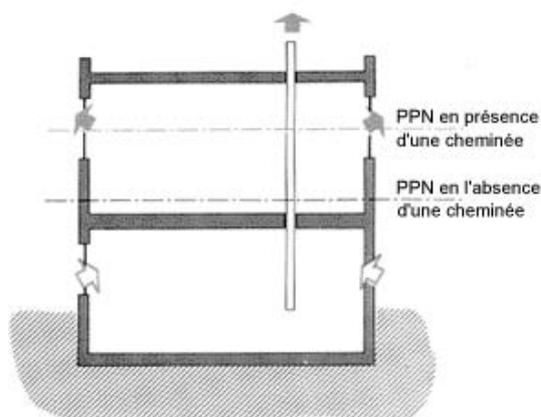
Au-dessous du PPN, l'écart de pression fait pénétrer l'air dans le bâtiment (dépression) ; au-dessus, il l'expulse au dehors (surpression).



PLAN DE PRESSION NEUTRE EN L'ABSENCE DE CHEMINÉE

Dans un bâtiment sans cheminée, ni ventilateur d'extraction, le vent fait pénétrer de l'air à travers la façade exposée et en fait sortir à travers la façade sous le vent.

Le PPN se situe donc à peu près à mi-hauteur. C'est la ligne de démarcation entre la partie de l'enveloppe du bâtiment où il y a infiltration d'air et celle où il y a extraction d'air. Son emplacement exact dépend de la répartition des fuites d'air dans l'enveloppe du bâtiment.



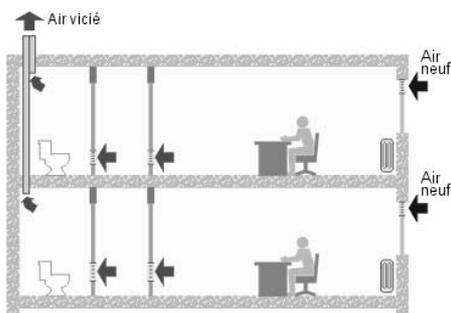
EFFET DE LA CHEMINÉE SUR LE PLAN DE PRESSION NEUTRE

Dans une maison avec cheminée, le tirage de celle-ci tend à diminuer la pression intérieure du bâtiment, de sorte que, dans la plupart des circonstances, la circulation d'air se fait vers l'intérieur à travers tous les murs et vers le bas à travers le plafond. L'air qui s'infiltré dans la maison finit par être évacué avec les produits de combustion par la cheminée.

La cheminée constitue un point de fuite supplémentaire dans la partie supérieure de l'enveloppe. Le PPN se trouve alors plus haut, et l'infiltration d'air ainsi que le taux global de fuite d'air augmentent.

Autrement dit, plus l'emplacement du PPN est haut, plus la partie de l'enveloppe où s'exercent les pressions causant les extractions d'air est réduite. L'évacuation d'air par la cheminée comble l'écart qui existe entre les infiltrations et les extractions d'air se faisant par les autres ouvertures de l'enveloppe du bâtiment.

LE PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA VENTILATION NATURELLE (SYSTEME A)



PRINCIPE DE LA VENTILATION NATURELLE

LES AVANTAGES DE LA VENTILATION NATURELLE

- Aucune consommation électrique n'est demandée.
- Les éléments de ventilation naturelle demandent très peu d'entretien et ne comprennent pas de ventilateurs bruyants.

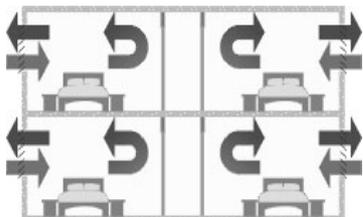
LES INCONVÉNIENTS DE LA VENTILATION NATURELLE

- La performance de la ventilation n'est pas garantie : elle dépend des phénomènes naturels du mouvement de l'air.
- L'air neuf n'est pas filtré.
- Les grilles d'amenée d'air peuvent laisser filtrer les bruits extérieurs.
- Les grilles d'ouvertures peuvent engendrer un inconfort.
- Les ouvertures entre les locaux favorisent le passage des bruits gênants.
- Les évacuations doivent se faire par des conduits verticaux
- Les débouchés des conduits d'extraction verticaux doivent se situer près du faîtage.
- Les ouvertures dans les façades sont parfois peu esthétiques.

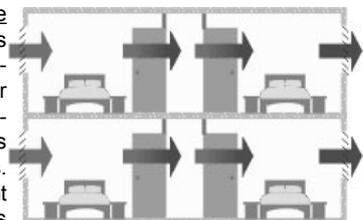
MODES DE VENTILATION INTENSIVE

La ventilation naturelle intensive s'opère selon deux modes éventuellement combinables avec l'effet de cheminée [34] :

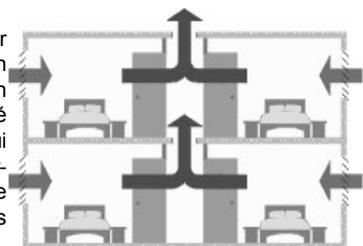
- la ventilation unilatérale par l'ouverture de fenêtres sur une seule façade : l'air extérieur plus froid rentre par le bas de l'ouverture et l'air intérieur plus chaud sort par le haut ;



- la ventilation transversale par l'ouverture de fenêtres sur des façades différentes : les mouvements d'air sont ici créés par les différences de pression dues au vent entre les façades. Les débits atteints sont nettement plus importants que dans le cas de la ventilation unilatérale ;



- l'effet de cheminée par l'ouverture de fenêtres en façade et de lucarnes en toiture : l'air est évacué par tirage thermique qui est d'autant plus important que la hauteur entre les entrées d'air et les évacuations est grande.



Dans la ventilation naturelle, l'air se déplace grâce aux différences de pression qui existent entre les façades du bâtiment et grâce à la différence de masse volumique de l'air en fonction de sa température.

Des amenées d'air (grilles et vasistas réglables) doivent être disposées en façade pour les locaux dits "secs" (bureaux, séjours,...) ; **des ouvertures de transfert** (détailonnage des portes ou grilles) permettent le passage de l'air vers les locaux dits "humides" (sanitaires, cuisine,...). Dans ces derniers, l'air est évacué grâce à **des conduits verticaux** débouchant en toiture (voir figure ci-contre).

Il est sous-entendu que les espaces de passage (couloirs, halls, escaliers, etc.) sont suffisamment ventilés par l'air qui provient des locaux "secs" et transite par les ouvertures de transfert pour gagner les locaux "humides". Il n'y a donc pas besoin d'amenée d'air ou d'évacuation d'air spécifiques dans les espaces de circulation des maisons unifamiliales.

Par contre, les dispositifs de ventilation sont obligatoires dans les cages d'escalier et couloirs communs des immeubles d'habitation collective, où ils sont considérés comme locaux spéciaux (voir Annexe 4).

Dans un bâtiment, **la sécurité incendie** est assurée par un compartimentage. La ventilation et la distribution de l'air dans les locaux au moyen de gaines doivent être conçues de telle sorte que [13] :

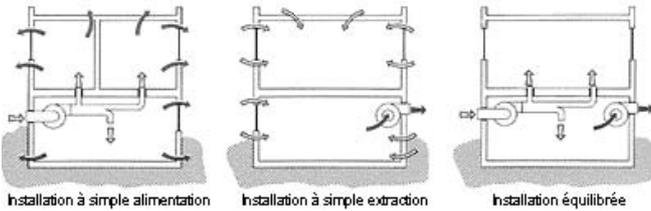
- la fumée et les flammes ne puissent se propager dans tout le bâtiment ;
- les éléments de construction traversés par ces gaines conservent leur résistance au feu.

Nous aborderons, plus loin, le problème de la sécurité incendie (voir page 37).

Il est intéressant d'adapter le fonctionnement de la ventilation en fonction des besoins (en période d'occupation, la nuit, le weekend). Il existe plusieurs possibilités de réguler la ventilation naturelle : bouches réglables, grilles hygro-réglables, grilles commandées électriquement en fonction d'un horaire, par exemple.

Pour rappel (voir page 17), la norme NBN D50-001 exige, en outre, la possibilité de pratiquer **une ventilation intensive** des locaux de séjour, des chambres, des locaux d'étude et de loisir et des cuisines, en cas de pollution occasionnelle. Ce type de ventilation requiert des débits importants mais occasionnels. La technique la plus indiquée est l'utilisation des fenêtres et des portes, pratiquant ainsi de grandes ouvertures d'amenée et d'évacuation d'air.

LES PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT DE LA VENTILATION MÉCANIQUE



Il existe essentiellement trois types d'installation de ventilation mécanique :

- le système de mise en surpression, dont les ventilateurs d'alimentation en air extérieur conservent la maison à une pression supérieure à la pression extérieure ;
- le système qui utilise des ventilateurs d'extraction et des prises d'air pour maintenir la pression de l'intérieur au-dessous de la pression extérieure ;
- le système dit équilibré qui comporte des ventilateurs d'alimentation et d'extraction, et qui maintient les pressions intérieure et extérieure à peu près au même niveau .

INSTALLATION DE VENTILATION À ALIMENTATION MÉCANIQUE (SYSTÈME B)

Dans sa version la plus simple, ce type d'installation suppose la mise en place d'un réseau de conduits de distribution raccordé au ventilateur qui aspire l'air frais de l'extérieur et le distribue dans tout le bâtiment. L'expulsion de l'air se fait par extraction naturelle (voir ventilation naturelle).

L'installation tend donc à pressuriser l'intérieur du bâtiment et à abaisser le plan de pression neutre, PPN. De ce fait, elle diminue la partie de l'enveloppe par où se font les infiltrations, de même que les pressions qui les favorisent. L'infiltration d'air totale peut donc s'en trouver réduite et elle est éliminée totalement si le PPN se situe sous le plancher du sous-sol. Il y a, par contre, accentuation des pressions intérieures et de la partie de l'enveloppe soumise à l'exfiltration.

- Applications :
 - dans des sites fortement pollués : l'air amené peut être filtré avant d'être pulsé dans le bâtiment ;
 - dans des bâtiments industriels où l'air doit être parfaitement "propre" ;
 - pour le contrôle des allergies : lorsque les occupants sont sensibles aux polluants extérieurs ;
 - dans le cas où il y a un polluant, tel que la mousse isolante d'urée-formol, dans les murs extérieurs. Le maintien de la maison en surpression empêche l'infiltration, dans les locaux habités, de gaz ou de polluants provenant de l'enveloppe.

- Limitations :

L'air du bâtiment en surpression s'évacue vers l'extérieur par toutes les ouvertures de l'enveloppe. L'air humide provenant de l'intérieur peut donc pénétrer dans les murs et la toiture où il peut produire de la condensation : des problèmes peuvent alors apparaître, comme les moisissures, la pourriture des matériaux, l'écaillage de la peinture, etc.

Il ne faut donc employer ce moyen de ventilation que dans un bâtiment où l'étanchéité à l'air de l'enveloppe extérieure est élevée. C'est pourquoi ce type d'installation de ventilation n'est pas toujours indiqué dans le cas d'une rénovation où il est difficile de s'assurer que le pare-air en place présente une étanchéité à l'air suffisante à la pressurisation intérieure.

LES AVANTAGES DE LA VENTILATION À ALIMENTATION MÉCANIQUE

- La simplicité du système.
- La bonne distribution de l'air frais dans tout le bâtiment.
- La surpression diminue les risques de refoulement et d'infiltration des gaz se dégageant du sol ou des matériaux de construction.
- L'air peut être filtré et sa température et/ou son humidité conditionnées.
- Les débits d'air amené sont contrôlés.
- Une partie de l'air intérieur peut être récupérée et mélangée à l'air extérieur.

LES INCONVÉNIENTS DE LA VENTILATION À ALIMENTATION MÉCANIQUE

- Elle favorise la pénétration de l'air humide provenant de l'intérieur dans les murs extérieurs et la toiture.
- Elle ne convient pas toujours dans le cas d'une rénovation.
- Si l'entrée d'alimentation est mal située, mal conçue ou mal placée, l'installation de ventilation peut introduire les bruits extérieurs dans le bâtiment.
- Les ouvertures entre locaux favorisent le passage de bruits.
- Il n'y a pas de récupération de chaleur.
- Les débits d'air extrait ne sont pas contrôlables.
- Les évacuations doivent se faire par des conduits verticaux.
- Les débouchés des conduits d'extraction verticaux doivent se situer près du faitage.
- L'enveloppe extérieure du bâtiment doit avoir une bonne étanchéité à l'air.
- Elle a besoin d'énergie électrique.
- Elle nécessite une maintenance régulière.

INSTALLATION DE VENTILATION À EXTRACTION MÉCANIQUE (SYSTÈME C)

L'extraction mécanique consiste à créer un mouvement de circulation de l'air dans le bâtiment de telle sorte que l'air neuf entre naturellement par les locaux "secs" et que l'air soit ensuite extrait par un ventilateur depuis les locaux "humides" ou "viciés". L'air chemine ainsi à travers plusieurs locaux par ordre croissant de pollution, en passant sous les portes ou par des grilles de transfert.

Une telle installation nécessite :

- que les locaux "humides" ou "viciés" soient mis en dépression par rapport au reste du bâtiment ;
- que les ouvertures soient placées en façade pour diffuser de l'air dans les locaux "secs" ;
- que le transfert de l'air entre les locaux avec alimentation et les locaux avec extraction soit organisé.

Si le bâtiment est important, il faut le découper préalablement en zones de ventilation distinctes.

INSTALLATION DE VENTILATION À EXTRACTION MÉCANIQUE PONCTUELLE

L'installation expulse l'air au dehors au moyen d'un ou plusieurs ventilateurs d'extraction (ventilateur de salle de bain, hotte de cuisine, etc.), l'alimentation en air se faisant par des prises d'air aménagées à cette fin.

Une dépression a donc tendance à se créer à l'intérieur, et on assiste à un rehaussement du plan de pression neutre PPN. Selon la hauteur à laquelle celui-ci est relevé, il y a réduction ou élimination totale des exfiltrations. L'élimination est totale lorsque le PPN est élevé au-dessus du plafond du dernier étage chauffé.

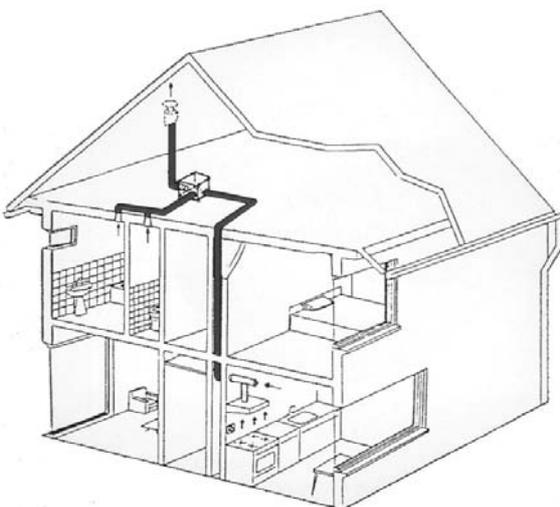
- Applications
- dans les maisons d'habitation.

INSTALLATION DE VENTILATION À EXTRACTION MÉCANIQUE CENTRALE

Ce type de ventilation exige l'installation d'un réseau de conduits, qui raccorde toutes les bouches d'évacuation à un ventilateur central d'une capacité suffisante pour répondre à tous les besoins de ventilation du bâtiment.

Cette installation de ventilation élève aussi le plan de pression neutre et réduit ou élimine les exfiltrations par l'enveloppe du bâtiment.

- Récupération de chaleur
En hiver, la chaleur se perd aussi dans l'air évacué. Tout système de récupération de chaleur doit donc d'abord acheminer l'air à évacuer vers un point central. Ce principe est la base de l'installation de ventilation par extraction.
Une petite 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.



INSTALLATION DE VENTILATION À EXTRACTION MÉCANIQUE CENTRALE

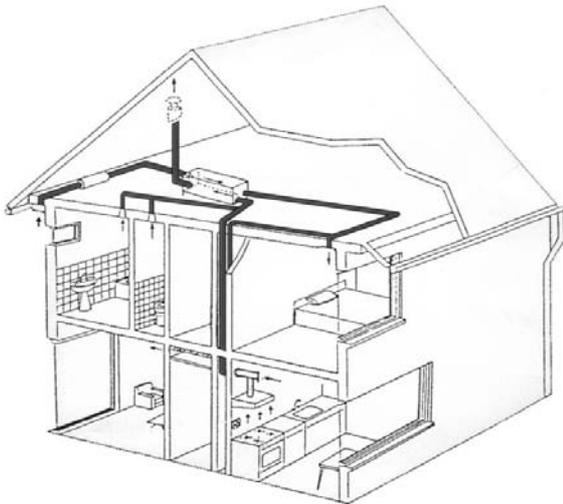
COMMENT VENTILER ? : LES MOYENS DE VENTILATION

LES AVANTAGES DE LA VENTILATION À EXTRACTION MÉCANIQUE

- Elle est peu coûteuse à l'exploitation.
- Elle demande peu de place utile dans les locaux techniques.
- L'évacuation par conduits verticaux n'est plus obligatoire.
- Elle s'applique aux bâtiments neufs et à la rénovation.
- Les débits d'air extraits sont contrôlés.
- La mise au point est facile, se limitant au réglage des débits extraits au moyen des bouches.
- Elle diminue les risques de problèmes d'humidité dans les murs et dans les toitures.
- Une pompe à chaleur peut être intégrée afin de récupérer la chaleur de l'air extrait.

LES INCONVÉNIENTS DE LA VENTILATION À EXTRACTION MÉCANIQUE

- Elle n'est pas adaptée aux bâtiments situés dans des environnements bruyants et pollués.
- Elle nécessite un réseau de conduits dont il faut intégrer l'encombrement.
- L'air neuf n'est pas filtré.
- Les débits réels d'air neuf sont parfois éloignés des valeurs théoriques (voir ventilation naturelle).
- Les grilles d'ouverture peuvent engendrer un inconfort.
- Les ouvertures entre locaux favorisent le passage de bruits aériens.
- Une simple extraction ne permet pas de réaliser du free cooling (voir page 29) car les débits d'extraction sont généralement insuffisants.
- Elle a besoin d'énergie électrique.
- Pendant le fonctionnement des ventilateurs d'extraction, il peut y avoir inversion du tirage ou refoulement des gaz de combustion des appareils de production de chaleur à combustion ouverte (chaudière, feu ouvert, chauffe-eau...).
- Le fonctionnement des appareils peut favoriser l'admission des gaz se dégageant du sol car le bâtiment est mis en dépression : infiltration de radon, d'humidité, etc.
- L'enveloppe extérieure du bâtiment doit avoir une bonne étanchéité à l'air.
- Elle nécessite une maintenance régulière.



INSTALLATION DE VENTILATION À ALIMENTATION ET EXTRACTION MÉCANIQUES

• Régulation

Un contrôle du ventilateur par horloge peut être envisagé. Si le bâtiment est à taux d'occupation très variable, le fonctionnement du ventilateur peut être asservi à la détection d'une sonde COV (Composés Organiques Volatiles), aussi appelée sonde de mélange de gaz ou sonde de qualité de l'air, sensible aux odeurs les plus diverses, ou d'une sonde CO₂ ; on parle alors de ventilation "à la demande".

• Applications

- dans des maisons d'habitation ;
- dans des bâtiments de taille moyenne.

• Limitations

La ventilation par simple extraction d'air n'est pas adaptée aux bâtiments situés dans des environnements bruyants et/ou pollués.

INSTALLATION DE VENTILATION À ALIMENTATION ET EXTRACTION MÉCANIQUES (SYSTÈME D)

L'installation de ventilation à alimentation et extraction mécaniques se compose d'un ventilateur d'alimentation, d'un ventilateur d'extraction et d'un réseau de conduits de distribution et d'évacuation.

La ventilation double flux consiste à organiser :

- la pulsion mécanique de l'air neuf, filtré, dans les locaux ;
- l'extraction mécanique de l'air vicié des locaux.

On peut, soit pulser l'air neuf dans les locaux "secs" et extraire l'air vicié depuis les locaux "humides", soit chaque local peut disposer d'une pulsion et d'une extraction. Dans ce cas, les locaux produisant des odeurs sont généralement maintenus en dépression de telle sorte que l'air vicié ne s'échappe pas vers les autres locaux.

La pulsion se distribue via un réseau de conduites verticales et horizontales (dans les faux-plafonds, par exemple). Les conduits d'évacuation d'air sont semblables aux conduits des installations simple flux et peuvent être disposés parallèlement aux conduits d'amenée d'air.

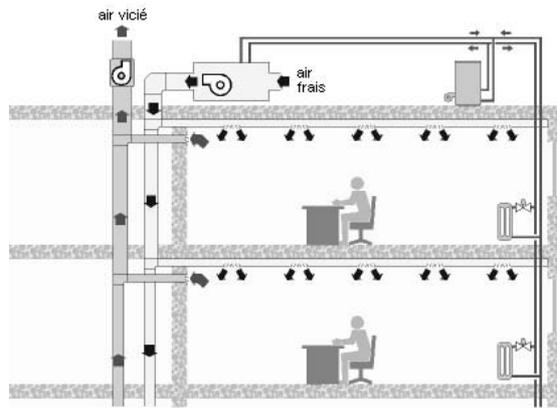
Les bouches d'amenée d'air sont de type mural ou de type plafonnier s'il existe des faux-plafonds dans le local.

Plusieurs compléments à ce type d'installation sont possibles :

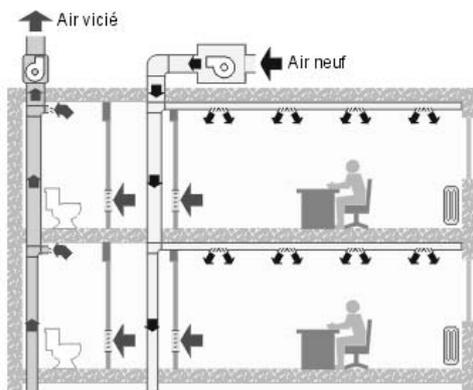
- une récupération de chaleur par échange entre l'air extrait et l'air neuf ;
- un traitement de l'air en température et en humidité pour assurer un confort optimal ;
- un recyclage partiel de l'air, dans le cas où l'air de ventilation assure également le chauffage ou le refroidissement des locaux.

Lorsque ce type d'installation de ventilation fonctionne dans un environnement en équilibre (c'est-à-dire lorsque l'alimentation est égale à l'extraction), il n'influence aucunement la répartition naturelle des pressions qui s'exercent sur le bâtiment, ni le plan de pression neutre qui n'est ni abaissé, ni relevé. Toutefois, en raison du milieu ambiant, l'installation fonctionne souvent en léger déséquilibre, donc selon le cas, comme une installation d'extraction ou d'alimentation.

COMMENT VENTILER ? : LES MOYENS DE VENTILATION



PULSION ET EXTRACTION DANS CHAQUE LOCAL



PULSION DANS LE LOCAL ET EXTRACTION SANITAIRE

LES AVANTAGES DE LA VENTILATION À ALIMENTATION ET EXTRACTION MÉCANIQUES

- C'est un système très maîtrisable. Quelles que soient les conditions climatiques extérieures, il est possible de :
 - capter l'air extérieur à un endroit "sain" ;
 - filtrer l'air ;
 - contrôler les débits de pulsion et d'extraction ;
 - mettre à volonté certains locaux en surpression ou en dépression s'il y a pulsion et extraction dans chaque local.
- Elle peut assurer un taux de renouvellement d'air élevé. Par conséquent, on observe :
 - une diminution du niveau d'humidité à l'intérieur ;
 - une atténuation de la concentration de polluants.
 - une diminution du danger de refoulement des gaz de combustion.
- Elle induit une très bonne distribution de l'air.
- Elle se prête bien à une commande automatique, ce qui facilite la gestion des débits.
- Elle permet la récupération de chaleur contenu dans l'air extrait pour préchauffer l'air neuf pulsé.
- Si les conduites de distribution sont bien étudiées, les problèmes de transmission de bruit venant de l'extérieur sont limités.
- Aucune ouverture dans l'enveloppe extérieure du bâtiment n'est nécessaire, sauf la prise d'air centralisée et le refoulement.

LES INCONVÉNIENTS DE LA VENTILATION À ALIMENTATION ET EXTRACTION MÉCANIQUES

- C'est un système coûteux.
- Elle demande de la place dans les locaux techniques.
- Elle est la plus compliquée des installations de ventilation.
- Elle est difficile à équilibrer.
- L'enveloppe extérieure du bâtiment nécessite impérativement une très bonne étanchéité à l'air.
- La pulsion de l'air dans les locaux peut engendrer du bruit, notamment au niveau des bouches de diffusion.
- Elle a besoin d'énergie électrique.
- Elle nécessite une maintenance régulière (inspection et nettoyage).

• Récupération de chaleur

Une installation double flux n'a pas besoin d'échangeur de chaleur pour bien fonctionner ; la seule fonction de cet appareil est d'économiser de l'énergie en fournissant une partie de celle qui est nécessaire pour réchauffer l'air de ventilation par récupération de la chaleur contenue dans l'air extrait. Avant d'opter pour l'utilisation d'un ventilateur à récupération de chaleur, il faut donc prendre en considération le coût d'installation de cet appareil et la quantité d'énergie qu'il permettra d'économiser.

Lorsqu'un échangeur de chaleur est utilisé, l'air d'alimentation doit toujours être acheminé vers le même point central que l'air extrait, de sorte que la chaleur puisse se transmettre de l'un à l'autre.

• Régulation

Il est intéressant d'adapter le fonctionnement de la ventilation la nuit et le weekend ; un contrôle de la ventilation par horloge peut être envisagé.

Si le bâtiment est à taux d'occupation très variable, le fonctionnement de la ventilation peut être asservi à la détection d'une sonde COV ou CO₂.

• Chauffage et/ou refroidissement complémentaire(s)

Dans la configuration "ventilation pure", un préchauffage de l'air neuf en hiver est presque indispensable pour rapprocher la température de l'air pulsé, de la température ambiante et éviter toute sensation de courant d'air.

Dans ce cas, la ventilation et le chauffage du local sont dissociés et régulés tout à fait distinctement. Le débit d'air neuf hygiénique est en effet souvent beaucoup plus faible que le débit nécessaire pour transporter de la chaleur ou du froid. Pour assurer simultanément la ventilation et le chauffage ou le refroidissement, il faut donc surdimensionner les équipements nécessaires au transport de l'air et un recyclage partiel de l'air doit dès lors être organisé.

Cette différence de débit s'amenuise lorsque le bâtiment est très bien isolé. Dans ce cas, on peut combiner chauffage et ventilation, soit avec des batteries terminales au niveau des bouches de pulsion, soit en traitant l'air de façon centralisée.

• Applications

- dans des maisons d'habitation si le climat est sévère ;
- dans des magasins, bâtiments commerciaux, bureaux ;
- lorsque l'environnement est particulièrement bruyant et/ou pollué.

• Limitations

Ce type d'installation de ventilation exige une très bonne étanchéité à l'air de l'enveloppe extérieure des bâtiments, sinon les voies naturelles d'infiltration et d'exfiltration court-circuitent l'installation de ventilation mécanique. C'est pourquoi, la mise en oeuvre d'un tel système n'est pas aisée dans le cas de bâtiments rénovés où il est plus malaisé d'intégrer des conduits de ventilation.

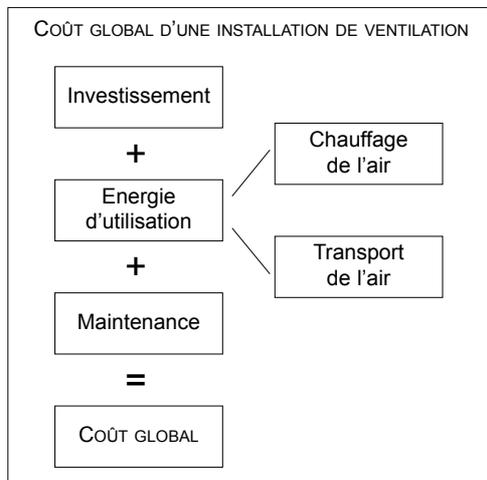
COMMENT VENTILER ? : LES MOYENS DE VENTILATION

TABLEAU RÉCAPITULATIF DES DIFFÉRENTS TYPES D'INSTALLATION DE VENTILATION

	SYSTEME A		SYSTEME B		SYSTEME C		SYSTEME D	
	Icone	Description	Icone	Description	Icone	Description	Icone	Description
CONCEPTION	☹️	Simplicité de l'installation	😊	Elle ne convient pas toujours lors d'une rénovation.	😊	S'applique aux bâtiments neufs et à la rénovation.	☹️	Convient rarement lors d'une rénovation.
	☹️	Nécessite une bonne étanchéité à l'air de l'enveloppe extérieure.	☹️	Nécessite une très bonne étanchéité à l'air de l'enveloppe extérieure.	☹️	Nécessite une très bonne étanchéité à l'air de l'enveloppe extérieure.	☹️	L'étanchéité à l'air de l'enveloppe extérieure est impérative.
	😊	Ne nécessite que des grilles d'aménages d'air et des conduits verticaux d'extraction.	😊	Système assez simple	😊	Système assez simple	😊	Système plus compliqué.
QUALITE DE L'AIR	☹️	Les emplacements des conduits verticaux d'évacuation et de leurs débouchés en toiture sont à prévoir.	😊	Nécessite des conduits verticaux d'extraction et un réseau de conduits d'alimentation.	😊	Nécessite un réseau de conduits d'extraction.	☹️	Nécessite deux réseaux de conduits : un d'alimentation et un autre d'extraction.
	☹️	L'air amené ne peut pas être traité.	😊	L'air peut être filtré et sa température et/ou son humidité conditionnées.	☹️	L'air amené ne peut pas être traité.	😊	L'air peut être filtré et sa température et/ou son humidité conditionnées.
BRUIT	☹️	Il y a risque si l'habitation est en dépression par rapport à l'extérieur.	😊	La surpression diminue les risques.	☹️	Il peut y avoir inversion du tirage ou refoulement des gaz.	😊	Pas de risque car on peut mettre certains locaux en surpression (ou en dépression).
	☹️	Les grilles d'aménage d'air favorisent le passage des bruits gênants.	😊	Bonne étanchéité aux bruits sauf si l'entrée d'alimentation est mal située.	☹️	Les grilles d'aménage d'air favorisent le passage des bruits gênants.	😊	La transmission de bruit est limitée si l'installation est bien étudiée.
CONTROLE	☹️	Livré à l'influence des phénomènes naturels du mouvement de l'air	😊	Les débits d'air amené sont contrôlés.	☹️	Pas de contrôle réel sur les débits d'air amené.	😊	Les débits d'air amené sont contrôlés.
	☹️	Livré à l'influence des phénomènes naturels du mouvement de l'air	😊	Pas de contrôle réel sur les débits d'air extrait	😊	Les débits d'air extrait sont contrôlés.	😊	Les débits d'air extrait sont contrôlés.
	☹️	Grilles raccordées à un régulateur mais les débits ne sont jamais réellement connus.	😊	Seuls les débits d'air amené peuvent être gérés.	😊	Seuls les débits d'air extrait peuvent être gérés.	😊	Système très maîtrisable et qui se prête bien à une commande automatique.
ENERGIE	😊	Les éléments de ce système demandent très peu d'entretien.	😊	Nécessite une maintenance régulière.	😊	Nécessite une maintenance régulière.	☹️	Nécessite une maintenance régulière (inspection et nettoyage).
	☹️	Pas de récupération de chaleur	☹️	Pas de récupération de chaleur	😊	Une pompe à chaleur peut être intégrée pour récupérer la chaleur sur l'air extrait.	😊	Permet la récupération de la chaleur contenue dans l'air extrait pour préchauffer l'air neuf puisé.
COUT	😊	Aucune consommation électrique	😊	Besoin d'énergie électrique	😊	Besoin d'énergie électrique	☹️	Besoin d'énergie électrique
	😊	Installation de ventilation simple	☹️	Coût assez élevé	😊	Peu coûteuse à l'exploitation	☹️	Système coûteux, surtout s'il n'y a pas de récupération de chaleur.

LES CRITÈRES GÉNÉRAUX DE CHOIX

LE COÛT D'UNE INSTALLATION DE VENTILATION



Une installation d'un coût assez élevé au départ peut se révéler, à long terme, moins chère qu'une autre, dont le coût initial est moins élevé mais dont le coût opérationnel est plus cher ou qui doit être plus vite remplacée.

Une analyse spécifique doit être faite dans chaque cas (type de bâtiment, type d'occupation, type de climat, durée de fonctionnement de l'installation, etc.). Ainsi, une installation de ventilation avec récupération de chaleur, par exemple, malgré son coût initial élevé, devient de plus en plus rentable lorsque la sévérité du climat augmente.

Des ordres de grandeur de coûts sont donnés plus loin (pages 38 à 41).

Pour des raisons économiques et écologiques, la ventilation doit aller de pair avec une consommation énergétique aussi faible que possible. Les aspects pratiques suivants interviennent dans ce cadre :

- le choix des débits de ventilation nominaux : la consommation énergétique s'accroît proportionnellement aux débits de ventilation. Par conséquent, lors de la détermination des débits, il faut préserver la qualité de l'air pour un coût d'utilisation raisonnable.
- l'adaptation des débits de ventilation aux besoins : dans les locaux dont l'occupation varie fortement (bureaux, écoles, etc.), la modulation des débits en fonction des besoins réels peut apporter des économies substantielles. Il faut donc voir si :
 - la ventilation est permanente 24 h sur 24 alors que seule une ventilation diurne est nécessaire ;
 - certains locaux sont ventilés en journée alors qu'ils sont inoccupés.

Dans un premier temps, il faut donc examiner si les horaires de ventilation sont synchronisés aux horaires d'occupation. Une simple horloge peut, soit couper les ventilateurs, soit les faire fonctionner à vitesse réduite, la nuit ou en période d'inoccupation.

Dans un second temps, on peut repérer les locaux à occupation importante et fortement variable et y appliquer une gestion de ventilation en fonction de la présence des occupants (grâce à des sondes CO₂, humidité, etc.).

- le fonctionnement efficace de l'installation : il faut concevoir une installation aussi économe en énergie que possible, et ce notamment par [34] :
 - *l'utilisation de ventilateurs efficaces* : la consommation des ventilateurs pour un même débit d'air transporté peut être très différente d'un ventilateur à un autre. Voici, ci-contre, une classification qualitative des systèmes de ventilation en fonction de leur consommation (source : Swedish Indoor Climate Institute).
 - *la limitation des pertes de charge* dans les conduits de distribution : elles dépendent principalement du diamè-

Puissance d'un ventilateur par m ³ /h d'air transporté	Efficacité énergétique
0 < puissance < 0,4 W/(m ³ /h)	bonne
0,4 < puissance < 0,7 W/(m ³ /h)	moyenne
0,7 < puissance < 1,1 W/(m ³ /h)	mauvaise

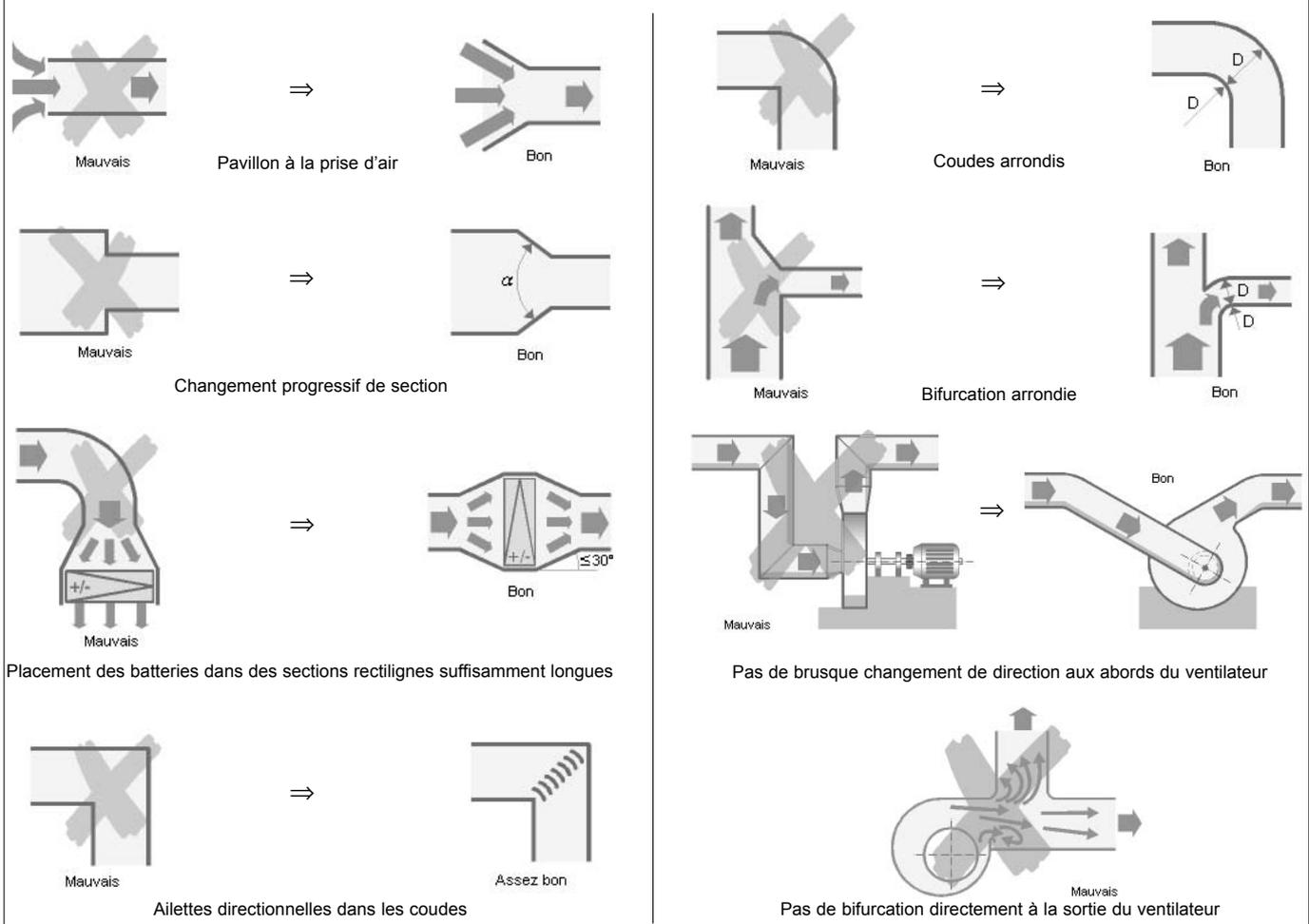
COMMENT VENTILER ? : LES MOYENS DE VENTILATION

tre des conduits, de leur tracé, du choix et de l'entretien des filtres (voir figure ci-dessous).

- *l'étanchéité des conduits de ventilation* : en moyenne, 20 % du débit de l'air pulsé par un ventilateur n'arrive pas dans les locaux de destination.

Concevoir une installation de ventilation dès la conception d'un bâtiment s'avère primordial d'un point de vue économique ; en effet, non seulement l'installation doit être adaptée à la construction et à son environnement, mais ses composants doivent aussi être choisis de façon à assurer une ventilation qui soit la plus efficace possible.

EXEMPLES DE TRACÉ DE CONDUITES POUR LA VENTILATION MÉCANIQUE [34]



L'ÉNERGIE D'UTILISATION

L'URE consiste à assurer le confort des occupants, tout en maîtrisant les consommations énergétiques. Ces deux principes sont difficilement respectés dans les anciens bâtiments ; en effet, la mauvaise étanchéité à l'air de leur enveloppe extérieure rend les infiltrations d'air frais incontrôlables et fortement variables avec les conditions atmosphériques. La création d'une ventilation organisée fournit au contraire la quantité d'air frais juste nécessaire aux occupants, limitant ainsi les consommations énergétiques au minimum, tout en assurant la qualité de l'air.

COMMENT VENTILER ? : LES MOYENS DE VENTILATION

La puissance du ventilateur équivaut à la puissance nécessaire au transport de l'air, plus les pertes au niveau du moteur, de la transmission et du ventilateur lui-même.

Puissance absorbée liée à un apport d'1 m ³ /h d'air neuf [34]			
	de	à	
Puissance de chauffage	3,4 W/(m ³ /h)	7,7 W/(m ³ /h)	en fonction de la région, de la température intérieure de consigne et des apports de chaleur gratuits.
Puissance du ventilateur	0,2 W/(m ³ /h)	1,1 W/(m ³ /h)	en fonction de la qualité du ventilateur, des pertes de charge du réseau de distribution.

Dans le cas d'une ventilation mécanique double flux, ces trois pertes se retrouvent dans le flux d'air pulsé ; on peut considérer, dans ce cas, que la totalité de la puissance absorbée pour transporter l'air se retrouve sous forme de chaleur dans l'air.

On estime ainsi que la température de l'air pulsé augmente de 1 à 1,5 °C à cause du ventilateur. Sa consommation ne doit pas être considérée comme une consommation complémentaire, pour peu que la température extérieure soit inférieure à la température de consigne intérieure et qu'on ne doive pas refroidir l'air [34].

La ventilation naturelle ne requiert aucune consommation d'énergie autre que celle nécessaire au chauffage de l'air neuf qui est porté à température ambiante. La ventilation mécanique demande une consommation complémentaire, qui provient de la consommation électrique du (des) ventilateur(s) ; cette dernière peut être récupérée en hiver si le (les) ventilateur(s) est (sont) bien positionné(s) au sein du volume chauffé du bâtiment.

L'installation doit satisfaire le besoin de ventilation avec une énergie d'utilisation minimale.

Une ventilation économe en énergie nécessite :

- une bonne étanchéité à l'air de l'enveloppe extérieure afin d'éviter les pertes thermiques incontrôlées par infiltration naturelle ;
- une installation de ventilation (naturelle ou mécanique) amenant la quantité d'air nécessaire là, où et quand les occupants en ont besoin.

Une analyse de la performance de l'installation doit donc être faite.

Dans les installations de ventilation mécanique, le coût supplémentaire de l'énergie consommée par les ventilateurs doit être calculé, alors que, dans une installation de ventilation naturelle, ce sont les pertes de chauffage ou de refroidissement, le mauvais contrôle des débits ainsi que le risque de surventilation qui doivent être pris en compte. L'adaptation des débits aux besoins peut éventuellement se faire automatiquement.

En cas d'usage d'une installation de ventilation à double flux, il est possible de placer un échangeur de chaleur entre l'air amené et l'air extrait. Celui-ci permet d'économiser 70 à 90 % de la consommation de chauffage due à la ventilation en préchauffant l'air extérieur soufflé dans l'habitation.

LE CHAUFFAGE COMBINÉ À LA VENTILATION

Dans les anciens immeubles non isolés, la puissance nécessaire au chauffage est telle que le débit de ventilation hygiénique est insuffisant si on veut assurer, par celui-ci, un chauffage aéraulique. La séparation des deux fonctions (chauffage et ventilation) s'impose d'autant plus que le bâtiment est peu isolé et que les apports internes de chaleur sont faibles (voir tableau ci-contre).

Par contre, dans les bâtiments bien isolés, la puissance de chauffage nécessaire se réduit fortement et, avec elle, les débits d'air nécessaires pour un chauffage aéraulique. Dans ce cas, il peut être envisagé de combiner le chauffage et la ventilation au sein d'une installation double flux.

LE RAFRAÎCHISSEMENT COMBINÉ À LA VENTILATION (FREE COOLING)

Les bâtiments étant de mieux en mieux isolés et étanches vis-à-vis de l'extérieur, les apports internes augmentent considérablement. Par conséquent, le temps nécessaire à l'évacuation de la chaleur emmagasinée s'allonge, et un rafraîchissement devient de plus en plus souvent néces-

EXEMPLE DE PUISSANCE ET DÉBIT NÉCESSAIRE POUR ÉQUILIBRER LES DÉPERDITIONS D'UNE FAÇADE D'UN LOGEMENT, PAR -9 °C EXTÉRIEUR [34]

Prenons une chambre au sein d'un immeuble. La largeur de façade de la chambre est de 3 m, pour une hauteur de 3 m ; la profondeur du local est de 4 m. Cette chambre est entourée (au-dessus, en dessous et sur les côtés) d'autres chambres.

La façade est composée de vitrages sur une hauteur de 2 m et de maçonnerie pour le mètre restant.

La température intérieure de consigne est de 20 °C.

Le débit d'air neuf recommandé est de 3,6 m³/h par m² de surface au sol, soit pour cette chambre de 36 m², 43 m³/h.

Puissance et débit nécessaire pour équilibrer les déperditions d'une façade d'un logement, par -9 °C extérieur [34]		
Type de façade (10 m ² de mur et 2,5 m ² de fenêtre)	Puissance de chauffage	Débit d'air nécessaire (température de pulsion = 35 °C)
Mur non isolé, simple vitrage	1.085 W	168 m ³ /h
Mur isolé, double vitrage	434 W	67 m ³ /h
Mur isolé, double vitrage HR	254 W	39 m ³ /h

On voit ici que pour un bâtiment non isolé, il faut multiplier le débit d'air par 4 si on veut combiner chauffage et ventilation. Le débit d'air est par contre suffisant pour des bâtiments bien isolés.

COMMENT VENTILER ? : LES MOYENS DE VENTILATION

saire.

Le rafraîchissement par surventilation 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 rafraîchissement par surventilation de jour consiste à sur-ventiler les locaux avec de l'air extérieur plus frais que l'air intérieur. Une diminution des températures intérieures de l'ordre de 3 à 4 °C peut être obtenue.

- Le rafraîchissement par surventilation de nuit consiste à rafraîchir les bâtiments la nuit, grâce à l'air extérieur. Un rafraîchissement de 3 à 4 °C est possible.

Le but de la ventilation nocturne est de décharger au maximum, durant la nuit, la chaleur accumulée dans les parois du bâtiment et de permettre à nouveau une forte absorption de chaleur durant la journée suivante. Pour que ce mécanisme soit possible, il faut, en pratique :

- favoriser l'utilisation de matériaux de construction lourds afin d'assurer l'accumulation de la chaleur ;
- garantir le contact entre ces matériaux et l'air frais de la ventilation afin d'évacuer la chaleur accumulée ;
- un taux de renouvellement d'air d'au moins 4 vol/h.

	VN	VMSF	VMDF
Contrôle du taux de ventilation	☹ La VN dépend des phénomènes naturels régissant le mouvement de l'air.	☺ Elle met le bâtiment soit en surpression (alimentation mécanique), soit en dépression (extraction mécanique). L'extraction ou l'alimentation reste incontrôlable, mais les débits réglementaires sont assurés.	☺☺ Ce système est très maîtrisable, quelles que soient les conditions climatiques extérieures.
Ventilation "à la demande"	☹ Il existe bien des grilles autorégulables, hygrorégulables, motorisées, etc. (cf page 28), mais la ventilation dépend toujours des conditions extérieures et les débits peuvent être inférieurs aux besoins réglementaires.	☺ L'extraction ou l'alimentation mécanique peut être adaptée aux besoins réels. Une coupure complète des extractions risque de provoquer la propagation des odeurs.	☺☺ La VMDF se prête bien à une commande automatique, ce qui facilite la gestion des débits de pulsion et d'extraction. Elle permet ainsi de mettre, à volonté, certains locaux en surpression ou en dépression.

LE CONTRÔLE DE LA VENTILATION

Les besoins de ventilation ne restent pas constants en fonction des saisons et du niveau d'occupation ; il faut, dès lors, s'interroger sur la nécessité de maintenir un régime de fonctionnement identique tout au long de l'année.

Une gestion de la ventilation permet des économies :

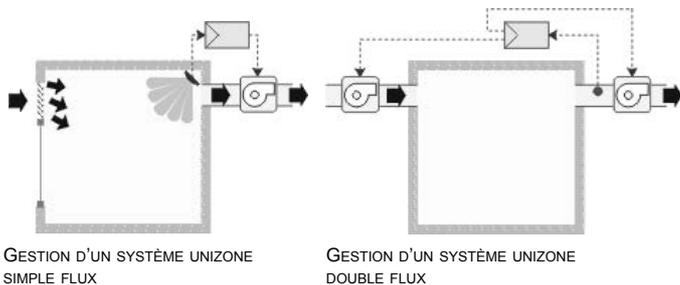
- sur le chauffage de l'air neuf grâce à la diminution de la quantité d'air introduite dans le bâtiment ;
- en fonction du mode de réglage choisi, sur la consommation électrique du ventilateur de pulsion et/ou d'extraction lorsque la ventilation est mécanique.

La norme belge prévoit des débits d'air neuf hygiéniques minimaux, mais elle n'oblige pas à fournir les débits nominaux lorsque le bâtiment est partiellement occupé.

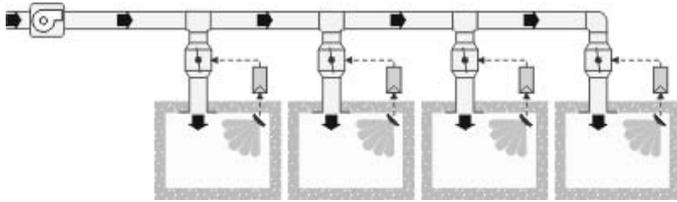
En France, par contre, la réglementation stipule [34] : "la ventilation doit pouvoir être réduite de 50 % dans le cas d'une occupation discontinue et être coupée en cas d'inoccupation".

Le principe appliqué dans les différents schémas possibles de gestion consiste à évaluer les besoins réels en ventilation grâce à un capteur (simple horloge, sonde de présence, sonde CO₂, sonde COV, compteur de passage...) et à adapter les débits d'air neuf en conséquence.

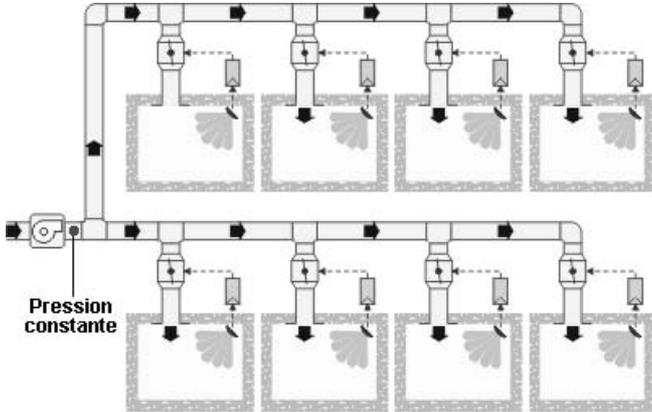
- Pour une installation de ventilation unizone, c'est-à-dire lorsqu'un groupe de ventilation mécanique (simple ou double flux) dessert soit un local, soit une série de locaux de mode d'occupation tout à fait homogène, la gestion se fait directement sur le débit du ventilateur. Dans ce cas, un détecteur de présence, une horloge ou une sonde de qualité de l'air commande directement le ou les ventilateur(s) selon que l'on



COMMENT VENTILER ? : LES MOYENS DE VENTILATION



GESTION D'UN SYSTÈME MULTIZONE DOUBLE FLUX : CIRCUIT EN SÉRIE



GESTION D'UN SYSTÈME MULTIZONE DOUBLE FLUX : CIRCUIT RAMIFIÉ

est en simple ou en double flux.

- Pour une installation de ventilation multizone, c'est-à-dire lorsqu'un groupe de ventilation alimente plusieurs locaux, la gestion individuelle de chaque local se fait au niveau de l'ouverture des bouches, les débits des ventilateurs étant adaptés en conséquence. Les bouches peuvent intégrer directement l'élément capteur ou un capteur séparé peut agir sur un volet motorisé.

Lorsqu'une bouche se ferme, la pression va augmenter au niveau des bouches encore ouvertes, augmentant leur débit et la production de bruit. Il faut donc réguler la pression dans le circuit de distribution en fonction de la fermeture des différentes bouches.

Ainsi, l'organisation d'une gestion de la ventilation "à la demande" consiste à :

- trouver le capteur fidèle des besoins réels de ventilation ;
- adapter le débit des bouches en fonction de la lecture du capteur ;
- régler le débit des ventilateurs en fonction de l'ouverture des bouches ou directement en fonction du capteur.

Lorsque les réseaux de ventilation alimentent des locaux ou des zones d'occupation fortement différentes, il peut être utile de pratiquer un zonage de l'installation de ventilation.

LA MAINTENANCE DE L'INSTALLATION DE VENTILATION

La satisfaction des occupants quant à une installation de ventilation dépend de son bon fonctionnement et des différents dispositifs installés. Si ces derniers ne sont pas convenablement entretenus, les utilisateurs risquent de se plaindre, remettant ainsi l'installation en cause. L'encrassement, la formation de condensation, les nuisances acoustiques, les débits trop faibles, etc. peuvent résulter d'un mauvais réglage et/ou d'un entretien insuffisant.

L'accessibilité des composants de l'installation de ventilation, le maintien de leur qualité dans le temps et leur maintenance influencent l'efficacité de l'installation.

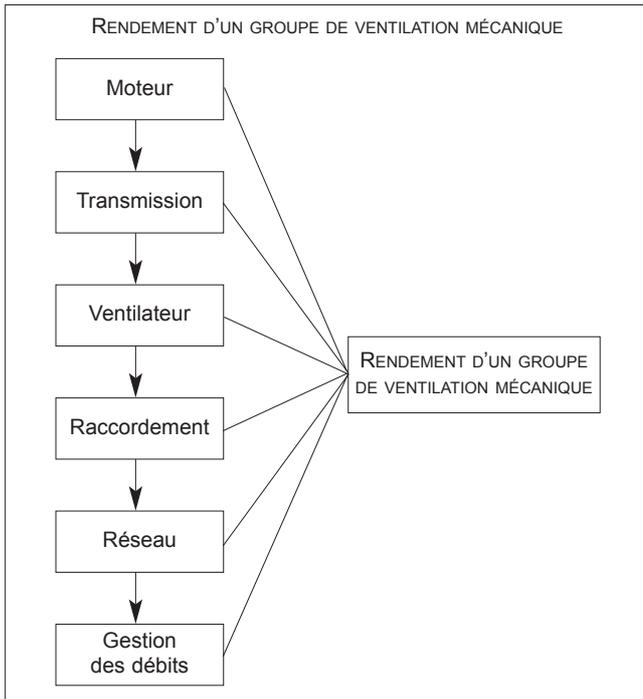
Or une installation de ventilation efficace est essentielle pour assurer une bonne qualité de l'air intérieur et pour minimiser la consommation d'énergie.

La maintenance est beaucoup plus aisée lorsqu'elle a été pensée dès la conception d'une installation de ventilation. C'est pourquoi des codes de bonnes pratiques ont été établis : le "Nordic Committee on Building Regulations" (NKB, 1991), par exemple, a élaboré un guide dont le but est de faciliter la maintenance des installations de ventilation. En voici quelques recommandations [28] :

- contrôles : ils doivent être aisés à réaliser ;
- emplacement des composants : ceux qui demandent un entretien fréquent doivent être facilement accessibles et remplaçables ;
- nettoyage : les installations d'amenée et d'extraction d'air doivent pouvoir être entièrement nettoyées afin d'assurer le maintien de la qualité de l'air ventilé ;

COMMENT VENTILER ? : LES MOYENS DE VENTILATION

- matériaux utilisés : ils ne peuvent pas émettre des polluants (particules, gaz) qui pourraient affecter la qualité de l'air ;
- étanchéité à l'air et pressions : les composants de l'installation de ventilation ainsi que les assemblages doivent être étanches à l'air et les conditions de pressions entre les systèmes d'amenée et d'extraction d'air doivent être tels qu'il n'existe aucun flux parasite non-intentionnel ;
- documentation : toutes les instructions pour le fonctionnement et la maintenance d'une installation de ventilation doivent être fournies lors de sa mise en service ;
- inspection : le bâtiment ventilé doit être régulièrement inspecté afin d'assurer le fonctionnement correct de l'installation de ventilation ou de tout autre facteur influençant la qualité de l'air intérieur.



Outre le fait qu'un ventilateur agissant en extraction a un meilleur rendement qu'en pulsion, cinq éléments déterminent le rendement de fonctionnement nominal d'un groupe de ventilation mécanique [34] :

- la qualité du moteur ;
- la qualité de transmission : une transmission de ventilateur par courroies a, par exemple, un plus mauvais rendement qu'une transmission directe ;
- la qualité du ventilateur : les ventilateurs à aubes recourbées vers l'arrière ont des rendements maximaux supérieurs aux ventilateurs à aubes recourbées vers l'avant ;
- la qualité du raccordement du ventilateur au réseau : une trop grande différence de section entre l'ouïe de sortie du ventilateur et le conduit dans lequel il débite entraîne des pertes de charge importantes qui se traduisent par une surconsommation ;
- la qualité du mode de réglage des débits.

Dans une installation de ventilation, les éléments suivants doivent en principe faire l'objet d'un entretien (voir encadré page suivante) :

- les prises d'air ;
- les filtres ;
- les bouches d'extraction ;
- les hottes de cuisine ;
- les ventilateurs d'extraction ou les ventilateurs-tourelles ;
- les groupes aérauliques ;
- les installations de récupération de la chaleur ;
- les conduits d'air.

Tant dans les habitations individuelles que dans les immeubles collectifs, il importe de prévoir, d'une part, suffisamment de place pour pouvoir installer ou encasturer les dispositifs techniques, et d'autre part, un accès aisé aux éléments à entretenir.

COMMENT VENTILER ? : LES MOYENS DE VENTILATION

LES ÉLÉMENTS D'UNE INSTALLATION DE VENTILATION NÉCESSITANT UN ENTRETIEN RÉGULIER [34]

- **Les grilles pour la ventilation naturelle** : la plupart des grilles sont pourvues d'un fin treillis destiné à retenir les insectes. Il est donc conseillé d'utiliser des grilles permettant un nettoyage aisé du treillis, telles des grilles dont l'élément intérieur est amovible.
- **Les bouches d'alimentation et d'extraction mécaniques** : le matériau choisi et la conception de la bouche doivent permettre un entretien aisé. Les bouches d'extraction requièrent un entretien plus fréquent que les bouches d'alimentation. Il est recommandé de procéder à leur entretien au moins une fois par an. Lorsque l'encrassement est trop important, un système de montage simple doit permettre un remplacement rapide.
- **Les conduits aérauliques** : l'encrassement éventuel des conduits dépend de la conception du réseau de tuyauteries, du choix des matériaux, des raccords, de l'état et de l'emplacement des éventuels filtres à air, etc. Ainsi, les coudes, les raccords à bords repliés intérieurs, les conduits flexibles cannelés, etc. retiennent davantage la poussière que les conduits droits et lisses.
Si le projet est bien conçu, les conduits ne nécessitent que peu d'entretien. Leur nettoyage peut se faire selon deux méthodes conventionnelles :
 - *la méthode manuelle* : c'est une opération à haut coefficient de main d'oeuvre, et par conséquent, onéreuse. Avant de pouvoir commencer les travaux de nettoyage proprement dits, diverses opérations s'imposent. Dans la plupart des cas, le faux-plafond, lorsqu'il existe, doit être démonté ;
 - *des techniques* permettent de nettoyer l'installation facilement. Tous les 8 à 10 m, des petits trous de 25 mm de diamètre sont percés dans les conduits d'aération : avant le début des opérations de nettoyage, les conduits sont contrôlés visuellement grâce à une technique endoscopique via ces petites ouvertures. Un puissant appareillage à vide est connecté à une portion de conduit de 30 à 50 m de long ; un gicleur actionné par air comprimé est introduit dans les petites ouvertures. Les impuretés sont alors balayées et éliminées par soufflage. Elles sont ensuite rassemblées et filtrées dans l'appareillage à vide.
A ces deux méthodes, s'ajoute celle des robots motorisés, moins courante.
- **Les filtres** : ils garantissent la qualité de l'air pulsé dans les locaux. Après un certain temps de fonctionnement (environ 3.000 heures), la perte de charge d'un filtre augmente rapide-

ment, à cause de son colmatage. Il en résulte :

- une diminution du débit d'air pulsé et de la puissance absorbée par le ventilateur ;
- des risques d'infiltrations d'impuretés dans l'installation de ventilation ;
- une surconsommation d'énergie si le ventilateur maintient un débit constant.

De plus, pour des questions d'odeur, un filtre doit être changé au moins tous les deux ans. Une gestion efficace du remplacement des filtres doit comporter un manomètre mesurant en permanence la perte de charge des filtres.

- **Les ventilateurs** : pour bien fonctionner, ils doivent être nettoyés à intervalles réguliers. L'accumulation des saletés augmente les pertes de pression statique et réduit ainsi l'efficacité du ventilateur.

Il faut également veiller à bien régler le niveau de bruits et de vibrations du ventilateur. Plusieurs facteurs entrent en jeu :

- un déséquilibre de la roue du ventilateur ;
- des paliers mal ajustés ;
- une isolation acoustique insuffisante ;
- un mauvais centrage des joints de l'axe ;
- une corrosion entre l'axe et le palier.

Un changement dans les vibrations peut être un avertissement qu'un problème se développe avant que le rendement du ventilateur ne soit sérieusement affecté.

Afin de permettre l'entretien, le moteur et les éléments électriques doivent être facilement accessibles par un capot amovible ou une trappe de visite.

- **Les courroies** : il existe deux contrôles principaux que le personnel d'exploitation peut faire facilement 3 à 4 fois par an :
 - *le contrôle de la tension des courroies* : une courroie trop tendue use rapidement les paliers et la courroie elle-même ; elle augmente également les pertes de la transmission. Une courroie pas assez tendue augmente les pertes de la transmission et diminue le débit d'air transporté puisque la courroie patine.
 - *le contrôle de l'alignement des poulies* : un défaut d'alignement se marque par une usure latérale des courroies et la présence de poussière noire autour de la transmission.
- **Les systèmes de récupération de chaleur** : les directives suivantes peuvent s'avérer utiles :
 - les filtres plats doivent être nettoyés ou remplacés tous les 6 mois ;
 - les ventilateurs doivent faire l'objet d'un entretien tous les 2 ans ;
 - l'échangeur de chaleur à panneaux doit être contrôlé tous les 2 ans et nettoyé tous les 5 ans.

LE RENDEMENT À LONG TERME

Bien souvent, l'installation de ventilation choisie est celle qui assure les débits d'air nécessaires pour le coût initial moindre. Les problèmes de l'utilisation à long terme et de l'interaction avec les autres composants du bâtiment, ainsi que les coûts opérationnels et de maintenance, sont, par contre, fréquemment négligés.

Il faut étudier une installation de ventilation sur toute sa durée de fonctionnement ("life cycle planning"), c'est-à-dire de sa conception jusqu'à son démontage et remplacement, en passant par sa mise en service et sa maintenance.

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

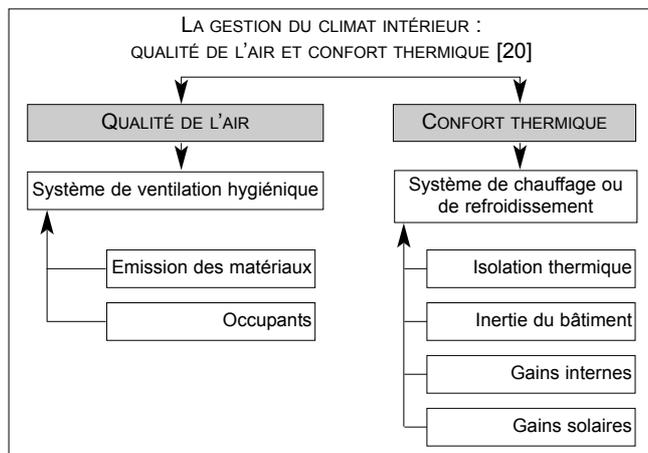
LES DISPOSITIFS CONCURRENTS DE L'INSTALLATION DE VENTILATION

- 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.



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.

TYPE DE LOCAL	VITESSES MAXIMALES ADMISSIBLES [m/s]			
	GAINÉ PRINCIPALE	DERIVATION	GRILLE / BOUCHE	ENTRÉE 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]

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.

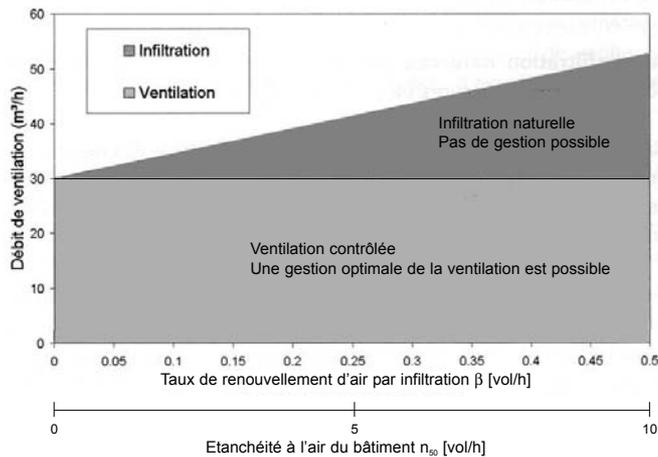
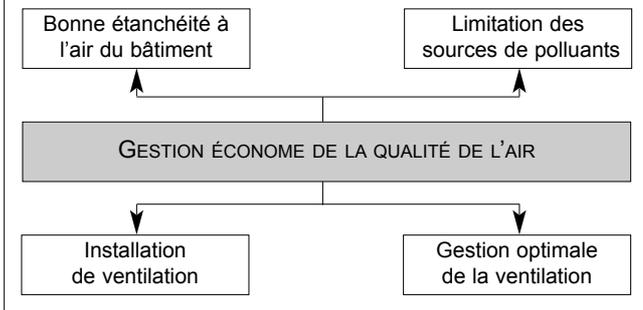
L'ÉTANCHÉITÉ À L'AIR DES CONDUITS DE VENTILATION

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 ²	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 PROGRESSIVES 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 **débites 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 :

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

où $\text{Cons}_{\text{él}}$ = 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 **débites nominaux** sont les suivants :

		SURFACE [m ²]	DÉBITS SELON NORME [m ³ /h]	TOTAL [m ³ /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 MECANIQUE SIMPLE FLUX (système C)			Consommation d'énergie avec une VENTILATION MECANIQUE DOUBLE FLUX (système D)			Consommation d'énergie avec une VENTILATION MECANIQUE DOUBLE FLUX AVEC RECUPERATION DE CHALEUR (système D)							
		T	M	F		P	Enveloppe	Ventilation	Electricité	Enveloppe	Ventilation	Electricité	Enveloppe	Ventilation	Electricité	Enveloppe	Ventilation	Electricité				
		T=toitures / M=maurs / F=fenêtres / P=planchers			en kWh/an			en kWh/an			en kWh/an			en kWh/an								
		Budget sur 30 ans (isolation + chauffage + électricité) (en Euro)			Budget sur 30 ans (isolation + chauffage + électricité) (en Euro)			Budget sur 30 ans (isolation + chauffage + électricité) (en Euro)			Budget sur 30 ans (isolation + chauffage + électricité) (en Euro)			Budget sur 30 ans (isolation + chauffage + électricité) (en Euro)								
MAISONS DE 100 M² CHAUFFÉES SUR 1 OU 2 NIVEAUX, AVEC OU SANS MITOYENNETÉ	De plain-pied	Non isolé	4,2	2,3	2,7	1,5	K208	58.340	8.631	0	71.200	58.340	4.360	825	75.200	58.340	1.326	825	73.100	58.340	1.326	825
		Pour K55	0,3	0,5	2,7	0,6	K48	13.432	8.631	0	30.900	13.432	4.360	825	34.800	13.432	1.326	825	32.800	13.432	1.326	825
		Pour K45	0,3	0,4	1,6	0,6	K39	11.056	8.631	0	29.500	11.056	4.360	825	33.500	11.056	1.326	825	31.500	11.056	1.326	825
		Pour K55	0,2	0,3	1,5	0,4	K29	8.267	8.631	0	27.800	8.267	4.360	825	31.800	8.267	1.326	825	29.800	8.267	1.326	825
		Non isolé	4,2	2,3	2,7	1,5	K214	43.723	8.631	0	56.600	43.723	4.360	825	60.000	43.723	1.326	825	56.300	43.723	1.326	825
		Pour K55	0,3	0,5	2,7	0,6	K55	11.198	8.631	0	27.300	11.198	4.360	825	30.800	11.198	1.326	825	29.000	11.198	1.326	825
	2 niveaux seule	Pour K45	0,3	0,4	1,6	0,6	K43	8.788	8.631	0	25.600	8.788	4.360	825	29.000	8.788	1.326	825	27.300	8.788	1.326	825
		Pour K55	0,2	0,3	1,5	0,4	K33	6.764	8.631	0	24.400	6.764	4.360	825	27.800	6.764	1.326	825	26.100	6.764	1.326	825
		Non isolé	4,2	2,3	2,7	1,5	K187	31.719	8.631	0	44.200	31.719	4.360	825	47.100	31.719	1.326	825	45.400	31.719	1.326	825
		Pour K55	0,3	0,5	2,7	0,6	K42	8.588	8.631	0	25.600	8.588	4.360	825	28.300	8.588	1.326	825	24.600	8.588	1.326	825
		Pour K45	0,3	0,4	1,6	0,6	K33	6.680	8.631	0	22.100	6.680	4.360	825	25.000	6.680	1.326	825	23.200	6.680	1.326	825
		Pour K55	0,2	0,3	1,5	0,4	K25	5.177	8.631	0	21.100	5.177	4.360	825	24.000	5.177	1.326	825	22.300	5.177	1.326	825
IMMEUBLE DE BUREAUX DE 500 M² CHAUFFÉS	Immeuble de bureaux mitoyen	Non isolé	4,2	2,3	2,7	1,5	K66	48.208	22.792	0	73.300	48.208	11.507	1.906	76.600	48.208	3.499	1.906	68.900	48.208	3.499	1.906
		Pour K55	0,3	0,5	2,7	0,6	K47	34.808	22.792	0	66.300	34.808	11.507	1.906	68.800	34.808	3.499	1.906	61.900	34.808	3.499	1.906
		Pour K45	0,3	0,4	1,6	0,6	K34	24.655	22.792	0	56.500	24.655	11.507	1.906	59.900	24.655	3.499	1.906	55.100	24.655	3.499	1.906
		Pour K55	0,2	0,3	1,5	0,4	K28	20.291	22.792	0	53.500	20.291	11.507	1.906	56.800	20.291	3.499	1.906	50.100	20.291	3.499	1.906
		Non isolé	4,2	2,3	2,7	1,5	K187	31.719	8.631	0	44.200	31.719	4.360	825	47.100	31.719	1.326	825	45.400	31.719	1.326	825
		Pour K55	0,3	0,5	2,7	0,6	K55	11.198	8.631	0	27.300	11.198	4.360	825	30.800	11.198	1.326	825	29.000	11.198	1.326	825

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 %.

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.

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	☹	☹	☺	☺☺

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'avèrerait 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 :**

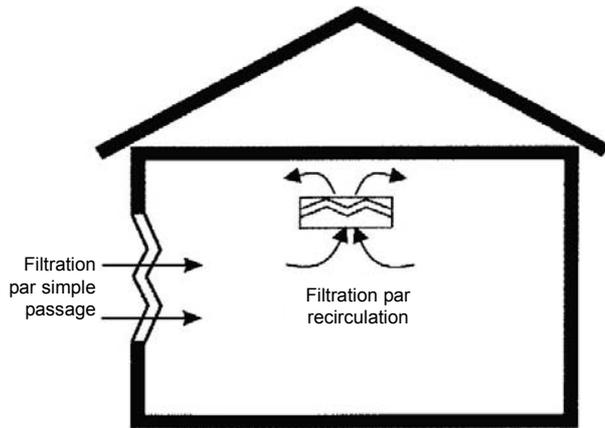
Pour un immeuble de bureaux situé en Belgique et de petite taille, la ventilation mécanique simple flux est largement suffisante.

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) :							
		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.

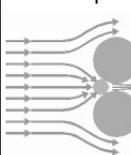
Les filtres à couche poreuse sont, actuellement, les plus répandus, tant pour la filtration de "confort" que pour la filtration de très haute efficacité (salles blanches, salles d'opération, etc.).

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.

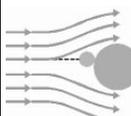
FONCTIONNEMENT DES FILTRES À COUCHE POREUSE [34]

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

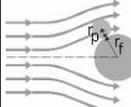
L'interception des poussières peut se faire par :



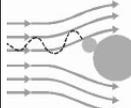
• tamisage (ou effet de cible) : il faut que les pores de l'élément filtrant aient des dimensions inférieures à celles des particules. Ce peut être un amas de particules arrêtées par le filtre qui constitue un tamis filtrant vis-à-vis des particules plus fines se présentant ultérieurement ;



• 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 $1 \mu\text{m}$, 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 :

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

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).

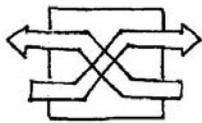
La récupération de chaleur sur l'air extrait (qui n'est possible qu'avec une extraction mécanique) est une solution énergétiquement très intéressante ; elle permet de récupérer 50 à 70 % de l'énergie contenue dans l'air extrait.

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 :

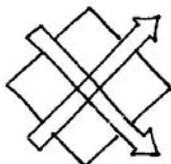
- pour des débits élevés (plus de 20.000 m³/h) ;
- avec un usage permanent de l'installation.

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.

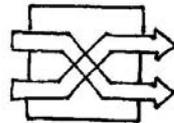
LES ÉCHANGEURS DE CHALEUR PLATS



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 PERFORMANCES DE LA VENTILATION

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

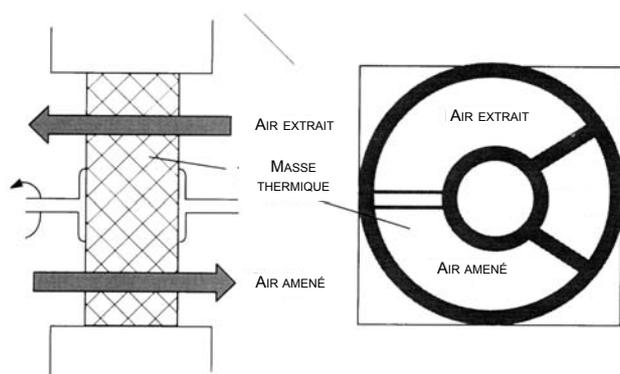
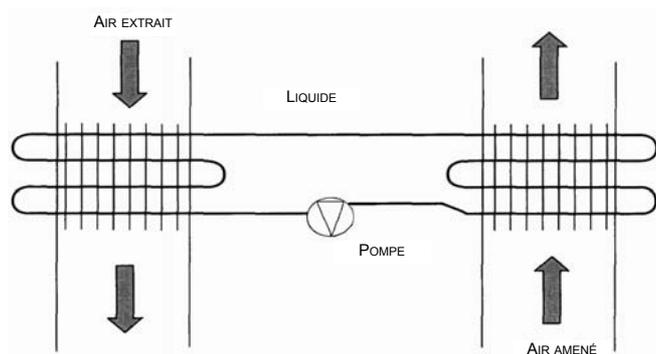
Un cylindre, tournant entre 10 à 20 tours/minute et dans lequel passent les deux flux d'air, prend la chaleur du flux d'air extrait et la décharge dans le flux d'air frais amené. Cette méthode est utilisée dans les grands centres commerciaux et dans les bâtiments publics. Elle fait alors partie du système 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 ΔP = 2 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-

LES PERFORMANCES DE LA VENTILATION

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_{2E+}/BE sont autorisés en Belgique.

• Le système VMC - gaz

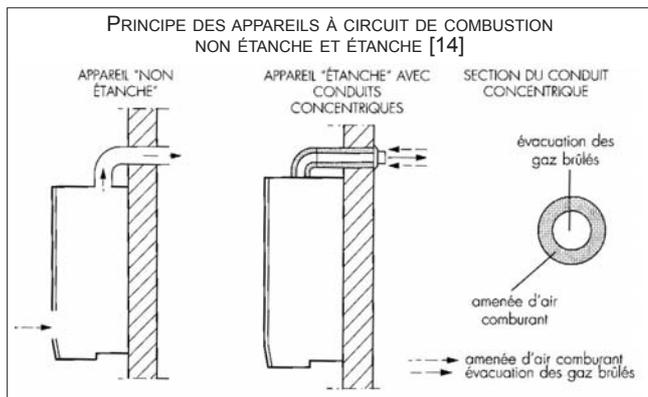
(Ventilation Mécanique Contrôlée - gaz)

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.

LA MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION DU SYSTÈME DE VENTILATION

LES CHOIX DE L'AUTEUR DE PROJET

CHOIX DE L'IMPLANTATION DU BÂTIMENT DANS SON SITE

- Les vents
- L'environnement

CHOIX DE L'ENVELOPPE EXTÉRIEURE ET DE SON MODE DE CONSTRUCTION

- Les conditions externes au projet
- Les conditions internes au projet

CHOIX DE LA DISPOSITION DES LOCAUX

- La thermocirculation
- Le confort

CHOIX DE L'INSTALLATION DE VENTILATION

CHOIX DES OUVERTURES PRATIQUÉES DANS L'ENVELOPPE

- Les ouvertures d'amenée d'air OAR
- La ventilation intensive
- Les ouvertures d'extraction d'air OER

OBJECTIFS POURSUIVIS ET MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION DU DÉTAIL

ILLUSTRATION PAR UN EXEMPLE : AU STADE DE L'ESQUISSE

ÉTUDE DE L'IMPLANTATION

CHOIX DES MATÉRIAUX

CHOIX DE LA DISPOSITION DES LOCAUX

LES BESOINS DE VENTILATION

- La ventilation de base selon la norme NBN D50-001
- La ventilation intensive selon la norme NBN D50-001
- La ventilation des locaux spéciaux selon la norme NBN D50-001

CHOIX DE L'INSTALLATION DE VENTILATION

- Le cabinet médical
- La maison unifamiliale
- Calcul du coût global de chaque type d'installation
- Choix de l'installation de ventilation

ILLUSTRATION PAR UN EXEMPLE : AU STADE DE L'AVANT-PROJET

LE DIMENSIONNEMENT DES OUVERTURES D'AMENÉE D'AIR NATURELLE

- Emplacement et type d'aérateur
- Dimensionnement

LE DIMENSIONNEMENT DES OUVERTURES DE TRANSFERT

- Emplacement et type d'ouverture de transfert
- Dimensionnement

LE DIMENSIONNEMENT DES EXTRACTIONS D'AIR MÉCANIQUES

- Emplacement des gaines et du ventilateur
- Types de conduits, de ventilateur et de bouches

ILLUSTRATION PAR UN EXEMPLE : AU STADE DU PROJET

LA MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION DU SYSTÈME DE VENTILATION

LES CHOIX DE L'AUTEUR DE PROJET

CHOIX DE L'IMPLANTATION DU BÂTIMENT DANS SON SITE

DÉFINITIONS [19]

Le vent est un déplacement d'air, principalement horizontal, d'une zone de haute pression atmosphérique (masse d'air froid) vers une zone de basse pression (masse d'air chaud).

La direction et la vitesse du vent caractérisent celui-ci :

- la direction du vent en un lieu est donnée par l'orientation d'où il souffle ;
- la vitesse du vent est exprimée en km/h.

LES VENTS

L'infiltration naturelle de l'air dans un bâtiment est due à des différences de pression entre l'extérieur et l'intérieur ; elles sont engendrées soit par le vent, soit par l'écart de température de part et d'autre de l'enveloppe extérieure. Lorsque le vent frappe un bâtiment, il crée des mouvements d'air au travers de ce dernier, de la façade au vent (mise en surpression) vers la façade sous le vent (en dépression).

Le vent en un lieu est dépendant du type d'environnement et des obstacles rencontrés. La vitesse du vent, nulle au niveau du sol, augmente avec la hauteur.

Une étude des vents dominants en fonction de l'orientation du terrain, de l'implantation du bâtiment et de l'environnement s'avère donc nécessaire afin de limiter les infiltrations d'air incontrôlables.

L'Annexe 5 reprend des graphes et des tableaux représentant, pour chaque direction du vent, la fréquence du temps d'occurrence et la vitesse moyenne des vents, à Uccle.

L'ENVIRONNEMENT

L'environnement (rural, urbain, industrialisé, etc.) et les bâtiments voisins influencent le choix de l'implantation, mais aussi celui de l'installation de ventilation (voir pages 12 et 13).

L'immeuble lui-même modifie l'espace dans lequel il est construit. Il complète ou redessine l'espace déterminé socialement, il remplace un bâti ou une végétation, il modifie les écoulements des eaux, il masque des espaces ou, au contraire, il les expose au soleil, il modifie l'écoulement de l'air et donc du vent.

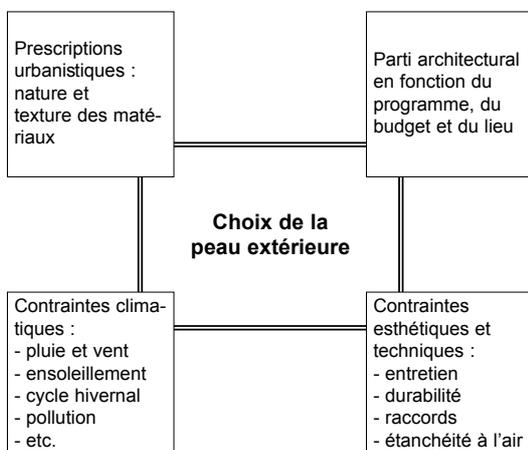
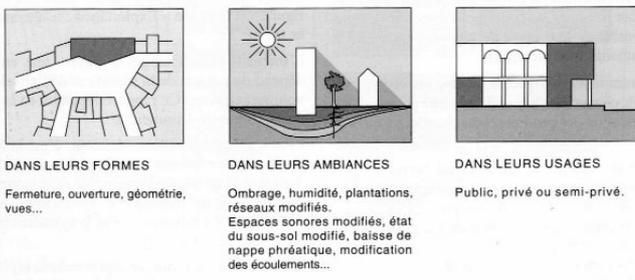
CHOIX DE L'ENVELOPPE EXTÉRIEURE ET DE SON MODE DE CONSTRUCTION

LES CONDITIONS EXTERNES AU PROJET

- Le climat extérieur
- Les contraintes urbanistiques d'intégration au site
- Le contexte réglementaire
- Les matériaux disponibles et les techniques de pose :
 - texture, couleur ;
 - étanchéité à l'air ;
 - durabilité, entretien ;
 - coût.

Plus l'étanchéité à l'air de l'enveloppe extérieure est élevée, plus le système de ventilation sera efficace.

L'IMMEUBLE MODIFIE LES ESPACES QUI L'ENVIRONNENT :



LA MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION DU SYSTÈME DE VENTILATION

LES CONDITIONS INTERNES AU PROJET

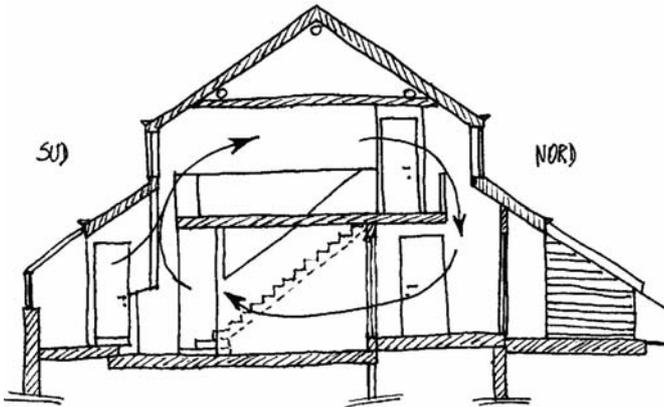
- Le programme
- Le climat intérieur
- Le parti architectural

CHOIX DE LA DISPOSITION DES LOCAUX

LA THERMOCIRCULATION [19]

La thermocirculation de l'air est un mode de distribution de la chaleur : sous l'effet du rayonnement solaire, une paroi intérieure s'échauffe et cède une partie de la chaleur accumulée à l'air ambiant, par convection. L'air échauffé, plus léger, provoque un mouvement ascendant, créant un appel d'air plus frais. Si l'agencement des espaces s'y prête, une circulation d'air s'établit entre les zones exposées au rayonnement et les zones non exposées.

En période nuageuse ou pendant la nuit, le mouvement d'air doit être empêché pour éviter une circulation inverse produisant un refroidissement.



LE CONFORT

Une installation de ventilation efficace permet d'obtenir une bonne qualité de l'air intérieure, mais elle peut aussi causer quelques désagréments, comme la transmission de bruit et d'odeurs, d'un local à un autre.

Une bonne disposition des locaux permet de limiter ces gênes, en regroupant les locaux par type d'activité ou en disposant des espaces tampons, par exemple entre les locaux bruyants et les locaux calmes.

CHOIX DE L'INSTALLATION DE VENTILATION

Lors du choix d'une installation de ventilation, il faut tenir compte de plusieurs critères, à savoir :

- **le climat local** : les amenées et extractions d'air naturelles dépendent des conditions climatiques (voir page 12) ;
- **l'environnement** : une installation de ventilation mécanique est préférable dans un environnement bruyant et/ou pollué (voir page 12) ;
- **le type de bâtiment** : une installation de ventilation naturelle ou mécanique simple flux sera plutôt utilisée pour des maisons unifamiliales ou des bâtiments de taille moyenne, alors qu'on préférera une installation de ventilation mécanique double flux pour des immeubles de bureaux de grande taille, par exemple (voir page 13) ;
- **le coût global** d'une installation, assez élevé au départ, peut se révéler, à long terme, moins cher que celui d'une autre installation, dont le coût initial est moins élevé (voir page 27) ;
- **l'énergie** : une installation de ventilation doit satisfaire le besoin de ventilation avec une énergie d'utilisation minimale (voir page 28) ;
- **le contrôle de la ventilation** : il est parfois intéressant de réaliser une gestion de la ventilation "à la demande",

SYSTÈMES DE VENTILATION SELON LA NORME NBN D50-001 [26]	PROCÉDÉS DE VENTILATION	
	AMENÉE D'AIR	ÉVACUATION D'AIR
A	naturelle	naturelle
B	mécanique	naturelle
C	naturelle	mécanique
D	mécanique	mécanique

lorsque les besoins de ventilation ne sont pas constants (voir page 30) ;

- **la maintenance** : les différents dispositifs d'une installation de ventilation doivent être correctement entretenus afin d'assurer une ventilation efficace. La maintenance est beaucoup plus aisée lorsqu'elle a été pensée dès la conception de l'installation (voir page 31) ;
- **le rendement à long terme** de l'installation (voir page 33) ;
- **la disposition des locaux** : elle peut parfois rendre une installation de ventilation inadéquate (passage de gaines, etc.).

Un tableau récapitulatif des avantages et inconvénients de chaque type d'installation de ventilation est donné à la page 26.

CHOIX DES OUVERTURES PRATIQUÉES DANS L'ENVELOPPE

LES OUVERTURES D'AMENÉES D'AIR OAR

- Les ouvertures d'amenée d'air naturelles peuvent être disposées :
 - entre le vitrage et le châssis ;
 - dans la menuiserie ;
 - entre l'enveloppe opaque et le châssis ;
 - dans l'enveloppe opaque.

Les passages d'air autorisés différencient également ces ouvertures.

- Les ouvertures d'amenée d'air mécaniques se différencient par :
 - leur esthétique ;
 - le bruit qu'elles engendrent ;
 - leur encombrement ;
 - leurs débits.

LA VENTILATION INTENSIVE

La ventilation intensive s'opère selon deux modes éventuellement combinables avec l'effet cheminée (voir page 21) :

- la ventilation unilatérale ;
- la ventilation transversale ;

Ce type de ventilation requiert des débits importants (voir page 17) mais occasionnels, qui peuvent être obtenus par l'ouverture de fenêtres et/ou de portes, qui doivent donc être positionnées de façon à pouvoir assurer ce type de ventilation.

LES OUVERTURES D'EXTRACTION D'AIR OER

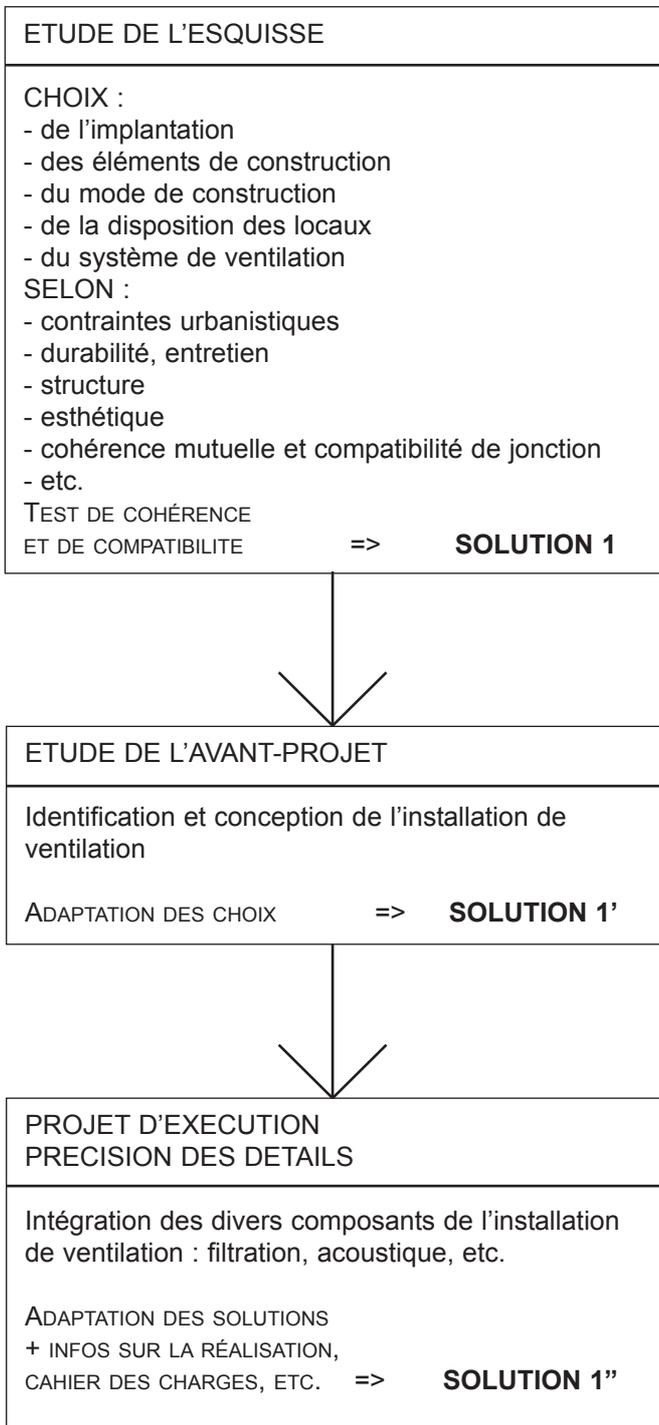
- Les ouvertures d'extraction d'air naturelles nécessitent l'étude :
 - de leur emplacement ;
 - du débouché en toiture.
- Les ouvertures d'extraction d'air mécaniques se disposent en tenant compte :
 - de leur emplacement ;
 - de leur encombrement.

Les Annexes 2 et 3 reprennent, de façon détaillée, les différents types de prises d'air des installations de ventilation naturelle et mécanique.

Les Annexes 2 et 3 reprennent, de façon détaillée, les différents types d'extractions d'air des installations de ventilation naturelle et mécanique.

LA MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION DU SYSTÈME DE VENTILATION

OBJECTIFS POURSUIVIS ET MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION DU DÉTAIL



La méthodologie proposée ici vise à obtenir des qualités technique et énergétique optimales de la conception et de la réalisation d'une installation de ventilation. La démarche proposée sera illustrée par des exemples ayant pour objet un même bâtiment.

Ses grandes lignes s'établissent comme suit :

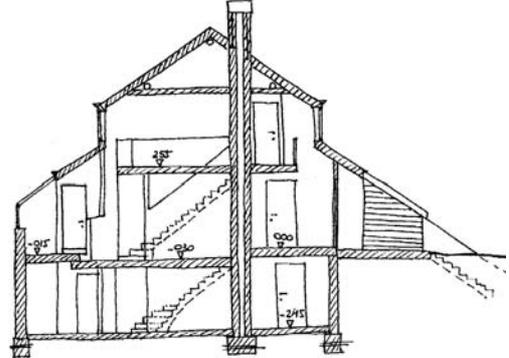
- Définition des données issues de l'esquisse et des contraintes à respecter.
- Critères de choix :
 - de l'implantation du bâtiment dans son site ;
 - de l'enveloppe extérieure et de son mode de construction ;
 - de la disposition des locaux ;
 - de l'installation de ventilation ;
 - des ouvertures pratiquées dans l'enveloppe.
- Ces critères sont à préciser et à appliquer de façon progressive, comme schématisé ci-contre :
 - dès l'esquisse ;
 - au stade de l'avant-projet ;
 - au projet d'exécution.
- Traduction de ces critères en terme de prescriptions ou de points à contrôler :
 - en phase de conception : cahier des charges ;
 - en phase d'exécution : chantier et réception.

LA MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION DU SYSTÈME DE VENTILATION

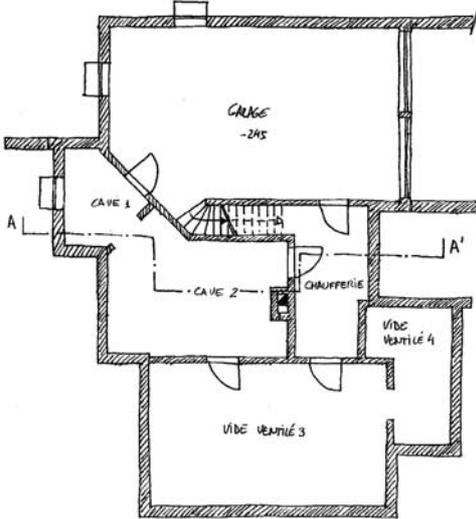
ILLUSTRATION PAR UN EXEMPLE : AU STADE DE L'ESQUISSE



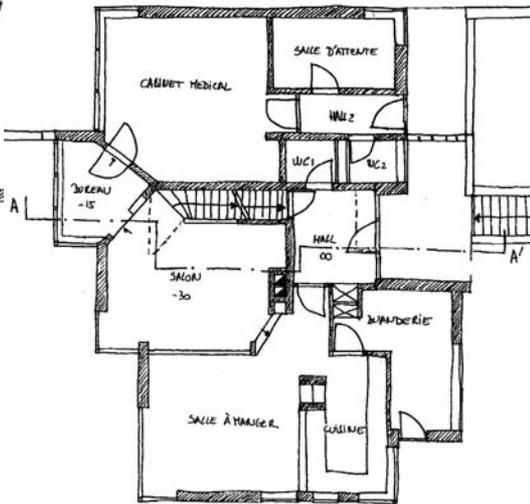
Ces plans, au stade de l'esquisse (solution 1), comprennent les gaines techniques sanitaires et les cheminées, mais ne donnent aucune mention des appareillages de ventilation, qui restent à étudier.



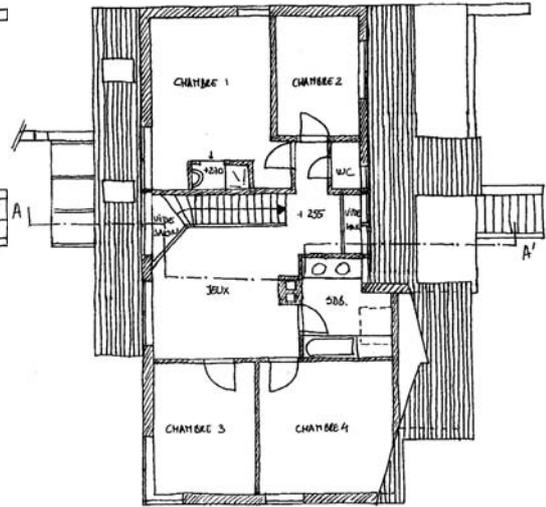
COUPE AA



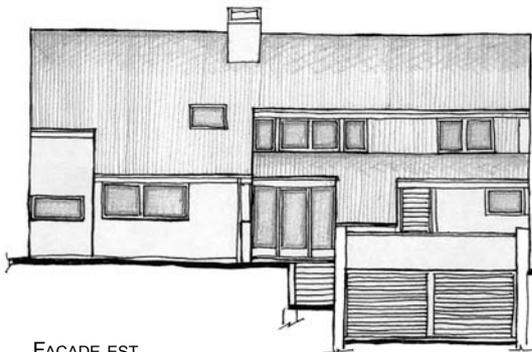
SOUS-SOL



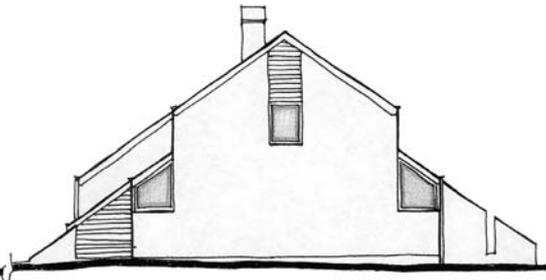
REZ-DE-CHAUSSÉE



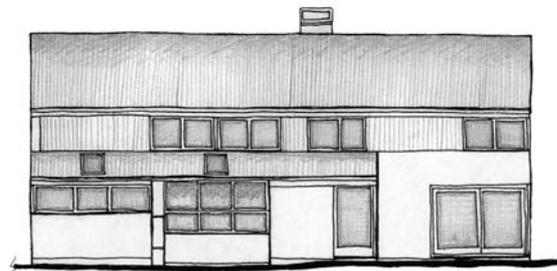
ETAGE



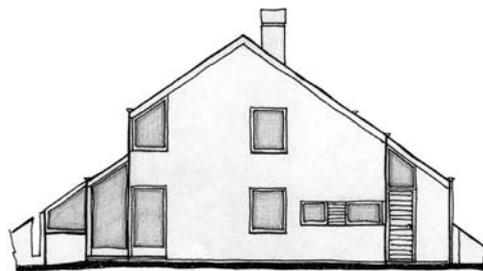
FAÇADE EST



FAÇADE NORD



FAÇADE OUEST



FAÇADE SUD

LA MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION DU SYSTÈME DE VENTILATION

Soit, à titre d'exemple, le programme architectural d'une maison unifamiliale, comprenant :

- au sous-sol : un garage pour deux voitures, une chaufferie, deux caves et deux vides ventilés ;
- au rez-de-chaussée :
 - un cabinet médical : hall, salle d'attente, W.-C. et cabinet ;
 - la zone de jour de la maison unifamiliale : hall, W.-C., buanderie, cuisine, salle à manger, séjour et bureau ;
- à l'étage : quatre chambres, un W.-C., une salle de bain et un espace de jeux en mezzanine sur le séjour et le hall d'entrée.

ÉTUDE DE L'IMPLANTATION

Le terrain peu pentu est situé sur le versant d'une vallée, dans un quartier résidentiel peu bruyant et peu pollué. Il ne génère pas de contraintes particulières de bruit ou de pollution.

En Belgique, les vents dominants soufflent principalement du sud-ouest et du nord-est aux changements de saisons. Si l'on examine les tableaux donnés en Annexe 5, on constate que les vents de direction ouest et sud-ouest sont les plus fréquents.

Le terrain en question est donc assez bien exposé aux vents, mais le relief de la vallée atténue un peu leurs effets.

Le bâtiment est orienté principalement vers le nord-est et le sud-ouest et il est implanté de façon à laisser libre une grande partie de la parcelle du côté sud.

Les pressions de vents s'exerçant principalement sur la façade sud-ouest, il est préférable de placer les locaux de vie dans cette partie afin, non seulement de favoriser les amenées d'air frais, mais aussi de profiter de l'ensoleillement et, dans ce cas, du paysage.

CHOIX DES MATÉRIAUX

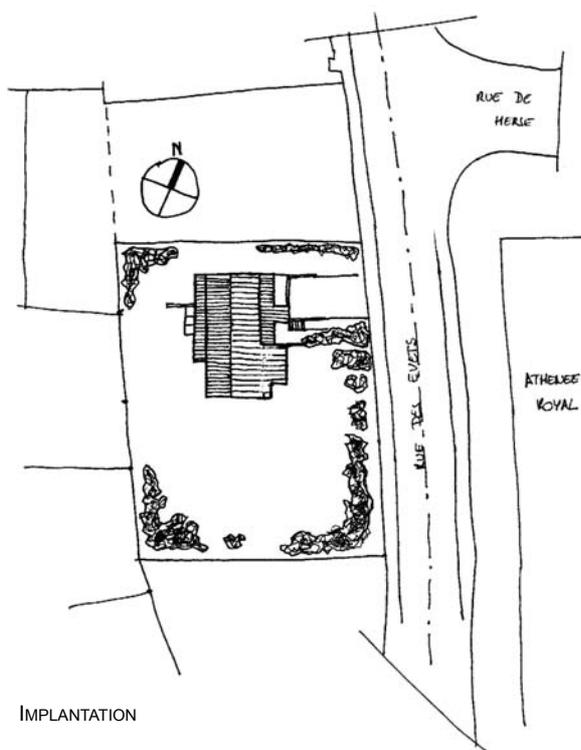
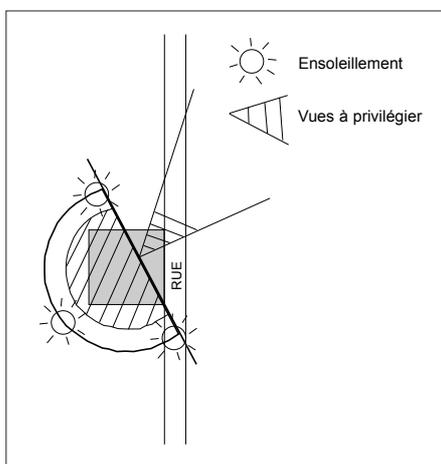
L'ensemble du bâtiment s'inscrit dans un contexte urbain et paysager, tant par une logique de réponse aux conditions climatiques régionales, que par une volonté d'intégration dans le contexte existant.

Ainsi, le volume a été conçu avec une pente de toiture nécessitée par la couverture traditionnelle en ardoises naturelles. Une pente de 35° a été choisie, correspondant aux prescriptions urbanistiques locales qui imposent une toiture de 30 à 40° pour les volumes principaux.

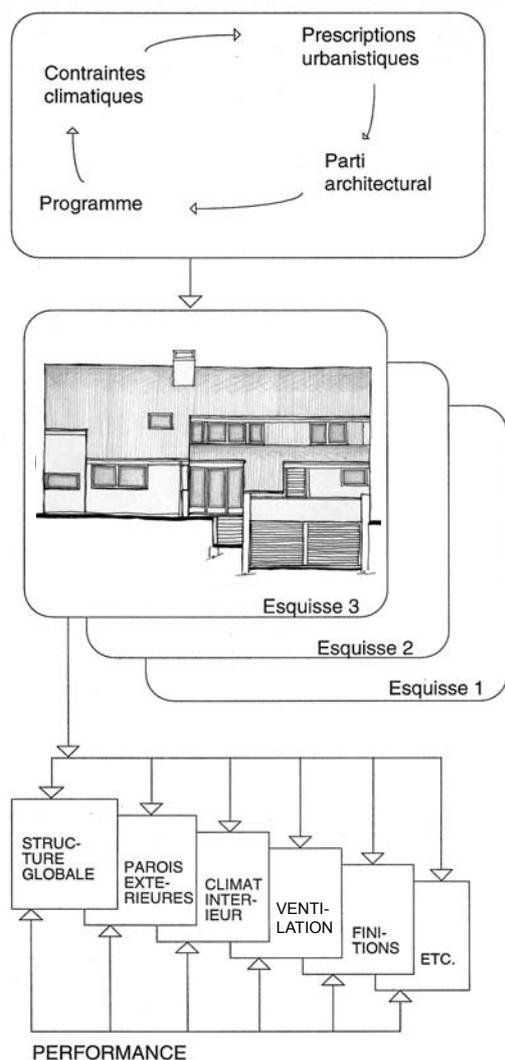
La plupart des murs extérieurs sont constitués de blocs de béton intérieurs apparents, d'une couche d'isolation thermique et d'un parement en blocs de béton recouverts de crépi.

A l'étage, pour les façades est et ouest, le parement extérieur est constitué d'un bardage en ardoises naturelles. Les châssis sont en bois et munis de double vitrage.

L'ensemble de l'enveloppe extérieure du bâtiment répond à un bon niveau d'étanchéité à l'air qu'il faut veiller à maintenir lors de la construction, principalement au niveau des nœuds et jonctions du bâtiment.



LA MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION DU SYSTÈME DE VENTILATION



CHOIX DE LA DISPOSITION DES LOCAUX

Etant donné l'implantation du terrain et du bâtiment, les orientations à privilégier vont du sud-est au sud-ouest ; au rez-de-chaussée, il a donc été décidé de placer l'aile du cabinet médical dans la zone nord du bâtiment. Le cabinet médical est toutefois orienté vers le sud-ouest afin de pouvoir profiter de l'ensoleillement, de la vue et de la pression des vents.

Pour les mêmes raisons, les locaux de vie de l'habitation sont tournés vers le sud-ouest. Ces locaux sont ouverts les uns par rapport aux autres, permettant ainsi la libre circulation de l'air. La cuisine est ainsi ouverte vers la salle à manger, mais fermée par rapport à la buanderie.

La cheminée est centrale, ce qui permet de bien profiter de la chaleur dégagée, dans l'ensemble du bâtiment.

A l'étage, un espace de jeux, en mezzanine sur le hall et le séjour, dessert les quatre chambres, réparties aux quatre extrémités du bâtiment, ainsi que la salle de bain et le W.-C.

La mezzanine permet la thermocirculation de l'air : l'air échauffé par l'apport solaire au travers des vitrages (du bureau, du séjour) monte vers l'espace de jeux et redescend vers le hall, attiré par la face nord plus fraîche. Il retourne, enfin, vers le séjour, en traversant la porte séparant le hall du séjour.

LES BESOINS DE VENTILATION

LA VENTILATION DE BASE SELON LA NORME NBN D50-001

	LOCAUX	SURFACE [m ²]	HAUTEUR SOUS PLAFOND [m]	VOLUME [m ³]	DEBITS D'AIR SELON LA NORME NBN D50-001 [m ³ /h]	
					ALIMENTATION	EXTRACTION
CABINET MEDICAL	Cabinet médical	26	2,35	61,1	73	-
	Salle d'attente	9	2,35	21,2	77	-
	W.-C. 2	1,95	2,35	4,6	-	30
	Hall	3	2,35	7,1	-	-
MAISON UNIFAMILIALE	W.-C. 1	1,95	2,35	4,6	-	25
	Bureau	6	2,5	15,0	25	-
	Salon	21	2,65	55,7	76	-
	Salle à manger	19,8	2,35	46,5	75	-
	Cuisine	11,6	2,35	27,3	-	75
	Buanderie	10,4	2,35	24,4	-	50
	Chambre 1	20	2,3	46,0	72	-
	Chambre 2	9,75	2,3	22,4	35	-
	Chambre 3	13,5	2,3	31,1	36	-
	Chambre 4	17,6	2,3	40,5	36	-
	Espace de jeux	14	2,3	32,2	50	-
	Douche	1,44	2,3	3,3	-	50
	Salle de bain	7,8	2,3	17,9	-	50
	W.-C. 3	1,4	2,3	3,2	-	25
	Halls, couloirs et dégagements	70,5	2,3	162	-	-
	TOTAUX	196		626	555	305
TAUX DE VENTILATION $\beta = 555 / 626 = 0,88 \text{ h}^{-1}$						

LA MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION DU SYSTÈME DE VENTILATION

Les exigences de débits de ventilation de base selon la norme NBN D50-001 sont expliquées en détail à la page 16.

Selon l'Arrêté du Gouvernement Wallon du 15 février 1996, lorsqu'un bâtiment est à usage mixte (logements et bureaux, par exemple), si la partie de l'immeuble réservée au logement excède 30 % de la totalité de la surface, les exigences relatives aux immeubles destinés au logement sont seules applicables. La maison avec partie professionnelle (cabinet médical) est donc à considérer, au regard de la réglementation sur la ventilation, comme une maison unifamiliale.

Néanmoins, afin de pouvoir enrichir notre exemple, les débits d'air pour la zone médicale ont été déterminés suivant la réglementation wallonne applicable aux bureaux ; la salle d'attente a ainsi été considérée comme une salle de réunion et le débit d'extraction dans le W.-C.2 est de 30 m³/h (fonctionnement continu).

Le tableau de la page précédente reprend, pour chaque local, les débits d'air à satisfaire.

LA VENTILATION INTENSIVE SELON LA NORME NBN D50-001

Ce type de ventilation est assuré par l'ouverture des portes et/ou fenêtres dont la superficie totale s doit au moins équivaloir à :

- 6,4 % de la superficie au sol des pièces présentant des ouvertures dans une seule façade : ventilation unilatérale ;
- 3,2 % de la superficie au sol des pièces présentant des portes et des fenêtres ouvrantes dans plusieurs façades : ventilation transversale. Les surfaces s_1 et s_2 de chacune des fenêtres ou portes ouvrantes doivent au moins être égales à 40 % de la surface totale s ; dans le tableau ci-après, s_1 a été choisie comme permettant le minimum d'ouverture (40 %) et s_2 offrant le reste.

Le tableau suivant reprend, pour chaque local, les superficies minimales des fenêtres à satisfaire selon le critère de la ventilation intensive ainsi que les surfaces réelles des fenêtres, telles qu'elles ont été dessinées dans l'esquisse.

LOCAUX	SURFACE S [m ²]	VENTILATION UNILATERALE		VENTILATION TRANSVERSALE					
		SUPERFICIE MINIMALE $s = 0,064 \times S$ [m ²]	SUPERFICIE REELLE s_r [m ²]	SUPERFICIE MINIMALE $s = 0,032 \times S$ [m ²]			SUPERFICIE REELLE s_r [m ²]		
				s	s_1 (s x 0,4)	s_2 (s x 0,6)	s_r	s_{r1}	s_{r2}
Cabinet médical	26	1,69	2,68	-	-	-	-	-	-
Salle d'attente	9	0,59	1,92	-	-	-	-	-	-
Bureau	6	0,39	2,18	-	-	-	-	-	-
Salon	21	1,37	5,28	-	-	-	-	-	-
Salle à manger	19,8	-	-	0,63	0,25	0,38	7,92	1,32	6,6
Chambre 1	20	-	-	0,64	0,26	0,38	3,2	2	1,2
Chambre 2	9,75	0,63	1,8	-	-	-	-	-	-
Chambre 3	13,5	0,88	4,42	-	-	-	-	-	-
Chambre 4	17,6	1,14	1,32	-	-	-	-	-	-
Espace de jeux	14,5	0,94	4	-	-	-	-	-	-
Cuisine	11,6	-	-	0,37	0,15	0,22	2,04	1,4	0,64

LA MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION DU SYSTÈME DE VENTILATION

Les fenêtres d'angle n'ont pas été considérées comme des fenêtres situées sur deux façades différentes puisqu'elles ne permettent pas une ventilation réellement transversale.

Outre les exigences d'ouverture minimale, la norme NBN D50-001 n'impose aucune exigence spécifique aux dispositifs de ventilation intensive. Dans la pratique, cela signifie que les fenêtres ouvrantes classiques satisfont aux exigences dans la plupart des cas.

Cependant, que ce soit dans le cas de la ventilation ou du free cooling, pour pouvoir laisser les fenêtres ouvertes de manière prolongée (pendant la nuit, par exemple), il s'avère indispensable :

- d'empêcher la pénétration d'insectes ;
- de garantir une protection suffisante contre l'effraction ;
- de limiter le risque de pénétration de la pluie ;
- d'éviter la gêne acoustique de l'extérieur.

La note d'information technique NIT 203 du CSTC [14] donne un aperçu des types de châssis courants, assortis de leurs performances et limitations en matière de ventilation intensive.

LA VENTILATION DES LOCAUX SPÉCIAUX SELON LA NORME NBN D50-001

• Le garage :

Sa superficie est de 47,6 m².

Selon la norme, une ouverture d'aération de 950 cm² est nécessaire et doit être située au maximum à 40 cm au-dessus du niveau du plancher du garage. Deux ouvertures peuvent éventuellement être placées dans la partie basse des deux portes du garage.

Il faut également veiller à ce que les portes séparant le garage des autres parties de l'habitation soient d'une étanchéité à l'air maximale, pour éviter que les éventuelles émanations de gaz d'échappement puissent migrer vers les autres locaux du bâtiment.

La superficie du garage étant supérieure à 40 m², une extraction mécanique est requise, au sens strict de la norme. L'option d'ajouter, dans cet exemple, un extracteur temporaire est largement suffisante puisqu'il s'agit d'une maison d'habitation tout à fait standard dont le garage sert au parking de deux voitures et ne constitue pas un atelier mécanique d'entretien ou de réparation de véhicules.

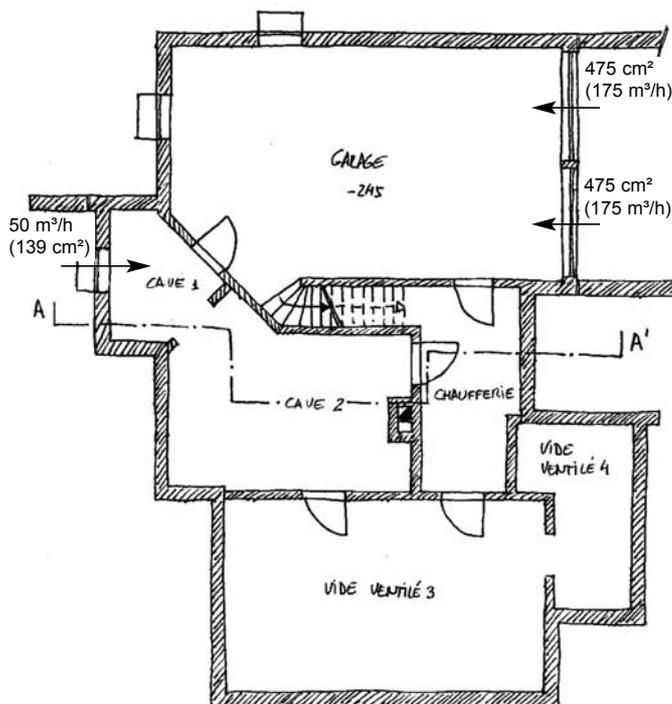
• La chaufferie :

Dans tous les cas, il y a lieu de prévoir une ouverture d'amenée d'air et une ouverture d'évacuation, toutes deux non obturables.

Il faut satisfaire aux exigences de la norme NBN B61-001 concernant les chaufferies et les cheminées.

• Les caves :

Elles sont ventilées par une ventilation naturelle, au moyen de grilles de ventilation. La somme des débits à travers toutes les grilles doit au moins être égale à 50 m³/h, pour une différence de pression de 2 Pa, ce qui correspond à une ouverture d'aération de 139 cm².



CHOIX DE L'INSTALLATION DE VENTILATION

LE CABINET MÉDICAL

- Système A : alimentation et extraction naturelles

La zone médicale étant traitée comme une zone de bureaux, la réglementation wallonne impose une extraction mécanique dans les locaux sanitaires. Le système A ne peut donc être envisagé dans cet exemple.

- Système B : alimentation mécanique et extraction naturelle

Étant donné qu'une extraction mécanique est imposée par la réglementation wallonne, le système B non plus ne peut être envisagé dans cet exemple.

- Système C : alimentation naturelle et extraction mécanique

Le schéma ci-contre reprend le sens des flux d'air et leur débit respectif nécessaire pour assurer une bonne ventilation de base.

Le principal avantage de ce type d'installation de ventilation est le contrôle des débits d'air extrait. De plus, les conduits verticaux ne sont plus obligatoires mais, dans cet exemple, un conduit vertical relié au ventilateur situé dans les combles reste encore la meilleure solution puisqu'elle permet l'utilisation de ce même conduit pour l'extraction d'air mécanique des deux autres W.-C. du bâtiment.

Les débits d'air neuf ne sont pas contrôlables et l'air amené ne peut être filtré.

Ce système nécessite de l'énergie électrique et une maintenance régulière, mais il s'avère peu coûteux à l'exploitation.

Cette installation de ventilation est donc intéressante, puisqu'elle permet un contrôle des débits extraits, tout en restant simple.

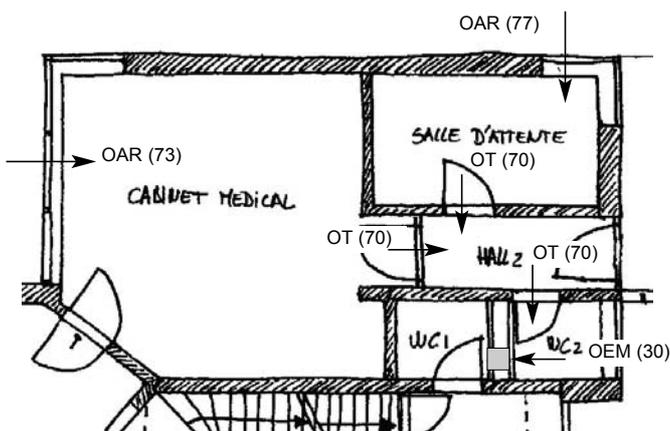
Le principe de fonctionnement de la ventilation simple flux à extraction mécanique est décrit de façon générale à la page 23 et les Annexes 2 et 3 reprennent les divers composants de ce type d'installation de ventilation.

- Système D : alimentation et extraction mécaniques

Le schéma de la page suivante reprend le sens des flux d'air et leur débit respectif nécessaire pour assurer une bonne ventilation de base.

Cette installation de ventilation est très maîtrisable, quelles que soient les conditions climatiques extérieures. Elle se prête également à une commande automatique, facilitant ainsi la gestion des débits (lorsque le cabinet médical n'est pas utilisé, par exemple).

La filtration de l'air amené est possible, mais dans le cas d'un cabinet médical où chaque patient transmet ses propres contaminants à l'air, il est illusoire de vouloir

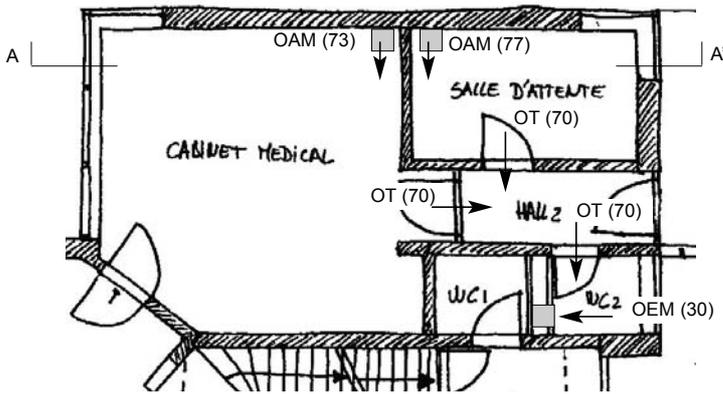


OAR (m³/h) = ouverture d'amenée réglable
 OEM (m³/h) = ouverture d'évacuation mécanique
 OT (cm²) = ouverture de transfert

Les chiffres entre parenthèses donnent :

- pour les OAR et OER : le débit de ventilation nominal requis ;
- pour les OT : la section de l'ouverture de transfert à réaliser.

LA MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION DU SYSTÈME DE VENTILATION



OAM (m³/h) = ouverture d'amenée mécanique
 OEM (m³/h) = ouverture d'évacuation mécanique
 OT (cm²) = ouverture de transfert

Les chiffres entre parenthèses donnent :

- pour les OAR et OER : le débit de ventilation nominal requis ;
- pour les OT : la section de l'ouverture de transfert à réaliser.

maintenir une qualité de l'air intérieure qui soit parfaite. Comme dans le cas précédent, les conduites sont verticales et rejoignent le ventilateur dans les combles. Ce système permet également la récupération de la chaleur contenue dans l'air extrait afin de préchauffer l'air neuf. Cependant, ce type d'installation est compliqué, difficile à équilibrer, nécessite d'une maintenance régulière et est coûteux.

Le principe de fonctionnement de la ventilation double flux est décrit de façon générale à la page 24 et l'Annexe 3 reprend les divers composants de ce type d'installation de ventilation.

• Récapitulatif

Le choix final de l'installation dépend évidemment du système de ventilation appliqué au reste du bâtiment, la ventilation mécanique centralisée étant plus avantageuse si elle est également utilisée dans la partie habitation du bâtiment.

Dans cet exemple, où l'environnement extérieur n'est ni pollué ni bruyant et où le climat extérieur est modéré (au sens de la typologie des climats définies à la page 12), l'installation de ventilation double flux (système D) représente un investissement de départ important, eu égard aux besoins réels de ventilation.

LA MAISON UNIFAMILIALE

Remarque générale : lorsqu'elle est abordée, l'extraction d'air au départ de la cuisine ne concerne pas le circuit d'extraction de la hotte, qui est séparé du système de ventilation du local.

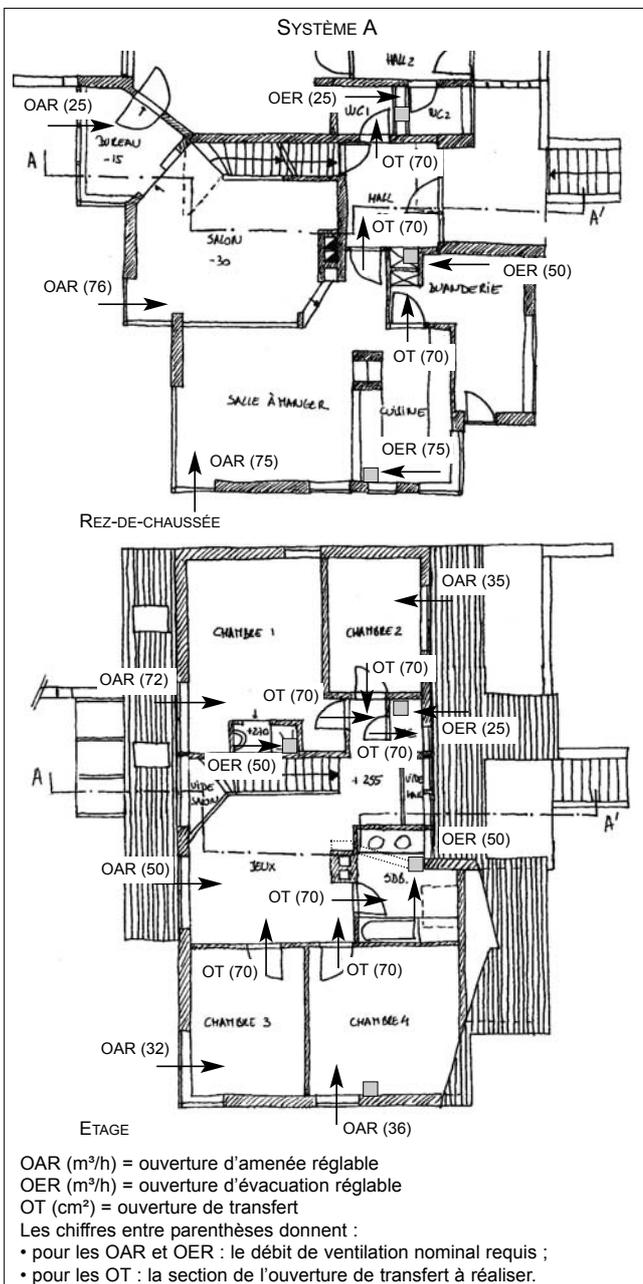
• Système A : alimentation et extraction naturelles

Les schémas ci-contre reprennent le sens des flux d'air et leur débit respectif nécessaire pour assurer une bonne ventilation de base.

Ce système a l'avantage d'être simple et de nécessiter peu d'entretien. Il ne demande aucune énergie électrique spécifique.

Par contre, les débits d'air dépendent des conditions climatiques et ne sont donc pas contrôlables, sauf de manoeuvrer manuellement chaque ouverture d'amenée d'air. Ils ne peuvent pas, non plus, être soumis à une commande automatique qui permettrait, par exemple, de les diminuer durant la nuit ou lors de périodes plus ou moins longues d'inoccupation du bâtiment.

L'inconvénient majeur de ce système provient des conduits verticaux des extractions d'air naturelles ; les débouchés de ces conduits doivent se situer le plus près possible du faîte. C'est pourquoi l'extraction d'air de la cuisine impose le passage d'une gaine à encaster dans la maçonnerie du mur extérieur ; celle de la buanderie et de la salle de bain impose une gaine prolongeant le mur de refend ; ce dernier conduit vertical, ainsi que le conduit



OAR (m³/h) = ouverture d'amenée réglable
 OER (m³/h) = ouverture d'évacuation réglable
 OT (cm²) = ouverture de transfert

Les chiffres entre parenthèses donnent :

- pour les OAR et OER : le débit de ventilation nominal requis ;
- pour les OT : la section de l'ouverture de transfert à réaliser.

LA MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION DU SYSTÈME DE VENTILATION

vertical des W.-C., sont déviés dans les combles afin de rejoindre la cheminée et de déboucher en toiture près du faîte. Le conduit vertical de la douche ne pose pas de problème particulier.

Il y a donc en tout quatre débouchés en toiture, dus aux extractions d'air naturelles.

La ventilation du garage et des caves a été décrite à la page 60.

Le principe de fonctionnement de la ventilation naturelle est décrit de façon générale à la page 21 et l'Annexe 2 reprend les divers composants de ce type d'installation de ventilation.

- **Système B** : alimentation mécanique et extraction naturelle

Le principal avantage de ce type d'installation est que la filtration de l'air amené est possible, permettant ainsi l'élimination des polluants auxquels les habitants peuvent être sensibles.

Étant donné qu'il s'agit ici d'une maison unifamiliale située dans un environnement non pollué et peu bruyant, la filtration de l'air amené ne se justifie pas réellement.

De plus, ce type d'installation de ventilation impose un réseau de conduits assez important, comprenant les conduits verticaux d'extraction d'air naturelle (voir le système A) et les conduits verticaux d'amenée d'air mécanique se regroupant au ventilateur situé dans les combles.

Les conduits d'amenée d'air mécanique n'ont pas besoin d'être verticaux mais, dans cet exemple, la solution la plus discrète consiste à placer le ventilateur dans les combles et à créer un réseau de conduits permettant d'acheminer l'air neuf dans chaque local concerné.

Ce système constitue donc, non seulement un investissement important par rapport aux besoins réels de ventilation du bâtiment en question, mais en plus, il nécessite de l'énergie électrique et une maintenance régulière.

Le principe de fonctionnement de la ventilation simple flux à alimentation mécanique est décrit de façon générale à la page 22 et les Annexes 2 et 3 reprennent les divers composants de ce type d'installation de ventilation.

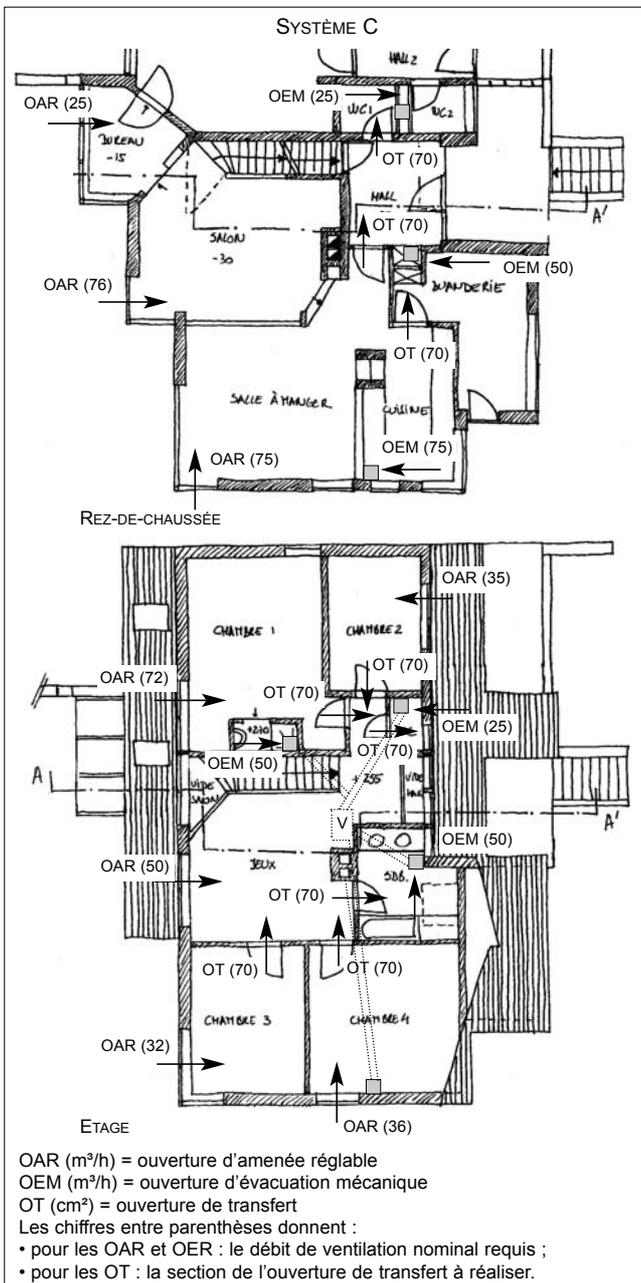
- **Système C** : alimentation naturelle et extraction mécanique

Les schémas ci-contre reprennent le sens des flux d'air et leur débit respectif nécessaire pour assurer une bonne ventilation de base.

Tout comme pour le cabinet médical, le principal avantage de ce type d'installation de ventilation est le contrôle sur les débits d'air extrait.

Les conduits d'extraction d'air ne doivent pas obligatoirement être verticaux mais, dans cet exemple, il est préférable de réaliser des conduits verticaux car la plupart des locaux "humides" se superposent : c'est le cas des W.-C. et de la buanderie en dessous de la salle de bain.

Seule l'extraction de la cuisine aurait pu éventuellement sortir directement à l'extérieur ; cela aurait permis de ne pas devoir faire passer un conduit dans la maçonnerie du mur extérieur, mais cela aurait imposé, par contre, un deuxième ventilateur d'extraction.



LA MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION DU SYSTÈME DE VENTILATION

Les quatre conduits verticaux sont déviés dans les combles afin de rejoindre le ventilateur. Ce système possède également l'avantage de n'avoir qu'un seul débouché en toiture, au lieu de quatre dans le cas d'une installation de ventilation naturelle.

Une commande automatique peut être envisagée afin de réduire les débits d'air extrait pendant la nuit ou en période d'inoccupation, par exemple.

Une pompe à chaleur peut être intégrée au système, permettant de récupérer la chaleur de l'air extrait et de la restituer soit au système de chauffage des locaux, soit au réseau d'eau chaude sanitaire.

Les débits d'air neuf, par contre, ne sont pas contrôlables et l'air amené ne peut pas être filtré.

Ce type d'installation de ventilation nécessite également de l'énergie électrique et une maintenance régulière, mais il s'avère peu coûteux à l'exploitation.

Il s'agit donc d'un système intéressant, surtout s'il est également appliqué au cabinet médical.

Le principe de fonctionnement de la ventilation simple flux à extraction mécanique est décrit de façon générale à la page 23 et les Annexes 2 et 3 reprennent les divers composants de ce type d'installation de ventilation.

• Système D : alimentation et extraction mécaniques

Bien que ce système soit très maîtrisable, quelles que soient les conditions climatiques extérieures, et qu'il se prête à une commande automatique des débits, il représente un investissement de départ important par rapport aux besoins de ventilation de cet exemple.

Le principe de fonctionnement de la ventilation double flux est décrit de façon générale à la page 24 et l'Annexe 3 reprend les divers composants de ce type d'installation de ventilation.

• Récapitulatif

Le tableau ci-contre récapitule les avantages et inconvénients de chaque système de ventilation appliqué à la maison unifamiliale.

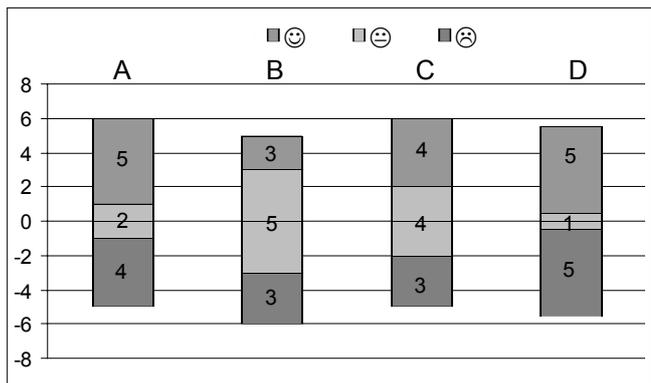
On peut considérer une approche multicritère du choix entre les systèmes A à D, dans ce cas particulier, en affectant un poids égal à chacun des 11 critères d'appréciation. La figure ci-contre illustre l'histogramme des résultats obtenus, où il apparaît clairement que :

- les systèmes A et C sont les plus avantageux ;
- les systèmes B et D arrivent ensuite, pénalisés tous deux par un investissement de départ un peu disproportionné par rapport aux besoins réels de ventilation de cet exemple.

On peut, par conséquent, conclure que les systèmes A et C sont les plus avantageux pour l'ensemble de l'habitation. L'importance des locaux concernés et la taille des systèmes de ventilation qui en résulte ne justifient pas d'envisager différemment les installations de ventilation du cabinet médical et de la maison unifamiliale. Il est au contraire préférable de les grouper au sein d'une même installation.

CRITERES	SYSTEME A	SYSTEME B	SYSTEME C	SYSTEME D
COMPLEXITE	😊	😐	😊	😞
ENCOMBREMENT DES CONDUITS DE VENTILATION	😊	😐	😊	😞
FILTRATION TRAITEMENT DE L'AIR	😞	😐	😞	😊
RISQUE DE REFOULEMENT ET D'INFILTRATION DES GAZ PROVENANT DES SOLS	😐	😊	😞	😊
CONTROLE DES DEBITS D'AIR AMENES	😞	😊	😞	😊
CONTROLE DES DEBITS D'AIR EXTRAITS	😞	😞	😊	😊
GESTION DES DEBITS	😐	😐	😐	😊
MAINTENANCE DE L'INSTALLATION	😊	😐	😐	😞
RECUPERATION DE CHALEUR	😞	😞	😊	😊
CONSUMMATION ELECTRIQUE	😊	😐	😊	😞
COUT GLOBAL	😊	😞	😊	😞
TOTAL	5😊 2😐 4😞	2😊 6😐 3😞	4😊 4😐 3😞	5😊 1😐 5😞

TABLEAU RÉCAPITULATIF



CLASSEMENT DES SYSTÈMES DE VENTILATION

LA MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION DU SYSTÈME DE VENTILATION

Etant donné que seule l'extraction mécanique est admise dans la zone médicale, le système C s'avère, dans une première approche, le plus adéquat.

Après cette comparaison qualitative, il reste, à présent, pour affiner le choix du système, à évaluer de manière quantitative le coût global de chaque type d'installation de ventilation.

Nous n'avons pas tenu compte, dans cet exemple, de la concentration de radon dans l'habitation. Si celle-ci est importante, les systèmes A et C ne sont plus nécessairement les plus adéquats ; en effet, afin de diminuer les concentrations de radon, il vaut mieux mettre la maison en surpression (système B) plutôt qu'en dépression (système C), et pratiquer une ventilation accrue dans les caves et vides ventilés.

L'encadré ci-dessous donne un aperçu de la problématique du radon dans les habitations. Pour de plus amples informations, il est conseillé de consulter la NIT 211 du CSTC "Le radon dans les habitations : mesures préventives et curatives" [15].

LE RADON DANS LES HABITATIONS [principalement inspiré de 15]

Le radon (Rn) est un gaz radioactif incolore, inodore et insipide. Il résulte de la désintégration naturelle de l'uranium dans le sol, dans les couches rocheuses et dans l'eau. De plus, le radon se décompose pour former des particules radioactives additionnelles - appelées "descendants" - qui se déposent et dont certaines vont se fixer sur la poussière, la fumée et d'autres particules présentes dans l'air.

Le radon présent dans le sol est libéré dans l'atmosphère ; il est très dilué et n'est donc pas préoccupant. Cependant, lorsque le gaz s'infiltré dans un milieu fermé, comme dans un bâtiment, l'accumulation qui s'ensuit peut parfois entraîner des concentrations élevées et mettre la santé des occupants en péril.

L'être humain est en permanence exposé à un certain rayonnement radioactif, d'origine naturelle ou accentué par l'activité humaine. Une part importante de ce rayonnement vient de l'irradiation interne résultant de l'inhalation du radon.

Le seul risque connu associé à une exposition au radon est un risque accru de contracter un cancer des poumons. Ce risque dépend de la concentration de radon dans l'air et de la durée d'exposition.

La concentration de radon dans l'air s'exprime en Bq/m³ ; la quantité de radon dégagée par les matériaux de construction (ce que l'on appelle "exhalation") s'exprime en Bq/kg.s.

En Belgique, le Conseil supérieur de la Santé recommande actuellement d'éviter des concentrations supérieures à 400 Bq/m³.

La situation en Belgique

La concentration moyenne en Belgique est de quelque 50 Bq/m³. On notera cependant un écart prononcé entre la Flandre et la Wallonie :
- en Flandre, la concentration moyenne est d'environ 40 Bq/m³ ;
- en Wallonie, elle est d'à peu près 80 Bq/m³.

Cette différence s'explique par des facteurs géologiques : le sol wallon renferme davantage de roches contenant de l'uranium que le sol flamand.

Le radon en provenance du sol

Dans la majorité des cas, le sol constitue la source principale du radon présent dans les habitations. Le sous-sol contient une certaine quantité d'uranium, qui peut fortement varier selon les endroits. La présence d'une concentration élevée de radon dans le sol n'implique pas nécessairement que l'on trouvera également une quantité importante de radon dans les habitations construites sur ce terrain. Il faut encore que le radon se déplace dans le sol en direction de l'habitation et qu'il s'y infiltre.

Deux éléments jouent un rôle prépondérant dans la distance parcourue par le radon :

- la perméabilité du sol : plus le sol présente de fissures et d'ouvertures,

plus le radon s'y déplace aisément. En ce qui concerne l'infiltration dans les habitations, le degré de finition du plancher en contact avec le sol joue un rôle déterminant ;

- la présence d'une force motrice assurant le transport : le radon peut se déplacer par diffusion, par convection et avec l'eau.

Dans les habitations présentant des concentrations élevées de radon, l'infiltration de ce gaz est généralement causée par des courants de convection ; s'il existe une barrière efficace entre l'habitation et le sous-sol, le radon peut quand même se déplacer par diffusion.

Si l'eau représente un bon écran au radon, elle constitue aussi un conducteur idéal. Le radon présent dans l'eau peut parcourir de grandes distances considérables dans le sous-sol. Lorsqu'elle est utilisée à des fins ménagères, cette eau permet au radon de pénétrer dans les habitations ; ces cas sont toutefois rares.

Le radon provenant des matériaux de construction

Les matériaux de construction pierreux, comme la brique, la pierre naturelle, les blocs de béton... contiennent également des "descendants" de l'uranium et exhalent dès lors du radon. Le taux d'exhalation dépend du type de matériau.

Les techniques destinées à lutter contre les concentrations trop élevées de radon

Le tableau ci-dessous donne un aperçu général des principales techniques destinées à lutter contre les concentrations trop élevées de radon.

TECHNIQUE	AMENÉE DE RADON VERS L'HABITATION	DILUTION DANS LES PIÈCES D'HABITATION	CONCENTRATION DANS LES CAVES ET/OU LES VIDES SANITAIRES
Obturation des fissures, joints et orifices	↘	→	→
Ventilation accrue des pièces d'habitation :			
- système A	↔ ⁽¹⁾	↘ ⁽²⁾	→
- système B	↘	↘ ⁽²⁾	→
- système C	↗	↘ ⁽²⁾	→
- système D	↔ ⁽¹⁾	↘ ⁽²⁾	→
Ventilation accrue dans les caves ou vides sanitaires :			
- naturelle	↘ ⁽³⁾	→	↔ ⁽⁴⁾
- amenée mécanique	↘ ⁽³⁾	→	↘
- évacuation mécanique	↘ ⁽³⁾	→	↗
Extraction d'air sous la dalle de cave	↗	→	↘

⁽¹⁾ Selon que les locaux d'habitation sont plutôt en dépression ou en surpression, l'amenée de radon aura tendance à, respectivement, se restreindre ou augmenter.

⁽²⁾ La concentration de radon dans les locaux d'habitation est diminuée grâce à leur ventilation accrue, quel que soit le système de ventilation utilisé.

⁽³⁾ Idem que ⁽²⁾ appliqué aux caves et vides sanitaires.

⁽⁴⁾ Idem que ⁽¹⁾ appliqué aux caves et vides sanitaires.

LA MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION DU SYSTÈME DE VENTILATION

CALCUL DU COÛT GLOBAL DE CHAQUE TYPE D'INSTALLATION DE VENTILATION

LE TABLEAU CI-DESSOUS ET L'HISTOGRAMME DE LA PAGE SUIVANTE DONNENT, POUR DES INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE DIFFÉRENTES :

- la participation de la ventilation (naturelle ou mécanique) dans le bilan énergétique global ;
- le budget alloué aux consommations de chauffage (les apports internes et solaires passifs ne sont pas 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 ;
- remplacement des bouches de pulsion et d'extraction tous les 10 ans ;
- nettoyage ou remplacement des filtres tous les ans.

Les hypothèses choisies sont les suivantes :

- la superficie totale habitable de l'habitation (y compris le cabinet médical) est de 268 m², pour un volume habitable de 626 m³ ;
- Les coefficients de déperdition thermique U des parois sont les suivants :
 - pour les toitures : U = 0,3 W/m²K ;
 - pour les murs extérieurs : U = 0,5 W/m²K ;
 - pour les planchers : U = 0,6 W/m²K ;
 - pour les fenêtres : U = 2,8 W/m²K.
- le niveau d'isolation du bâtiment satisfait la réglementation thermique wallonne malgré un niveau K64 certes supérieur au K55, mais avec un niveau Be270 (inférieur au Bemax de 377 MJ/m² pour le V/S de 1,34) ;
- le débit d'air amené est de 555 m³/h, ce qui équivaut à un renouvellement d'air de 0,88 vol/h. Les dispositifs de ventilation doivent être dimensionnés afin d'assurer un tel débit.
 - En ventilation naturelle, le taux de ventilation n'est jamais constant et peut être supérieur ou inférieur à celui strictement nécessaire. Il y a donc un risque de sur-ventilation (ou de sous-ventilation) que nous estimons à ± 20 % autour du débit nominal théorique. Etant donné que nous examinons ici les seules consommations de chauffage, nous avons envisagé le cas le plus défavorable, c'est-à-dire un taux de renouvellement d'air de 1,06 vol/h qui équivaut à un débit d'air amené de 666 m³/h.

- Pour la ventilation mécanique simple flux, le débit d'air nominal est de 555 m³/h, mais il peut être adapté aux besoins. Ainsi, le débit d'air est de 555 m³/h durant 4 heures (lors de la préparation des repas) et peut être réduit à 389 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 273 m³/h. En journée, il est de 555 m³/h durant 4 heures et de 389 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 : voir page 38

• la consommation électrique des ventilateurs : voir page 38

• le rendement global des ventilateurs est estimé à **0,65**.

Pour le chauffage, le rendement global estimé dépend du type d'installation :

- pour une installation au mazout : 0,6 ;
- pour une installation au gaz : 0,7 ;
- pour une installation électrique directe : 0,95 ;
- pour une installation électrique à accumulation : 0,85.

• 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 tarifs considérés pour le mazout (livraison de + de 2000 litres), le gaz (tarif chauffage) et l'électricité (tarif bihoraire) sont ceux qui étaient en vigueur au 10 janvier 2001 :

- mazout : 0,33366 EUR/litre ;
- gaz : 0,0081178 EUR/MJ ;
- électricité : prix unitaire de jour : 0,1505 EUR/kWh
prix unitaire de nuit : 0,0711 EUR/kWh.

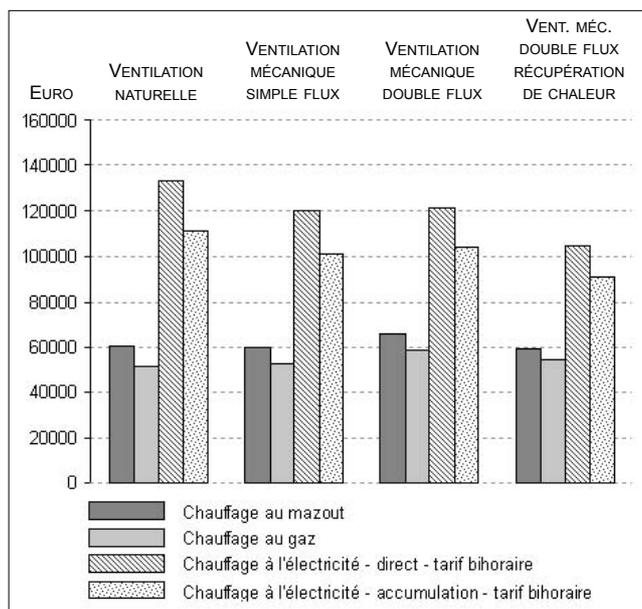
Pour simplifier, ces prix sont considérés constants sur la durée de vie ou, plus exactement, évoluant au même rythme que le taux d'intérêt bancaire.

Les coûts intègrent la redevance, la taxe sur l'énergie et la TVA.

EXEMPLE : maison d'habitation et cabinet médical	Consommation d'énergie avec une VENTILATION NATURELLE [kWh/an]			Consommation d'énergie avec une VENTILATION MECANIQUE SIMPLE FLUX [kWh/an]			Consommation d'énergie avec une VENTILATION MECANIQUE DOUBLE FLUX [kWh/an]			Consommation d'énergie avec une VENTILATION MECANIQUE DOUBLE FLUX AVEC RECUPERATION DE CHALEUR [kWh/an]		
	en kWh/an	Enveloppe Ventilation Electricité		en kWh/an	Enveloppe Ventilation Electricité		en kWh/an	Enveloppe Ventilation Electricité		en kWh/an	Enveloppe Ventilation Electricité	
CHAUFFAGE AU MAZOUT	30.228			30.228			30.228			30.228		
	22.178			13.886			11.212			3.409		
	0			781			2.123			2.123		
CHAUFFAGE AU GAZ	25.910			25.910			25.910			25.910		
	19.010			11.902			9.610			2.922		
	0			781			2.123			2.123		
CHAUFFAGE A L'ELECTRICITE DIRECT (BIHORAIRE)	19.092			19.092			19.092			19.092		
	14.007			8.770			7.081			2.153		
	0			781			2.123			2.123		
CHAUFFAGE A L'ELECTRICITE ACCUMULATION (BIHORAIRE)	21.338			21.338			21.338			21.338		
	15.655			9.602			7.914			2.406		
	0			781			2.123			2.123		

LA MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION DU SYSTÈME DE VENTILATION

CHOIX DE L'INSTALLATION DE VENTILATION



EVALUATION DU BUDGET SUR 30 ANS EN EURO
(ISOLATION + CHAUFFAGE + ÉLECTRICITÉ)

Le tableau de la page précédente confirme bien que plus les débits d'air sont contrôlés dans une habitation, moins la part de la ventilation est importante dans le bilan énergétique total.

Lorsqu'on examine l'évaluation du budget (sur 30 ans) alloué aux consommations de chauffage et d'électricité, on constate que le type d'installation de chauffage joue un rôle prépondérant, qui peut complètement modifier le choix de l'installation de ventilation.

En effet, pour qu'une installation de chauffage électrique ne soit pas pénalisée par son coût d'utilisation, il faut que le bâtiment atteigne un niveau d'isolation largement meilleur que le niveau K55 (K40, par exemple).

Dans ce cas, l'étanchéité à l'air de l'enveloppe extérieure doit être maximale et l'installation de ventilation la plus avantageuse est celle qui possède le moins d'ouverture vers l'extérieur et qui contrôle le mieux les débits d'air ; il s'agit donc de la ventilation mécanique double flux (système D) avec récupération de chaleur.

Par contre pour un niveau d'isolation simplement respectueux de la réglementation actuelle, sans plus, et avec une installation de chauffage au mazout, les installations de ventilation les plus avantageuses financièrement sont les installations de ventilation mécanique double flux avec récupération de chaleur et de ventilation mécanique simple flux.

Dans le cas d'une installation de chauffage au gaz (ce qui est le cas dans cet exemple), ce sont les installations de ventilation naturelle et de ventilation mécanique simple flux qui sont les plus avantageuses.

Dans cet exemple, il y a donc intérêt à choisir, en dehors du système de ventilation naturelle (A) qui s'exclut d'office lorsque l'installation englobe le cabinet médical :

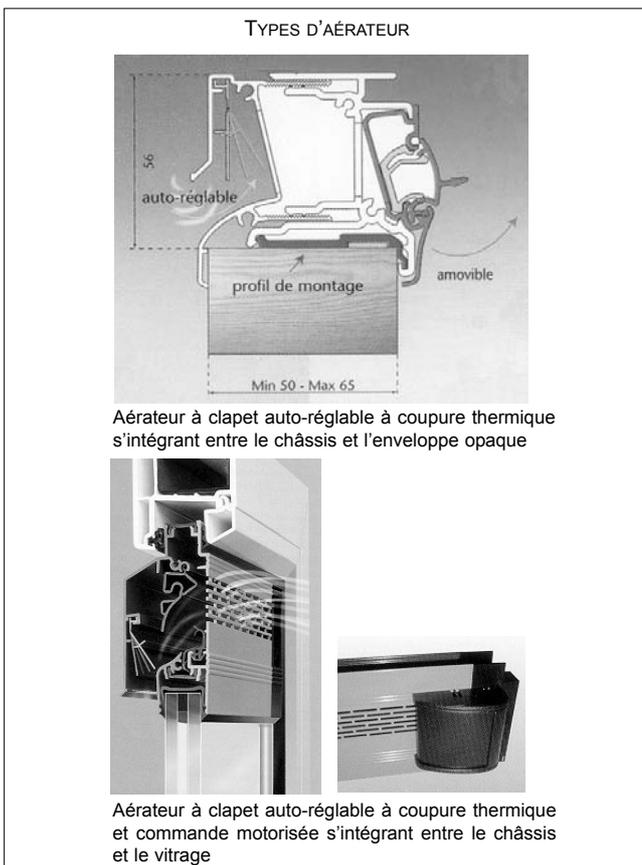
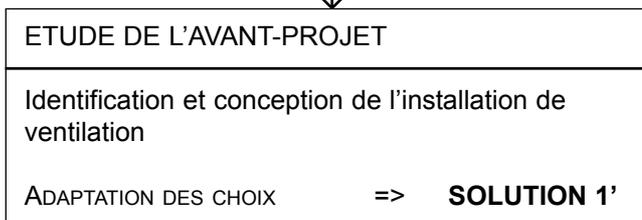
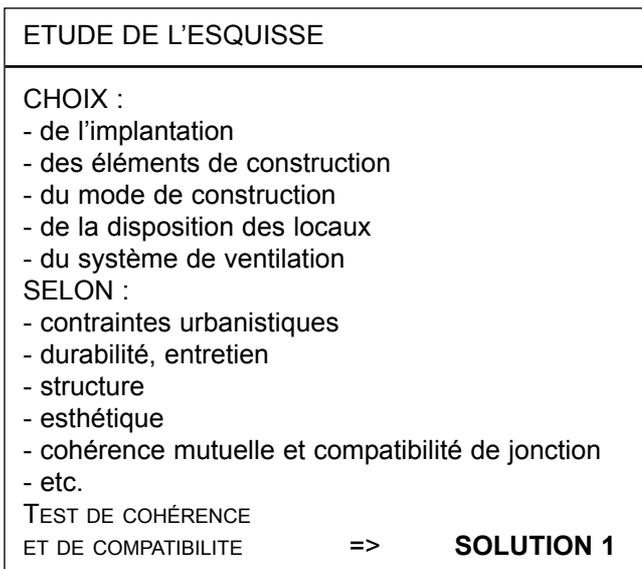
- si le système de chauffage est électrique : une installation de ventilation mécanique double flux (système D) avec récupération de chaleur ;
- si le vecteur du système de chauffage est le fuel : une installation de ventilation simple flux à extraction mécanique (système C) ou une installation de ventilation double flux avec récupération de chaleur (système D) ;
- si le vecteur du système de chauffage est le gaz : une installation de ventilation simple flux à extraction mécanique (système C).

ATTENTION : un changement significatif dans la tarification des énergies pourrait remettre ces choix en question.

Les analyses des différents systèmes de ventilation (pages 61 à 65) ayant abouti aux mêmes conclusions, le choix de l'installation de ventilation se porte donc sur le système C (de toute façon nécessaire pour la zone médicale). Ce dernier impose un investissement un peu plus important que le système A, mais il présente l'avantage de diminuer les consommations de chauffage dues à la ventilation, d'offrir un meilleur contrôle des débits d'air et de ne nécessiter qu'un seul débouché en toiture. De plus, pour peu que le prix du gaz augmente légèrement, les résultats obtenus pour les coûts (non repris ici) indiquent que la différence de budget entre les deux systèmes s'inverse très rapidement, renforçant encore l'intérêt pour le système C.

LA MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION DU SYSTÈME DE VENTILATION

ILLUSTRATION PAR UN EXEMPLE: AU STADE DE L'AVANT-PROJET



Le système de ventilation étant choisi, il faut, à présent, déterminer le type et l'emplacement des prises d'air, dimensionner les extractions d'air mécaniques, les ouvertures de transfert et les éventuels conduits de ventilation.

LE DIMENSIONNEMENT DES OUVERTURES D'AMENÉE D'AIR NATURELLE

L'Annexe 2 reprend de façon détaillée les dispositifs d'amenées d'air.

Les amenées d'air du garage et des caves ont été détaillées à la page 60.

EMPLACEMENT ET TYPE D'AÉRATEUR

Afin d'éviter la gêne due aux courants d'air, les ouvertures d'amenée d'air doivent être placées à une hauteur d'au moins 1,80 m au-dessus du sol.

Pour cette raison et par souci esthétique, nous avons choisi de placer des aérateurs à clapet auto-réglable à coupure thermique, s'intégrant entre le châssis en bois et l'enveloppe opaque du bâtiment. Une commande manuelle de l'ouverture est intégrée, permettant cinq positions.

Ce type d'aérateur ne peut cependant pas être placé dans la salle d'attente et dans le bureau. En effet, dans la salle d'attente, l'aérateur est muni d'une commande motorisée reliée à un détecteur de présence qui réglera l'ouverture de la grille en fonction du nombre de personnes présentes dans la pièce. La commande motorisée n'étant pas possible sur un aérateur placé au-dessus du châssis, nous avons choisi un aérateur à clapet auto-réglable placé entre le châssis et le vitrage, en partie haute de la baie. Pour ce qui est du bureau, nous avons choisi ce même aérateur avec une commande manuelle et placé entre le châssis et le vitrage en partie haute de la fenêtre verticale.

Le clapet auto-réglable, fixé dans l'ouverture d'amenée d'air, réagit automatiquement aux différences de pressions et à la force du vent, sans intervention de l'utilisateur.

DIMENSIONNEMENT

Le débit d'air d'une ouverture d'alimentation naturelle dépend de la différence de pression existant de part et d'autre de cette ouverture. Les débits nominaux doivent pouvoir être réalisés pour une différence de pression de 2 Pa.

En première estimation, comme le permet la norme NBN D50-001, on peut appliquer la règle approximative suivante :

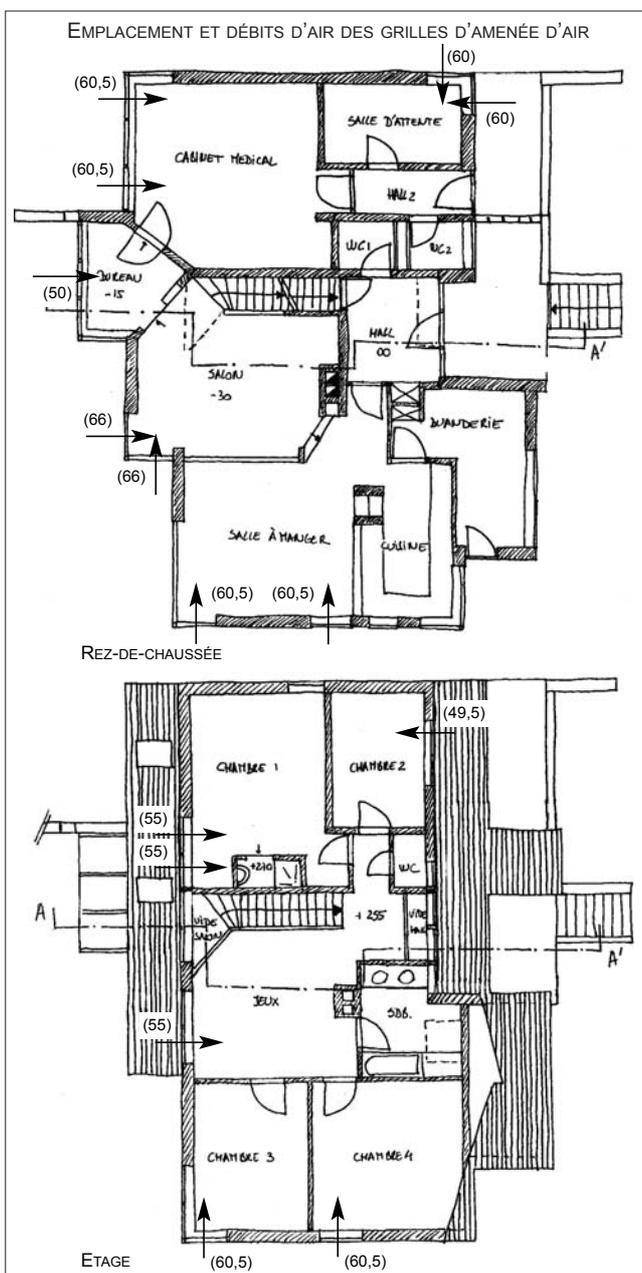
A une différence de pression de 2 Pa, le débit d'une ouverture de 10 cm² est d'environ 1 dm³/s, soit 3,6 m³/h.

Le passage d'air des aérateurs choisis ci-dessus est, pour une différence de pression de 2 Pa, de 50 m³/h par mètre courant d'aérateur.

LA MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION DU SYSTÈME DE VENTILATION

Nous pouvons dès lors déterminer, pour chaque local, le nombre et la longueur des grilles à placer afin d'atteindre les débits nominaux :

LOCAUX	DEBITS D'AIR NOMINAUX [m³/h]	LONGUEUR DES OUVERTURES [m]	PASSAGE D'AIR DE LA GRILLE [m³/h/m]	DEBIT D'AIR POUR UNE GRILLE [m³/h]	NOMBRE DE GRILLES	DEBIT D'AIR TOTAL [m³/h]
Cabinet médical	73	1,1	50	55,0	2	110
Salle d'attente	77	1,2	50	60	2	120
Bureau	25	1	50	50	1	50
Salon	76	1,2	50	60	2	120
Salle à manger	75	1,1	50	55,0	2	110
Chambre 1	72	1	50	50	2	100
Chambre 2	35	0,9	50	45,0	1	45,0
Chambre 3	36	1,1	50	55,0	1	55,0
Chambre 4	36	1,1	50	55,0	1	55,0
Espace de jeux	50	1	50	50	1	50



Ces débits correspondent aux débits atteints lorsque la grille est en position "tout à fait ouverte". Étant donné que ces grilles possèdent cinq positions d'ouverture, il est possible, par une position intermédiaire, de se rapprocher de la valeur des débits nominaux.

La norme NBN D50-001 exige que, dans chaque local, le débit total des ouvertures d'alimentation en position complètement ouverte, pour une différence de pression de 2 Pa, soit au moins égal au débit nominal requis dans ce local, sans toutefois dépasser le double du débit nominal. Les schémas ci-contre reprennent les fenêtres comportant des grilles ainsi que les débits d'air amené respectifs.

LE DIMENSIONNEMENT DES OUVERTURES DE TRANSFERT

L'Annexe 2 reprend de façon détaillée les dispositifs des ouvertures de transfert.

EMPLACEMENT ET TYPE D'OUVERTURE DE TRANSFERT

Les ouvertures de transfert se placent uniquement dans les parois intérieures ou dans/autour des portes intérieures. Elles doivent toujours rester ouvertes et ne peuvent, par conséquent, être réglables.

Les ouvertures de transfert ne sont prévues que dans les portes intérieures au sein de la même zone du bâtiment ; il n'y a donc pas de transfert d'air entre la zone d'habitation et la zone médicale.

Les ouvertures de transfert peuvent être soit des grilles disposées dans le bas des portes (ou dans les murs), soit des fentes suffisamment grandes sous les portes.

Pour les locaux "humides" (W.-C., buanderie, douche et salle de bain), nous avons choisi de placer des grilles acoustiques. En effet, celles-ci permettent une meilleure isolation acoustique que les fentes laissées sous les portes. Ces mêmes raisons acoustiques justifient le même choix pour le cabinet médical et la salle d'attente.

Pour les autres locaux (séjour, chambres, etc.), nous avons choisi de pratiquer une fente sous les portes ; ces

LA MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION DU SYSTÈME DE VENTILATION

locaux ne nécessitant pas une isolation acoustique trop élevée. Cette solution est également plus esthétique que la précédente et les fentes sous les portes ne permettent en principe pas de voir dans la pièce contiguë. De plus, elles ne nécessitent aucun entretien.

DIMENSIONNEMENT

Les exigences relatives aux ouvertures de transfert sont exprimées de deux manières dans la norme belge : soit par une surface libre (en cm²) dans le cas d'une fente sous la porte, soit par un débit nominal à 2 Pa dans le cas d'une grille de transfert (voir tableau ci-contre).

• Les grilles de transfert acoustiques :

Les grilles de transfert acoustiques choisies ont une longueur, hors tout, de 44,7 cm et une hauteur, hors tout, de 5,8 cm (voir schéma ci-contre). Elles permettent un passage d'air de 25 m³/h sous une différence de pression de 2 Pa, ce qui correspond aux exigences de la norme.

• Les fentes sous les portes :

L'ouverture laissée par une fente sous une porte doit au moins être égale à 70 cm². Cela veut dire que, pour une porte de 93 cm de large, la hauteur nette de la fente doit être au minimum égale à 0,75 cm.

La norme prévoit, pour les fentes sous les portes, les dispositions supplémentaires suivantes :

- si l'ouverture de transfert est une fente en dessous d'une porte intérieure, la section nette de cette ouverture est alors égale à la hauteur nette de la fente, mesurée du sol parachevé jusqu'au bas de la porte, multipliée par la largeur de l'ouverture de la porte ;
- pour les sols qui peuvent ultérieurement être recouverts d'un tapis plain, l'épaisseur du tapis à prendre en considération pour déterminer la hauteur de la fente sera au moins égale à 10 mm.

LE DIMENSIONNEMENT DES ÉVACUATIONS D'AIR MÉCANIQUES

Une installation de ventilation simple flux à extraction mécanique doit pouvoir évacuer mécaniquement les débits nominaux des locaux humides et ce dans les conditions climatiques suivantes :

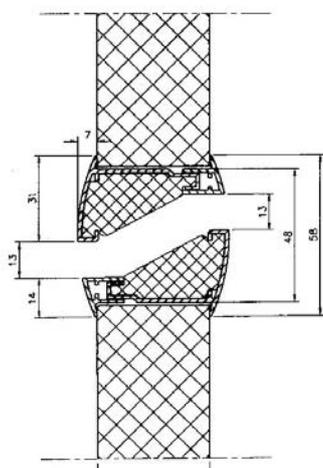
- une vitesse du vent inférieure à 4 m/s ;
- une différence, entre les températures intérieure et extérieure, inférieure à 25 °C.

Le contrôle des débits d'évacuation s'effectue avec toutes les ouvertures réglables pour l'alimentation libre en position complètement ouvertes dans les locaux "secs".

Les débits à extraire dans les différents locaux "humides" sont ceux décrits dans le tableau ci-contre.

LOCAL	DEBIT NOMINAL À 2 PA	EXIGENCE DANS LE CAS D'UNE FENTE SOUS LA PORTE
Cuisine	14 dm ³ /s soit 50 m ³ /h	une ouverture d'au moins 140 cm ² ou deux de 70 cm ²
Autres (séjour, chambre, bureau, WC, s. de bain, buanderie, etc.)	7 dm ³ /s soit 25 m ³ /h	une ouverture d'au moins 70 cm ²

EXIGENCES RELATIVES AUX OUVERTURES DE TRANSFERT SELON LA NORME NBN D50-001 [26]



GRILLE DE TRANSFERT ACOUSTIQUE

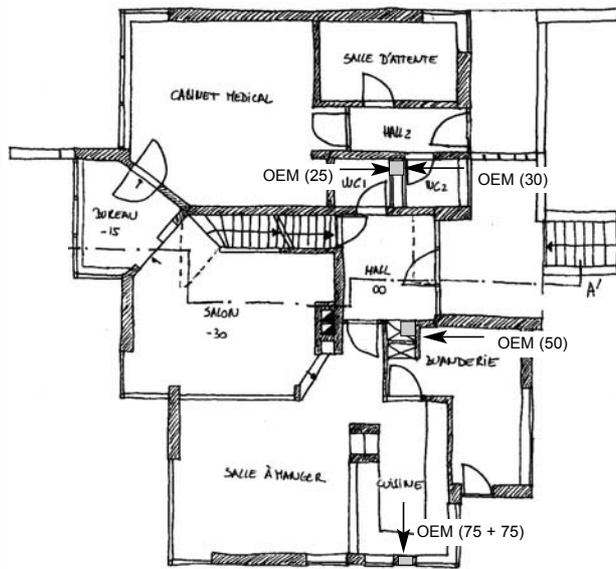
Pour le dimensionnement d'une installation de ventilation mécanique (simple ou double flux), les principes à respecter sont les suivants [13] :

- la somme de tous les débits évacués doit être au moins égale à la somme de tous les débits nominaux des locaux occupés ;
- les débits d'alimentation et d'évacuation mécaniques doivent être réalisés alors que toutes les portes intérieures sont normalement fermées et toutes les ouvertures de transfert normalement ouvertes ;
- dans le cas d'une installation simple flux, les débits requis d'alimentation ou d'extraction mécanique doivent être atteints alors que les ouvertures d'évacuation ou d'alimentation naturelle se trouvent en position ouverte normale ;
- les exigences imposées, en matière de débit, aux installations mécaniques, doivent au moins pouvoir être respectées pour des vitesses de vent de moins de 4 m/s (ou 14,4 km/h) et pour des écarts de température (intérieur - extérieur) inférieurs à 25 °C.

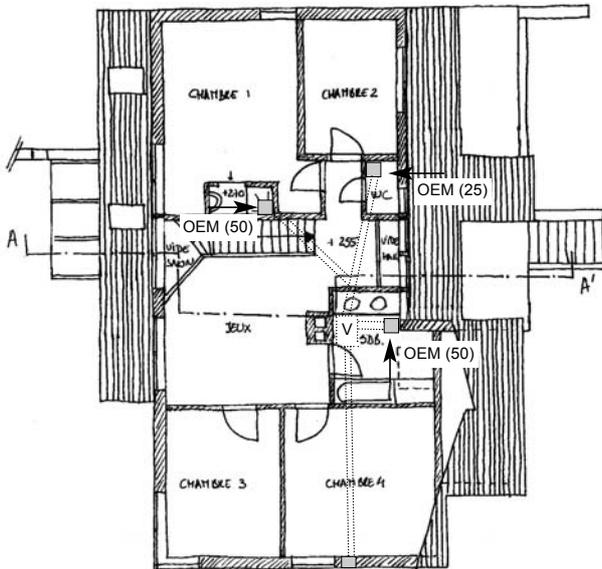
LOCAUX	DÉBITS À EXTRAIRE [m ³ /h]
W.-C.2	30
W.-C.1	25
W.-C.3	25
Cuisine	75 + 75 lorsque la hotte fonctionne
Buanderie	50
Douche	50
Salle de bain	50
TOTAL	380

LA MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION DU SYSTÈME DE VENTILATION

EMPLACEMENT DES CONDUITS DES EXTRACTIONS D'AIR MÉCANIQUES



REZ-DE-CHAUSSÉE



ÉTAGE

EMPLACEMENT DES GAINES ET DU VENTILATEUR

Les plans ci-contre reprennent les emplacements des gaines.

• La cuisine :

La hotte de cuisine est une hotte non motorisée intégrée dans le système de ventilation ; c'est pourquoi, lorsqu'elle fonctionne, le débit d'air extrait au départ de la cuisine est de $150 \text{ m}^3/\text{h}$. Lorsqu'elle est éteinte, l'extraction d'air reste de $75 \text{ m}^3/\text{h}$.

Le conduit d'extraction d'air de la cuisine est placé dans la maçonnerie ; il reprend le conduit d'extraction d'air de la hotte (que l'on peut éventuellement intégrer dans une armoire).

• Les W.-C. :

La ventilation des W.-C. du rez-de-chaussée se fait par la gaine technique les séparant. Le conduit d'extraction passe, à l'étage, dans le troisième W.-C., permettant ainsi son extraction d'air.

• La buanderie et la salle de bain :

Ces deux pièces sont ventilées au moyen du même conduit. Celui-ci est placé dans une gaine technique prolongeant le mur de refend.

• La douche :

L'extraction de la douche ne pose aucun problème puisque le conduit monte directement dans les combles.

Le caisson d'extraction est placé dans les combles de façon à ce que la cheminée ne gêne pas le tracé des conduits. Le conduits d'extraction de la douche rejoint le conduit d'extraction des W.-C. qui va, lui-même, ainsi que les conduits de la cuisine et de la salle de bain, rejoindre le caisson.

TYPES DE CONDUITS, DE VENTILATEUR ET DE BOUCHES

• Toutes les gaines horizontales et verticales sont en tuyaux galvanisés spiralés de diamètre 125 mm . Ce diamètre est adapté aux débits allant de 0 à $250 \text{ m}^3/\text{h}$, tout en minimisant les pertes de charge. La vitesse de l'air dans les canalisations d'extraction ne dépassent pas 5 m/s .

Les tuyaux flexibles sont à éviter car ils provoquent d'importantes pertes de charge ; ils sont néanmoins meilleurs d'un point de vue acoustique.

Pour la cuisine, on peut éventuellement placer un conduit oblong qui prendrait moins de place dans la maçonnerie, qu'un conduit circulaire.

• Le caisson d'extraction est un caisson destiné à une maison unifamiliale. Il possède un ventilateur centrifuge à aubes inclinées vers l'arrière afin de privilégier le rendement.

Ce ventilateur possède 3 vitesses réglables, ce qui permet de diminuer les débits d'air extrait durant la nuit, par exemple. Il extrait l'air jusqu'à un débit de $430 \text{ m}^3/\text{h}$.



TUYAU GALVANISÉ SPIRALÉ



CAISSON D'EXTRACTION POUR UNE MAISON UNIFAMILIALE



LA MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION DU SYSTÈME DE VENTILATION

Le caisson possède trois aspirations d'un diamètre de 125 mm et un refoulement d'un diamètre de 125 mm. Son entretien est aisé.

- Les bouches d'extraction sont choisies en fonction de leur débit et de leur production acoustique, que l'on peut trouver dans des abaques. Les bouches d'extraction choisies sont des bouches réglables, d'un diamètre de 125 mm, permettant un débit d'extraction jusqu'à 120 m³/h. Le réglage du débit se fait par un cône interne.

Dans cet exemple, nous avons envisagé une diminution des débits durant la nuit, obtenue par le biais d'une vitesse réduite du ventilateur. L'utilisation de bouches auto-réglables entrerait alors en conflit avec la variation de la vitesse du ventilateur.

Si, au contraire, le moteur du ventilateur tournait à vitesse constante, le choix de bouches auto-réglables s'avérerait plus indiqué.

LA MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION DU SYSTÈME DE VENTILATION

ILLUSTRATION PAR UN EXEMPLE : AU STADE DU PROJET

ETUDE DE L'ESQUISSE

CHOIX :

- de l'implantation
- des éléments de construction
- du mode de construction
- de la disposition des locaux
- du système de ventilation

SELON :

- contraintes urbanistiques
- durabilité, entretien
- structure
- esthétique
- cohérence mutuelle et compatibilité de jonction
- etc.

TEST DE COHÉRENCE
ET DE COMPATIBILITÉ

=>

SOLUTION 1

ETUDE DE L'AVANT-PROJET

Identification et conception de l'installation de ventilation

ADAPTATION DES CHOIX

=>

SOLUTION 1'

PROJET D'EXECUTION PRECISION DES DETAILS

Intégration des divers composants de l'installation de ventilation : filtration, acoustique, etc.

ADAPTATION DES SOLUTIONS

+ INFOS SUR LA RÉALISATION,

CAHIER DES CHARGES, ETC.

=>

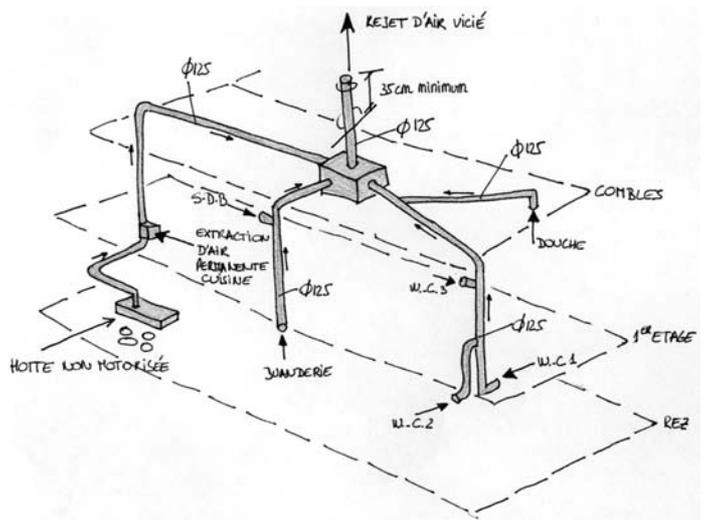
SOLUTION 1''

Sur base de l'évolution des plans eux-mêmes en rapport avec l'architecture générale du projet, l'emplacement et le dimensionnement des dispositifs de l'installation de ventilation choisie sont suffisamment élaborés pour permettre :

- de bien dimensionner les gaines techniques ;
- de bien réfléchir à la conception, mais aussi à l'exécution du bâtiment ;
- de bien choisir les matériaux complémentaires qui devront assurer l'isolation thermique, l'étanchéité, etc.

Si le travail de mise au point aboutit à modifier des options de base, il est aussi préférable de reconsidérer le choix de l'installation de ventilation et de ses dispositifs.

Le détail du tracé des conduits d'extraction peut être dessiné avec précision, incorporant toutes les informations nécessaires à la réalisation, voire à la phase d'exécution.



Une documentation intéressante est aisément accessible auprès des fabricants d'installations de ventilation.

Il est également utile de conseiller au lecteur de se renseigner auprès de plusieurs de ces fabricants afin de bien se rendre compte de la variété de produits qui existent sur le marché.

- [1] AICVF, "Calcul des charges de climatisation et conditionnement d'air - Dimensionnement des installations - Guide n°2", Editions PYC Livres, 1998.
- [2] AICVF, "Recueil des démerches et formules du guide n°2 - Guide n°2bis", Editions PYC Livres, 1998.
- [3] AICVF, "Ventilation - Conception et calcul des installations de ventilation des bâtiments et des ouvrages - Guide n°5", PYC Editions, 1992.
- [4] AWBI H. B., "Ventilation of building", E & FN Spon - Chapman & Hall, 1991.
- [5] BERNSTEIN D., CHAMPETIER J-P, VIDAL T., "Anatomie de l'enveloppe des bâtiments : construction et enveloppes lourdes", Collection Moniteur Technique, Paris 1997.
- [6] BIRENBAUM J., "La pratique de la ventilation", Kluwer Business Press, 1996.
- [7] CENTRE CANADIEN DE DOCUMENTATION SUR L'HABITATION, "Essais de ventilation et de qualité de l'air dans des maisons chauffées à l'électricité", in Le point en recherche et développement - série technique 95-201, 1995.
- [8] CENTRE CANADIEN DE DOCUMENTATION SUR L'HABITATION, "Performance d'installations de ventilation simplifiées", in Le point en recherche et développement - série technique 95-211, 1995.
- [9] CENTRE CANADIEN DE DOCUMENTATION SUR L'HABITATION, "Orifices de ventilation, assèchement par ventilation et modération de pression", in Le point en recherche de la semaine - série technique 98-104, 1998.
- [10] CENTRE CANADIEN DE DOCUMENTATION SUR L'HABITATION, "Essais en service visant à caractériser la ventilation des appartements dans des immeubles résidentiels de moyenne et de grande hauteur de construction récente", in Le point en recherche de la semaine - série technique 99-118, 1999.
- [11] CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT, "Réhabilitation des bâtiments. Optimiser la ventilation naturelle", in CSTB Recherche n°30, Novembre 1996.
- [12] CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION, NIT 187 "Ventilation des cuisines et hottes aspirantes", Mars 1993.
- [13] CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION, NIT 192 "La ventilation des habitations - 1ère partie : principes généraux", Juin 1994.
- [14] CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION, NIT 203 "La ventilation des habitations - 2ème partie : mise en oeuvre et performances des systèmes de ventilation", Mars 1997.
- [15] CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION, NIT 211 "Le radon dans les habitations : mesures préventives et curatives", Mars 1999.
- [16] COHAS M., "Ventilation et qualité de l'air dans l'habitat", Editions Parisiennes, Septembre 1996.
- [17] COMITE EUROPEEN DE NORMALISATION, "Ventilation for buildings - Design criteria for the indoor environment", Bruxelles, CEN, TC 156, CR1752, Novembre 1998.
- [18] COSTIC - EDF - CLIMATISATION ET DÉVELOPPEMENT, "Guide technique de la climatisation individuelle", Sedit Editeur, Octobre 1997.
- [19] DE HERDE A., "Le manuel du responsable énergie - L'utilisation rationnelle de l'énergie dans le tertiaire", MRW (DGTRE) - UCL, 1992.
- [20] DIRECTION GÉNÉRALE DES TECHNOLOGIES, DE LA RECHERCHE ET DE L'ÉNERGIE, "La ventilation à la demande", 1998.
- [21] DIRECTION GENERALE DES TECHNOLOGIES, DE LA RECHERCHE ET DE L'ENERGIE, "La ventilation des logements", 1998.
- [22] HANDEGORD G.O., "Ventilation des maisons", Regard 83 sur la Science du bâtiment : "Humidité, condensation et ventilation dans les maisons", Canada 1983.
- [23] HENS H., "Performances requirements, reference values and performance assessment", chapitre 6 de HENDRIKS L., HENS H., "Building Envelopes in a Holistic Perspective. Methodology", International Energy Agency, Energy Conservation in Buildings and Community Systems, IEA Annex 32, Juillet 2000.
- [24] HYDE R., "Climate responsive design - A study of buildings in moderate and hot humid climates", E & FN Spon - Taylor & Francis Group, 2000.
- [25] INSTITUT BELGE DE NORMALISATION, NBN B62-003 "Calcul des déperditions calorifiques des bâtiments", Décembre 1996.

- [26] INSTITUT BELGE DE NORMALISATION, *NBN D50-001 "Dispositifs de ventilation dans les bâtiments d'habitation"*, Octobre 1991.
- [27] Journal officiel de la République Française, *"Dispositions relatives à l'aération des logements"*, Mars 1982.
- [28] LIDDAMENT M.W., *"A Guide to Energy Efficient Ventilation"*, International Energy Agency AIVC, Mars 1996.
- [29] MONITEUR BELGE, *Arrêté Royal du 19 décembre 1997 modifiant l'Arrêté Royal du 7 juillet 1994 fixant les normes de base en matière de prévention contre l'incendie et l'explosion, auxquelles les bâtiments nouveaux doivent satisfaire*, Décembre 1997.
- [30] MOUACI B., *"Réhabilitation des façades dans l'habitat : ventilation et acoustique"*, CSTB Magazine, n°104, Mai 1997.
- [31] REARDON J.T., SHAW C.Y., CHOWN G.A., *"Stratégies de ventilation pour les petits bâtiments"*, Regard 90 sur la Science du bâtiment : "Les petits bâtiments : Une technologie en transition", Canada, 1990.
- [32] ROSTRON J., *"Sick Building Syndrome - Concepts issues and practice"*, E & FN Spon - Chapman & Hall, 1997.
- [33] SHAW C.Y., *"Ventilation mécanique et pression d'air dans les maisons"*, Conseil national de recherche Canada, Août 1987.
- [34] UCL, ARCHITECTURE ET CLIMAT, *"Energie+ version 2 : réduire la consommation électrique des bâtiments tertiaires. Un outil d'aide à la décision pour le Responsable Energie - Rénover la ventilation"*, UCL, 1999.
- [35] WILSON A.G., *"La ventilation et la qualité de l'air"*, Conseil national de recherche Canada, Septembre 1972.
- [36] WOUTERS P., *"Quality in Relation to Indoor Climate and Energy Efficiency. An analysis of trends, achievements and remaining challenges"*, UCL - Faculté des Sciences Appliquées - Thèse de Doctorat, Département Architecture et Construction, Mars 2000.

PRÉFACE	3	LES PERFORMANCES DE LA VENTILATION	
ENJEUX		L'ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DE LA VENTILATION	35
LE CONFORT ET L'UTILISATION RATIONNELLE DE L'ÉNERGIE	4	Une bonne qualité de l'air intérieur	35
Le bilan thermique de l'homme et son environnement	4	Les performances acoustiques	35
<i>La température de confort</i>		Les performances énergétiques	36
La ventilation des locaux et la santé des occupants	5	L'étanchéité à l'air	36
<i>La qualité de l'air</i>		<i>L'étanchéité à l'air de l'enveloppe extérieure</i>	
<i>L'humidité et les moisissures</i>		<i>L'étanchéité à l'air des conduits de ventilation</i>	
La participation de la ventilation naturelle dans le bilan thermique d'un logement	8	La sécurité incendie	37
		L'entretien et la facilité de l'emploi	37
POURQUOI VENTILER ? : LES RÔLES DE LA VENTILATION		LA PARTICIPATION DE LA VENTILATION DANS LE BILAN ÉNERGÉTIQUE D'UN LOGEMENT	38
L'ÉVOLUTION HISTORIQUE DU RÔLE DE LA VENTILATION	10	LA VENTILATION ET LA FILTRATION	42
LES CONTEXTES	12	Les objectifs de la filtration	42
Le climat	12	Classification des filtres	42
L'environnement local	12	Le degré de filtration	43
Le type de bâtiment	13	Le choix du type de filtre	43
L'étanchéité à l'air de l'enveloppe extérieure	14	LA VENTILATION AVEC RÉCUPÉRATION DE CHALEUR	44
LES BESOINS	15	Les échangeurs de chaleur plats	44
Les exigences réglementaires	15	<i>Avantages</i>	
<i>Exigences de débits de ventilation de base selon la NBN D50-001</i>		<i>Inconvénients</i>	
<i>Exigences pour la ventilation des locaux spéciaux selon la NBN D50-001</i>		Les pompes à chaleur	45
<i>Exigences pour la ventilation intensive ou périodique selon la NBN D50-001</i>		La méthode des rouleaux (run-around coils)	45
<i>Exigences de débits de ventilation de base de la réglementation wallonne pour les bureaux et les écoles</i>		<i>Avantages</i>	
		<i>Inconvénients</i>	
COMMENT VENTILER ? : LES MOYENS DE VENTILATION		Les cylindres thermiques	45
LES DIFFÉRENTS TYPES D'INSTALLATION DE VENTILATION	18	<i>Avantages</i>	
LE PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA VENTILATION	20	<i>Inconvénients</i>	
Le plan de pression neutre	20	LA VENTILATION ET LE REFROIDISSEMENT	46
LE PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA VENTILATION NATURELLE	21	Le refroidissement naturel	46
LES PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT DE LA VENTILATION MÉCANIQUE	22	<i>Avantages</i>	
Installation de ventilation à alimentation mécanique	22	Le refroidissement mécanique	47
Installation de ventilation à extraction mécanique	23	<i>Inconvénients</i>	
<i>Installation de ventilation à extraction mécanique ponctuelle</i>		LES DISPOSITIFS CONCURRENTS DE L'INSTALLATION DE VENTILATION	48
<i>Installation de ventilation à extraction mécanique centrale</i>		Les hottes de cuisine	48
Installation de ventilation à alimentation et extraction mécanique	24	<i>Les débits d'extraction</i>	
TABLEAU RÉCAPITULATIF DES DIFFÉRENTS TYPES D'INSTALLATION DE VENTILATION	26	<i>Les amenées d'air complémentaires</i>	
LES CRITÈRES GÉNÉRAUX DE CHOIX	27	<i>Les conduits d'évacuation</i>	
Le coût d'une installation de ventilation	27	Les appareils à combustion	49
L'énergie d'utilisation	28	<i>Quelques solutions</i>	
<i>Le chauffage combiné à la ventilation</i>		LA MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION DU SYSTÈME DE VENTILATION	
<i>Le rafraîchissement combiné à la ventilation (free cooling)</i>		LES CHOIX DE L'AUTEUR DE PROJET	52
Le contrôle de la ventilation	30	Choix de l'implantation du bâtiment dans son site	52
La maintenance de l'installation de ventilation	31	<i>Les vents</i>	
Le rendement à long terme	33	<i>L'environnement</i>	
		Choix de l'enveloppe extérieure et de son mode de construction	52
		<i>Les conditions externes au projet</i>	
		<i>les conditions internes au projet</i>	
		Choix de la disposition des locaux	53
		<i>La thermocirculation</i>	
		<i>Le confort</i>	
		Choix de l'installation de ventilation	53
		Choix des ouvertures pratiquées dans l'enveloppe	54
		<i>Les ouvertures d'amenée d'air OAR</i>	
		<i>La ventilation intensive</i>	
		<i>Les ouvertures d'extraction d'air OER</i>	

OBJECTIFS POURSUIVIS ET MÉTHODOLOGIES DE CONCEPTION DU DÉTAIL	55
ILLUSTRATION PAR UN EXEMPLE :	
AU STADE DE L'ESQUISSE	56
Etude de l'implantation	57
Choix des matériaux	57
Choix de la disposition des locaux	58
Les besoins de ventilation	58
<i>La ventilation de base selon la norme NBN D50-001</i>	
<i>La ventilation intensive selon la norme NBN D50-001</i>	
<i>La ventilation des locaux spéciaux selon la norme NBN D50-001</i>	
Choix de l'installation de ventilation	61
<i>Le cabinet médical</i>	
<i>La maison unifamiliale</i>	
<i>Calcul du coût global de chaque type d'installation</i>	
<i>Choix de l'installation de ventilation</i>	
ILLUSTRATION PAR UN EXEMPLE :	
AU STADE DE L'AVANT-PROJET	68
Le dimensionnement des ouvertures d'amenée d'air naturelle	68
<i>Emplacement et type d'aérateur</i>	
<i>Dimensionnement</i>	
Le dimensionnement des ouvertures de transfert	69
<i>Emplacement et type d'ouverture de transfert</i>	
<i>Dimensionnement</i>	
Le dimensionnement des évacuations d'air mécaniques	70
<i>Emplacement des gaines et du ventilateur</i>	
<i>Types de conduits, de ventilateur et de bouches</i>	
ILLUSTRATION PAR UN EXEMPLE :	
AU STADE DU PROJET	73
BIBLIOGRAPHIE	74
TABLE DES MATIÈRES	76

ANNEXES

- ANNEXE 1 : LES CRITÈRES CONCEPTUELS DE
L'EFFICACITÉ DE LA VENTILATION**
- ANNEXE 2 : LES COMPOSANTS D'UNE INSTALLATION DE
VENTILATION NATURELLE**
- ANNEXE 3 : LES COMPOSANTS D'UNE INSTALLATION DE
VENTILATION MÉCANIQUE**
- ANNEXE 4 : LA NORME NBN D50-001 ET LA RÉGLEMENTATION
WALLONNE EN MATIÈRE DE VENTILATION**
- ANNEXE 5 : LES VENTS**

ANNEXE 1

LES CRITÈRES CONCEPTUELS DE L'EFFICACITÉ DE LA VENTILATION

L'EFFICACITÉ D'ÉCHANGE DE L'AIR

LA DISTRIBUTION SPATIALE DE L'AIR

L'ÂGE DE L'AIR

LE NETTOYAGE DES POLLUANTS

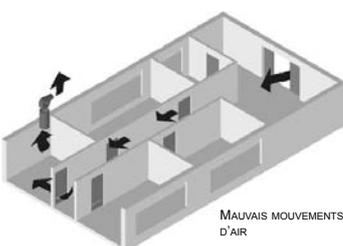
LA DILUTION

L'ÉVACUATION

EXEMPLE D'EFFICACITÉ D'UNE VENTILATION MÉCANIQUE SIMPLE FLUX [34]

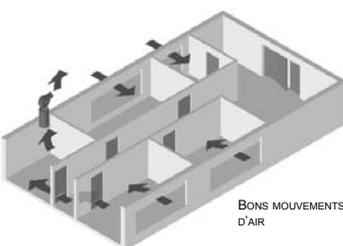
Dans un immeuble de bureaux de plusieurs étages, les bureaux sont disposés de part et d'autre des couloirs. Ceux-ci communiquent avec la cage d'escalier via des portes. L'installation de ventilation simple flux est composée de grilles dans les menuiseries extérieures des bureaux et d'extractions mécaniques dans les sanitaires.

MAUVAIS EXEMPLE : il n'y a pas de grille dans les différentes portes des bureaux et les portes entre le couloir et la cage d'escalier sont pratiquement toujours ouvertes. Dans ce cas, l'air extrait, choisissant toujours le chemin le plus facile, sera soutiré de la cage d'escalier ou du hall d'entrée, plutôt que des bureaux, et ceci d'autant plus si leurs portes sont fermées.



MAUVAIS MOUVEMENTS D'AIR

BON EXEMPLE : les portes des bureaux comportent des grilles. La dépression créée dans les sanitaires aspire l'air neuf ayant pénétré dans les bureaux et transité, via les ouvertures de transfert, par le couloir.



BONS MOUVEMENTS D'AIR

L'EFFICACITÉ D'ÉCHANGE DE L'AIR

L'efficacité de l'échange de l'air s'exprime par la distribution spatiale et "l'âge" de l'air.

LA DISTRIBUTION SPATIALE DE L'AIR

L'efficacité d'une ventilation est sa capacité à évacuer les polluants des locaux. Pour cela, il faut que l'air neuf balaie correctement les locaux "secs" et que l'air humide des locaux sanitaires et des cuisines soit directement évacué.

Les installations de ventilation naturelle ou mécanique simple flux ne garantissent pas toujours un renouvellement d'air correct dans tous les locaux.

Une installation de ventilation sera efficace si :

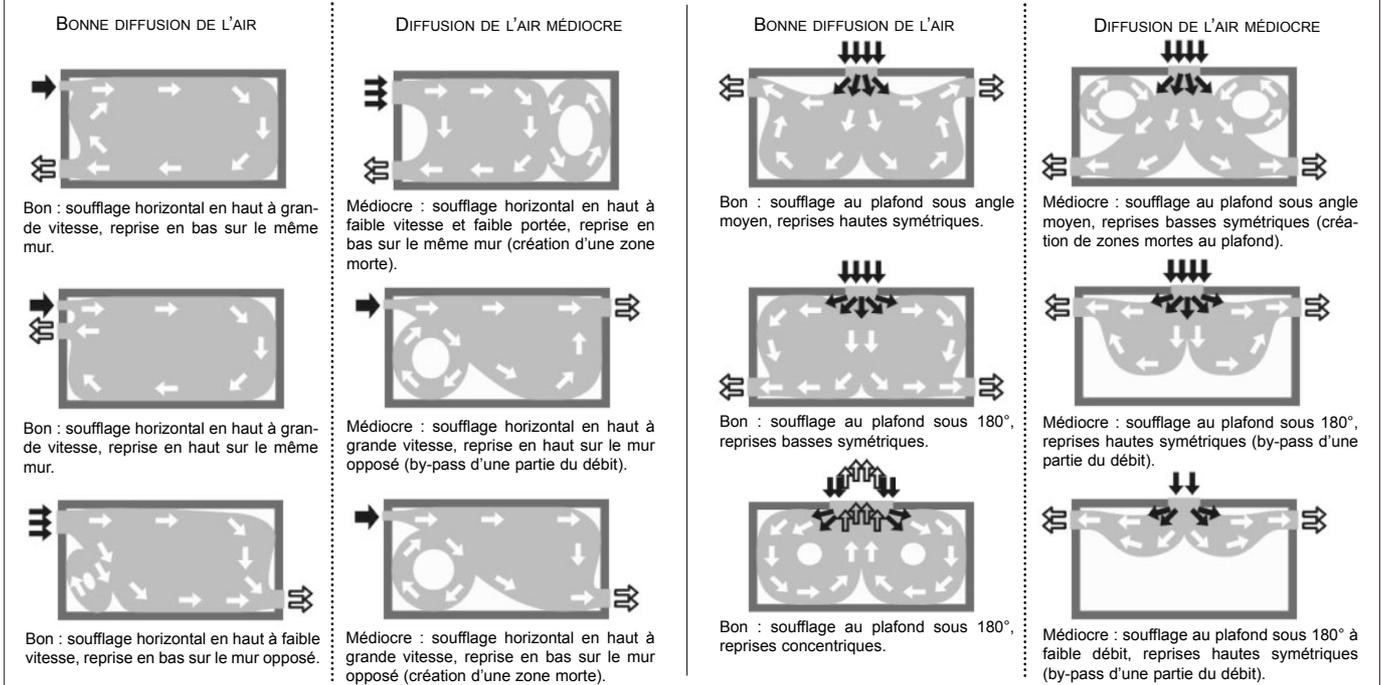
- il y a des possibilités de transfert de l'air entre les locaux "secs" et les locaux "humides" ;
- il n'y a pas des grandes entrées d'air parasites, comme des fenêtres ouvertes, des ouvertures vers un hall d'entrée, vers une cage d'escalier, etc. (voir exemple ci-contre).

De plus, les flux d'air véhiculés par les systèmes naturels ou simple flux sont dépendants des conditions atmosphériques, et donc difficilement contrôlables. Par exemple, il est possible que le flux d'air s'inverse dans une grille autoréglable si celle-ci est disposée sur une façade à l'abri des vents dominants, donc en dépression.

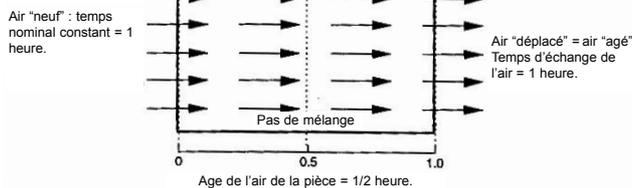
ANNEXE 1 : LES CRITÈRES CONCEPTUELS DE L'EFFICACITÉ DE LA VENTILATION

La meilleure solution est d'opter pour une installation de ventilation mécanique double flux où la disposition des bouches entraîne un brassage d'air suffisant, sans provoquer des zones "mortes" (voir schémas ci-dessous).

EXEMPLES DE DIFFUSION DE L'AIR EN FONCTION DES DISPOSITIONS DES BOUCHES D'UNE INSTALLATION DE VENTILATION MÉCANIQUE DOUBLE FLUX [34]

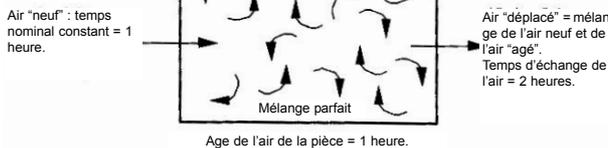


a. FLUX LINÉAIRE



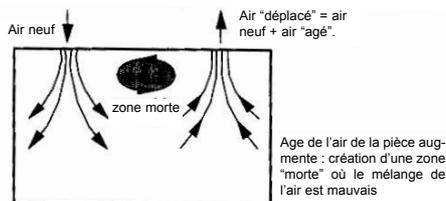
Il n'y a pas de mélange de l'air : l'air introduit déplace l'air présent dans la pièce et, donc, l'âge de l'air local croît linéairement. En supposant un temps nominal constant d'échange de 1 heure, l'âge de l'air de la pièce est de 1/2 heure, le temps d'échange de l'air est de 1 heure et l'efficacité d'échange est de 100 %.

b. MÉLANGE PARFAIT



Le mélange de l'air est parfait. Le temps nominal constant d'échange est toujours de 1 heure, mais l'âge de l'air du local est uniforme dans l'espace lorsque l'âge de l'air de la pièce est de 1 heure. Le temps d'échange de l'air est, alors, de 2 heures et l'efficacité de 50 %.

c. MÉLANGE VARIABLE



Le mélange d'air est variable. L'air introduit ne se répartit pas partout, c'est pourquoi une zone "morte" se crée : dans cette zone, l'âge de l'air est important. L'âge de l'air de la pièce, et donc, le temps d'échange de l'air augmentent également, ce qui induit une efficacité d'échange de l'air inférieure à 50 %.

L'ÂGE DE L'AIR [28]

L'âge de l'air est déterminé par le temps que l'air reste dans un local. On distingue quatre définitions :

- le **temps nominal constant** : c'est le temps minimum durant lequel l'air, une fois rentré, reste dans la pièce ;
- l'**âge de l'air local** : c'est le temps moyen que prend l'air, une fois rentré dans un espace (= temps 0), pour atteindre un point précis ;
- l'**âge de l'air de la pièce** : c'est la moyenne des âges de l'air pour tous les points de l'espace ;
- le **temps d'échange de l'air** : c'est le temps que met l'air (une fois rentré dans la pièce) pour être complètement remplacé. Le temps d'échange de l'air est égal au double de l'âge de l'air de la pièce.

L'**efficacité d'échange de l'air** peut s'exprimer comme étant le rapport, en pourcentage, entre le temps nominal constant d'échange et le temps d'échange de l'air.

Comme le temps d'échange de l'air est égal, au minimum, au temps nominal constant d'échange, l'efficacité a une valeur maximum de 100 %.

Le **coefficient de performance de l'air échangé** est le rapport, en pourcentage, entre le temps nominal constant et l'âge de l'air de la pièce.

Etant donné que l'âge de l'air de la pièce est égal à la moitié du temps d'échange de l'air, le coefficient de performance de l'échange de l'air est égal au double de l'efficacité. Il a donc une valeur maximale de 200 %.

Ces notions sont illustrées par les exemples ci-contre [28].

LE NETTOYAGE DES POLLUANTS

Il existe deux méthodes fondamentales de ventilation pour assurer une bonne qualité de l'air : la dilution et l'évacuation des polluants.

LA DILUTION

La plus courante et la plus reconnue est la méthode de dilution, appliquée dans les cas où la source de contaminants n'est pas fixe.

Dans la plupart des cas, les sources de pollution, généralement les occupants eux-mêmes et leurs activités, ne sont pas faciles à différencier.

L'air frais est entièrement mélangé à l'air du local occupé et déplace un volume égal d'air possédant la température moyenne de la pièce lorsqu'il la quitte.

Par ce procédé, le taux net d'évacuation des éléments polluants est égal à la quantité d'air introduit, multipliée par la différence entre les concentrations des polluants de l'air vicié extrait et de l'air amené.

Lorsque la concentration des éléments polluants du local a atteint un niveau constant, c'est-à-dire lorsqu'elle est stable, le taux d'apport des polluants est égal au taux de leur évacuation.

Si l'air du local est, au départ, de l'air frais, il se passera quelque temps avant qu'il n'atteigne une concentration constante en polluants, en raison de l'effet de dilution de l'air ambiant original.

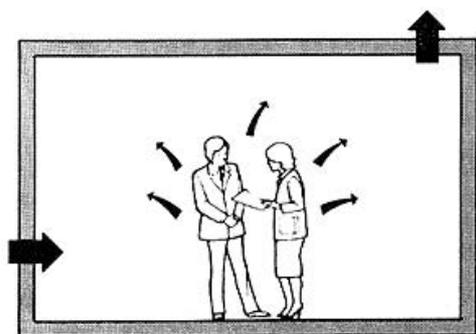
Cette période de temps dépend du volume du local, du taux de production des éléments polluants (habituellement en rapport avec la densité d'occupation) et du taux de pureté de l'air fourni.

Une version modifiée de la méthode de dilution consiste à recycler et à traiter l'air en le faisant passer dans un appareil qui le débarrasse des odeurs et des contaminants nuisibles. L'air purifié est ensuite réintroduit dans les pièces. Un exemple courant de cette méthode est la recirculation de l'air intérieur qui a été traité par un filtre et un climatiseur.

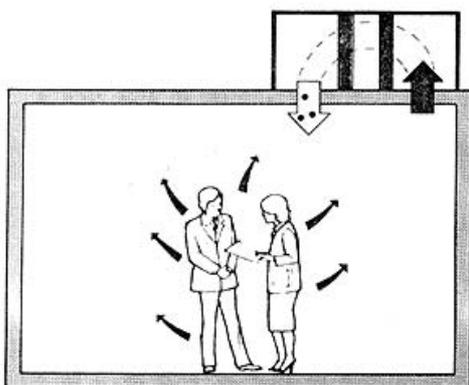
L'ÉVACUATION

S'il est possible d'isoler facilement la source polluante (y compris la chaleur et l'humidité excessives), l'air contaminé au voisinage immédiat de la source peut être capté et dirigé vers le système d'évacuation, avant qu'il ne se diffuse au sein du local occupé.

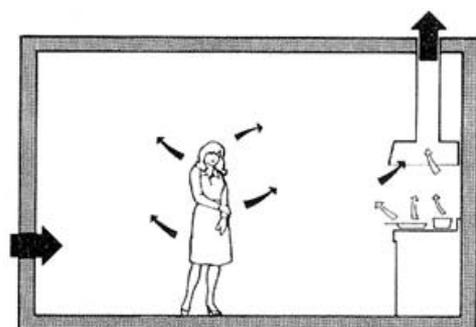
Ce procédé est couramment employé dans l'industrie ; les hottes au-dessus des appareils de cuisson, ainsi que les évacuations des produits de combustion en sont un autre exemple.



LE NETTOYAGE DES POLLUANTS : LA DILUTION



LE NETTOYAGE DES POLLUANTS : LE TRAITEMENT DE L'AIR



LE NETTOYAGE DES POLLUANTS : L'ÉVACUATION

ANNEXE 2

LES COMPOSANTS

D'UNE INSTALLATION DE

VENTILATION NATURELLE

LES DISPOSITIFS D'AMENÉES D'AIR

DIMENSIONNEMENT
EMPLACEMENT
CRITÈRES DE CHOIX

LES DISPOSITIFS DE TRANSFERT

DIMENSIONNEMENT
EMPLACEMENT
CRITÈRES DE CHOIX

LES DISPOSITIFS D'EXTRACTION D'AIR

LES OUVERTURES RÉGLABLES OER
LES CONDUITS VERTICAUX D'ÉVACUATION
LES DÉBOUCHÉS DE TOITURE

LES DISPOSITIFS D'AMENÉES D'AIR (OUVERTURES D'AMENÉE D'AIR OAR)

LOCAL	DÉBIT NOMINAL	EXIGENCES POUR LES OUVERTURES
Règle générale	3,6 m ³ /h par m ² de surface au sol	10 cm ² par m ² de surface au sol
AVEC POUR LIMITES PARTICULIÈRES :		
Living	min. 75 m ³ /h, max. 150 m ³ /h	210 cm ² 420 cm ²
Chambres, locaux d'études et de jeux	min. 25 m ³ /h, max. 36 m ³ /h par pers.	70 cm ² 100 cm ²
Autres locaux	3,6 m ³ /h par m ² de surface au sol	10 cm ² pour 3,6 m ³ /h

Dans ce tableau, le vocable "max" est à comprendre comme "peut être limité à".

EXIGENCES RELATIVES AUX AMENÉES D'AIR SELON LA NORME NBN D50 -001 [26]

A une différence de pression de 2 Pa, le débit d'une ouverture de 10 cm² est d'environ 1 dm³/s, soit 3,6 m³/h.

La vitesse moyenne de l'air à travers cette ouverture est d'environ 1 m/s.

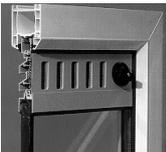
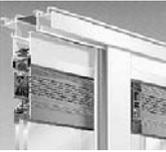
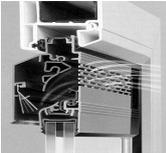
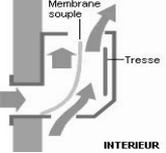
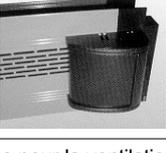
Si la ventilation par les fenêtres est un procédé de ventilation intensive périodique, elle est, par contre, inadéquate pour assurer un ventilation de base continue.

La norme NBN D50-001 décrit les exigences relatives aux amenées d'air naturelles. Bien que son application ne soit obligatoire que pour les logements en Région Wallonne, elle peut servir de base pour définir les principales caractéristiques à respecter en matière de ventilation naturelle. Elle autorise notamment l'utilisation de vasistas, c'est-à-dire de petites fenêtres à ouverture réglable. Cependant, la solution la plus élégante est la grille d'amenée d'air disposée en façade : soit dans les murs, soit dans les menuiseries.

DIMENSIONNEMENT

Le débit d'air d'une ouverture d'alimentation naturelle ou libre dépend de la différence de pression de part et d'autre de cette ouverture. Les débits nominaux doivent pouvoir être réalisés à une différence de pression de 2 Pa. En première estimation, on peut appliquer la règle approximative décrite ci-contre.

ANNEXE 2 : LES COMPOSANTS D'UNE INSTALLATION DE VENTILATION NATURELLE

TYPES DE GRILLE DE VENTILATION	PARTICULARITÉS [34]
<p>Grilles à coulisse sans chicane sur le trajet de l'air</p> 	<ul style="list-style-type: none"> de moins en moins utilisées ; elles ne freinent pas le flux, d'air, ce qui peut provoquer un léger courant d'air à proximité de la grille.
<p>Grilles s'adaptant à toutes les épaisseurs usuelles de vitrage</p> 	<ul style="list-style-type: none"> des grilles avec des profilés plus minces s'adaptent aussi aux fenêtres coulissantes.
<p>Grilles "autoréglables"</p> 	<ul style="list-style-type: none"> elles maintiennent un débit constant, quelle que soit la pression du vent ; elles ont une bavette souple réduisant automatiquement la section d'ouverture quand la pression augmente.
<p>Grilles "hygroréglables"</p> 	<ul style="list-style-type: none"> elles adaptent leur ouverture en fonction du degré d'humidité ambiante du local ; elles sont constituées d'un élément sensible à l'humidité relative (tresse de nylon) qui commande l'ouverture par sa dilatation. Cette tresse doit être parcourue par de l'air intérieur et sa température doit être la plus proche possible de celle de cet air.
<p>Grilles isophoniques</p> 	<ul style="list-style-type: none"> elles évitent la transmission trop importante des bruits extérieurs ; elles possèdent des chicanes obligeant l'air à passer entre des surfaces garnies de matériaux absorbants.
<p>Grilles motorisées</p> 	<ul style="list-style-type: none"> elles sont raccordées à un régulateur (thermostat, hygrostat) adaptant l'ouverture en fonction des besoins réels.
<p>Grilles pour la ventilation intensive</p> 	<ul style="list-style-type: none"> grilles nettement plus grandes qui, placées devant un ouvrant de fenêtre, permettent des débits d'air importants, tout en protégeant le bâtiment contre l'intrusion, le passage des insectes et contre la pluie ; elles peuvent être installées en été et retirées en hiver.
<p>Grilles réglables à insérer dans la maçonnerie</p> 	<ul style="list-style-type: none"> elles permettent une finition simple et esthétique ; il existe des grilles murales acoustiques qui offrent une excellente insonorisation et un très bon passage d'air.

EMPLACEMENT

Pour éviter la gêne due aux courants d'air, il est conseillé de disposer les ouvertures d'amenée d'air à une hauteur d'au moins 1,80 m au-dessus du sol.

Dans les autres cas, l'air frais entrant doit se mélanger, aussi rapidement que possible, à l'air chauffé par les corps de chauffe. Il faut, alors, tenir compte des risques suivants :

- le risque de gel des corps de chauffe ;
- les problèmes d'inconfort lorsque l'air froid introduit dans le local n'est pas réchauffé par le corps de chauffe (pendant la nuit ou dans une chambre, par exemple).

CRITÈRES DE CHOIX

• L'intégration dans la paroi extérieure

En fonction des situations, les grilles d'aération doivent avoir un profil s'intégrant dans les parois extérieures, soit entre le vitrage et le châssis, soit dans la menuiserie, soit entre la maçonnerie et le châssis, soit dans l'enveloppe opaque du bâtiment. Quel que soit le mode de placement, il faut que les jonctions avec la grille soient étanches.

Les grilles d'amenée d'air peuvent perturber l'esthétique des menuiseries extérieures : l'aspect visuel joue un rôle non négligeable dans le choix d'une grille. Il en existe d'extrêmement discrètes ; par contre, plus le débit demandé est important, plus la grille sera imposante.

Il n'existe pas de dimensions standard pour les grilles ; leur longueur est fonction des dimensions du châssis et leur hauteur varie en fonction du débit par mètre recherché parmi les grilles standard.

• Le débit d'air neuf

La somme des débits nominaux des grilles d'un même local doit être au moins équivalente au débit requis par la réglementation wallonne. Avec les grilles en position complètement ouverte, ces débits ne peuvent dépasser le double des débits nominaux.

• Les possibilités de réglage

Le débit d'air nécessaire doit être réalisé à l'aide d'ouvertures d'alimentation réglables manuellement ou de manière automatique. La norme belge impose que les grilles d'alimentation :

- possèdent au moins cinq positions : une position "fermée", au moins trois positions intermédiaires et une position "tout à fait ouverte" ;
- ou possèdent un réglage continu entre la position "fermée" et la position "tout à fait ouverte".

Ce réglage ne doit pas nécessairement s'appliquer à chacune des grilles séparément, mais à chaque local considéré dans son ensemble.

Différents modes de commandes sont possibles : poignées à coulisse, à bouton, poignées à levier, barre, chaînette ou corde, électrique...

On trouve également des grilles autoréglables où la section de passage (et donc le débit) se règle automatiquement en fonction de la différence de pression du vent et/ou de la tem-

ANNEXE 2 : LES COMPOSANTS D'UNE INSTALLATION DE VENTILATION NATURELLE

INFLUENCE SUR LE CONFORT ACOUSTIQUE DANS L'HABITATION DES AMENÉES D'AIR NATURELLE [13]

La norme NBN S01-400 traite de l'isolation acoustique, tant contre les bruits aériens que contre les bruits de choc. Dans le cadre de la présente brochure, les aspects suivants revêtent un caractère essentiel :

- La méthode décrite dans cette norme permet d'exprimer l'isolation acoustique (caractérisée par un spectre) au moyen d'une valeur numérique unique (qui renferme des informations spectrales) que l'on appelle la "catégorie". Elle indique une classe d'isolation acoustique et est représentée par les chiffres romains I, II, III, IV pour des éléments autres que la façade, le chiffre I symbolisant la meilleure catégorie.

Dans le cas des façades, il n'existe qu'une seule classe, la classe V qui se subdivise en 4 sous-classes a, b, c et d, où a représente la meilleure valeur.

- La norme internationale ISO 717 définit un indice d'affaiblissement pondéré (Rw) et un isolement acoustique normalisé pondéré (Dnw) pour les bruits aériens.

Les courbes de référence en escalier qui déterminent les catégories permettent de calculer les valeurs globales en dB ISO. A tout spectre limite d'isolation contre les bruits aériens correspond un indice Rw ou Dnw en dB.

Les valeurs Rw ou Dnw correspondant aux quatre catégories d'isolation des façades contre les bruits sont les suivantes :

SPECTRE LIMITE	VALEUR RW OU Dnw
V ^a	41 dB
V ^b	36 dB
V ^c	31 dB
V ^d	26 dB

- La NIT 192 [13] propose une méthode simplifiée permettant de calculer le spectre d'isolation acoustique de la façade à partir des données suivantes :

- le spectre de l'isolation contre les bruits aériens par rapport à la surface brute de l'ouverture, déterminé en laboratoire avec l'ouverture en position ouverte ;
- des données similaires pour le reste de la façade.

Des exigences spécifiques peuvent donc être imposées aux ouvertures naturelles d'amenée d'air sous la forme :

- d'un spectre équivalent à la limite inférieure pour l'isolation contre les bruits aériens de l'ouverture ;
- d'un indice d'affaiblissement acoustique minimal à atteindre conformément à la norme ISO 717-3 "Acoustique - Evaluation de l'isolement acoustique des immeubles et des éléments de construction - Partie 1 : isolement des immeubles et des éléments intérieurs de construction aux bruits aériens".

Dans le Nouveau Règlement Acoustique français NRA, l'isolement acoustique des bouches doit être de 3 à 6 dB supérieur à celui de la façade. Dans le cas où deux bouches sont prévues dans un même local, un isolement de 6 à 9 dB supérieur à la façade est requis [34].

pérature et/ou de l'humidité relative...

Non seulement elles assurent une alimentation en air plus ou moins constante, mais elles évitent également que les utilisateurs ne bouchent complètement les grilles.

• L'étanchéité

- **A l'air** : la norme belge exige que le débit de fuite maximal, en position fermée, de toutes les ouvertures d'alimentation en air d'un local où règne une différence de pression de 50 Pa, ne dépasse pas 15 % du débit nominal de ce local. Ce débit de fuite maximal correspond à 3 % du débit nominal pour une différence de pression de 2 Pa.

- **A l'eau** : la grille (en position ouverte ou fermée) doit être étanche à la pluie, quelles que soient la direction et la force du vent.

- **Aux insectes** : certaines grilles sont équipées d'un fin treillis qui empêche le passage des insectes.

• L'isolation thermique

En position fermée, la face intérieure de la grille ne peut constituer un point froid sur lequel des condensations peuvent apparaître. Pour cela, la grille doit comporter une coupure thermique entre les matériaux en contact avec l'extérieur et ceux en contact avec l'intérieur.

La qualité d'isolation thermique de la grille se mesure par son coefficient de transmission thermique U. Par exemple, une grille placée dans un double vitrage doit avoir un coefficient U semblable à celui du châssis.

• L'isolation acoustique

Plus le milieu extérieur est bruyant, plus il est important de veiller à ce que la grille ne soit pas un pont acoustique trop important entre l'extérieur et l'intérieur. L'isolement acoustique des bouches doit être adapté à l'isolement global de la façade.

Des absorbeurs acoustiques peuvent être prévus dans la grille de ventilation, mais il est généralement plus efficace d'insérer les prises d'air dans l'épaisseur de la paroi ; l'emboîtement permet d'adapter la prise d'air à l'épaisseur réelle du mur.

• La facilité d'entretien et le vieillissement

L'aspect extérieur de la grille de ventilation doit être garanti dans le temps. L'idéal est de pouvoir entretenir la grille à partir de l'intérieur des locaux ; elles doivent donc être facilement démontables et remplaçables, particulièrement pour les dispositifs anti-insectes et ceux d'atténuation acoustique.

• La sécurité anti-effraction

La présence d'une grille de ventilation ne peut faciliter l'intrusion dans le bâtiment.

• La sécurité constructive

Les grilles de ventilation doivent avoir une résistance mécanique (flexion) et une rigidité (déformation permanente) suffisantes pour supporter les charges normales, auxquelles tout élément de façade est soumis. Il faut faire attention au fait que, lorsque la grille d'aération est située entre le vitrage et le châssis, le vitrage est structurellement dimensionné comme comportant seulement 3 côtés d'appui au lieu de 4.

LES DIPOSITIFS DE TRANSFERT (OUVERTURES DE TRANSFERT OT)

Lorsque l'amenée d'air neuf et l'évacuation de l'air vicié ne se situent pas dans le même local, il est obligatoire de disposer des ouvertures de transfert permanentes permettant le passage de l'air de ventilation d'un local vers un autre.

DIMENSIONNEMENT

LOCAL	DEBIT NOMINAL À 2 PA	EXIGENCE DANS LE CAS D'UNE FENTE SOUS LA (LES) PORTE(S)
Cuisine	14 dm ³ /s soit 50 m ³ /h	une ouverture totale d'au moins 140 cm ²
Autres (séjour, chambre, bureau, WC, s. de bain, buanderie, etc.)	7 dm ³ /s soit 25 m ³ /h	une ouverture d'au moins 70 cm ²

EXIGENCES RELATIVES AUX OUVERTURES DE TRANSFERT SELON LA NORME NBN D50-001 [26]

Les exigences relatives aux ouvertures de transfert sont exprimées de deux manières dans la norme belge : soit par une surface libre (en cm²) dans le cas d'une fente sous la porte, soit par un débit nominal à 2 Pa dans le cas d'une grille de transfert (voir tableau ci-contre).

Si plusieurs ouvertures de transfert sont présentes dans un même local, les exigences s'appliquent à la somme des ouvertures et non pas à chaque ouverture individuellement.

En présence d'une hotte puissante dans une cuisine, l'air nécessaire doit y être amené afin d'éviter des dépressions trop importantes. Il est préférable, à cet effet, de prévoir également une amenée d'air en façade ou sur un châssis extérieur de la cuisine, qui n'est ouverte que lors de l'utilisation de la hotte et qui sera dimensionnée au prorata du débit de celle-ci.

EMPLACEMENT

Les ouvertures de transfert se placent uniquement dans les parois intérieures ou dans/autour des portes intérieures.

Elles doivent toujours rester ouvertes et ne peuvent, par conséquent, être réglables.

CRITÈRES DE CHOIX

• L'intégration dans la paroi de transfert

Les ouvertures de transfert peuvent être des grilles disposées dans le bas de portes ou dans les murs ; une fente suffisamment grande sous une porte peut également convenir ; la section d'une fente sous une porte doit encore correspondre aux exigences, même après le parachèvement des sols. Les ouvertures dans les murs sont plus discrètes car elles peuvent être cachées sous un meuble, par exemple. Idéalement, elles devraient être prévues dès la conception du gros-oeuvre.

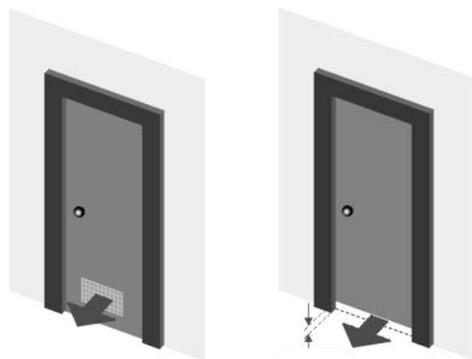
• L'intimité

Dans la plupart des situations, on souhaite qu'une grille de transfert préserve l'intimité, tant visuelle qu'acoustique, ce que ne permet pas, de toute façon, la fente laissée sous les portes. Pour cela, les grilles sont souvent constituées de lamelles obliques empêchant la vue vers le local voisin.

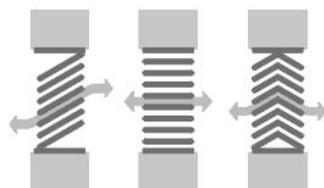
De même, sur le plan acoustique, les grilles intérieures diminuent l'isolation phonique de la porte. Il existe des modèles possédant un dispositif d'atténuation. Si la grille est disposée dans un mur intérieur, son traitement acoustique sera plus aisé, étant donné l'épaisseur disponible (schémas ci-contre).

• L'entretien

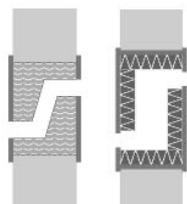
Les grilles sont généralement fabriquées en matériau plastique ou en aluminium, ce qui facilite leur entretien.



TRANSFERT D'AIR AU TRAVERS D'UNE PORTE OU PAR DÉTALONNAGE [34]



DIFFÉRENTES POSSIBILITÉS DE VISION AU TRAVERS D'UNE GRILLE [34]



OUVERTURES DE TRANSFERT ACOUSTIQUES [34]



GRILLES DE TRANSFERT ACOUSTIQUES [34]

LES DISPOSITIFS D'EXTRACTION D'AIR

Conformément à la norme NBN D50-001, les évacuations d'air naturelles ne sont d'application que dans les immeubles d'hébergement. Elles sont exigées au minimum dans les locaux "humides".

En ce qui concerne les bureaux et les écoles, les amenées d'air neuf se font dans les bureaux, les classes, les salles de réunions, les auditoriums, les réfectoires, etc., tandis que les évacuations d'air vicié se font dans les sanitaires et les cuisines.

Les évacuations d'air naturelles sont obligatoirement composées d'ouvertures réglables raccordées à des conduits verticaux débouchant en toiture.

Un système d'évacuation naturelle n'est pas indiqué si l'une au moins des conditions suivantes est remplie :

- l'immeuble comprend plus de 5 niveaux (plancher le plus haut situé à 13 m maximum au-dessus du niveau de l'entrée principale) ;
- il y a, à proximité, des immeubles élevés susceptibles de gêner l'écoulement libre (voir plus loin).

LES OUVERTURES RÉGLABLES OER

LOCAL	DÉBIT NOMINAL	EXIGENCES POUR LES OUVERTURES
Règle générale	3,6 m ³ /h par m ² de surface au sol	10 cm ² par m ² de surface au sol
AVEC POUR LIMITES PARTICULIÈRES :		
Cuisines fermées, SDB, buanderies	min.50 m ³ /h, max.75 m ³ /h	140 cm ² 210 cm ²
Cuisines ouvertes	min.75 m ³ /h,	210 cm ²
WC	min.25 m ³ /h	70 cm ²

Dans ce tableau, le vocable "max" est à comprendre comme "peut être limité à".

EXIGENCES RELATIVES AUX ÉVACUATIONS D'AIR SELON LA NORME NBN D50-001 [26]

• Le débit d'air évacué

La somme des débits nominaux des grilles d'un même local doit être au moins équivalente au débit requis par la réglementation wallonne, avec une section minimale (sur toute la longueur du conduit d'évacuation) de **140 cm²**, sauf pour un W.C. où la section minimale est de **70 cm²**.

Comme le débit varie avec les conditions atmosphériques, l'étanchéité à l'air du bâtiment, etc., le débit mentionné par les fabricants dans leur documentation doit avoir été mesuré pour une différence de pression de 2 Pa de part et d'autre de la grille.

• Les possibilités de réglage

Les bouches ou grilles choisies doivent pouvoir être réglées manuellement ou automatiquement :

- soit 5 positions au moins : une position "fermée", au moins 3 positions intermédiaires, une position "tout à fait ouverte" ;
- soit un réglage continu entre les positions "fermée" et "tout à fait ouverte".

Ce réglage ne doit pas nécessairement s'appliquer à chacune des grilles d'évacuation séparément, mais à chaque local dans son ensemble.

La position "fermée" correspond à une ouverture minimale où le débit, à une différence de pression de 2 Pa, est un débit ne dépassant pas 3 à 5 % du débit nominal exigé pour ce local. Une évacuation minimale est donc assurée, même quand tous les dispositifs sont fermés.

Le réglage peut être rendu accessible aux occupants, au moyen d'un bouton, d'une manette, d'une tige, d'un cordon ou encore d'une commande électrique.

On peut aussi installer des bouches autoréglables qui maintiennent un débit d'extraction plus ou moins constant, quelles que soient les conditions atmosphériques.

ANNEXE 2 : LES COMPOSANTS D'UNE INSTALLATION DE VENTILATION NATURELLE

• L'isolation acoustique

Actuellement, aucune exigence acoustique n'est requise pour les ouvertures d'évacuation.

Toutefois, dans des environnements très bruyants ou dans les locaux qui seraient très sensibles au bruit, il vaut mieux prévoir des atténuateurs de bruit complémentaires aux bouches.

• La facilité d'entretien

Les ouvertures doivent pouvoir être facilement démontées et nettoyées. Les éléments ne pouvant être nettoyés correctement comme les dispositifs acoustiques, doivent pouvoir être remplacés facilement.

LES CONDUITS VERTICAUX D'ÉVACUATION

• Dimensionnement

La section des gaines, principales et secondaires, est fonction du débit total à évacuer.

La règle pratique suivante peut être appliquée en première approche [21] :

La vitesse de l'air dans les conduits d'évacuation naturelle ne doit pas dépasser 1 m/s, ce qui nécessite une surface libre de 10 cm² par dm³/s ou par 3,6 m³/h de débit d'évacuation.

En pratique cela signifie :

- pour la cuisine (fermée), la salle de bain, la buanderie : au minimum 140 cm² ;
- pour le W.C. : au minimum 70 cm².

• Tracé et emplacement

L'évacuation naturelle de l'air vicié doit toujours se faire via un conduit vertical.

Pour les bâtiments peu élevés (moins de 13 m entre le plancher du dernier étage et le seuil de l'entrée principale), on peut réaliser un conduit commun reprenant plusieurs bouches d'évacuation disposées dans des locaux sanitaires superposés sur plusieurs étages (schémas ci-contre).

Si le bâtiment est élevé, cette configuration risque de provoquer des refoulements d'un local vers l'autre, par exemple à l'ouverture d'une fenêtre dans une façade en dépression.

Pour éviter cela, il faut :

- soit une évacuation mécanique ;
- soit un conduit individuel par bouche ;
- soit un conduit commun avec raccord shunt ;
- soit des clapets anti-retour disposés aux bouches d'évacuation.

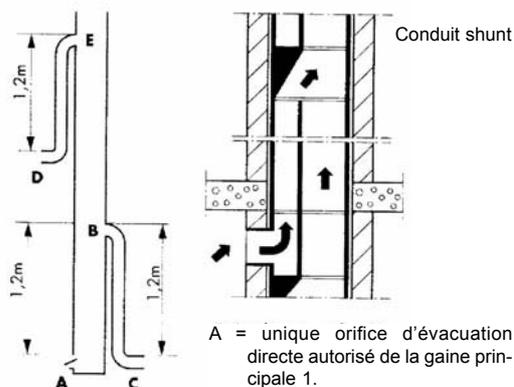
Les cuisines ne peuvent jamais être raccordées à une gaine principale sur laquelle sont raccordés d'autres locaux que les cuisines.

LES DÉBOUCHÉS DE TOITURE

• Hauteur de la gaine d'évacuation au-dessus de la toiture

- sur les toitures en pente $\leq 23^\circ$, l'emplacement du débouché n'a pas d'importance, à condition qu'il se situe au moins à

RACCORDEMENT DE GAINES SECONDAIRES SUR UNE GAINÉ PRINCIPALE - RÈGLE GÉNÉRALE [14]

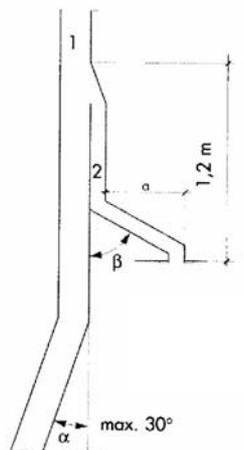


A = unique orifice d'évacuation directe autorisé de la gaine principale 1.

B = intersection de la gaine principale 1 avec une gaine secondaire 2 (BC) disposée en shunt (idem pour E sur la conduite DE).

Conditions à respecter :

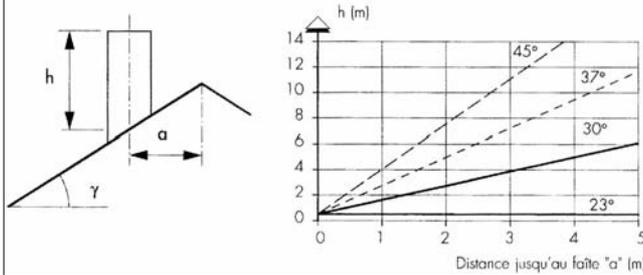
- la hauteur entre la partie supérieure de l'orifice A et la partie supérieure de l'intersection B doit être $\geq 1,2$ m ;
- la hauteur entre la partie supérieure de l'orifice C et la partie supérieure de l'intersection B avec la conduite principale 1 doit être $\geq 1,2$ m ;
- la longueur d'une partie éventuellement horizontale (ou d'inclinaison sur la verticale $\beta > 30^\circ$) d'une gaine secondaire avant son raccordement à la gaine principale, ne peut excéder 1 m ;
- l'inclinaison α , par rapport à la verticale, de la gaine principale, ne peut jamais excéder 30° .



$b > 30^\circ$ si $a \leq 1$ m

ANNEXE 2 : LES COMPOSANTS D'UNE INSTALLATION DE VENTILATION NATURELLE

HAUTEUR H DU DÉBOUCHÉ DES GAINES D'ÉVACUATION POUR PLUSIEURS PENTES DE LA TOITURE [14]



0,5 m au-dessus du toit ;
- sur les toitures en pente $> 23^\circ$, la hauteur h du débouché est déterminée par la formule :

$$h \geq 0,5 + 0,16 (\gamma - 23) a \quad [\text{m}]$$

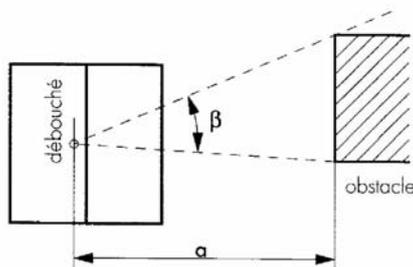
où γ = pente en degré de la toiture par rapport à l'horizontale ;

a = distance horizontale entre l'axe du conduit d'évacuation et le faîte de la toiture.

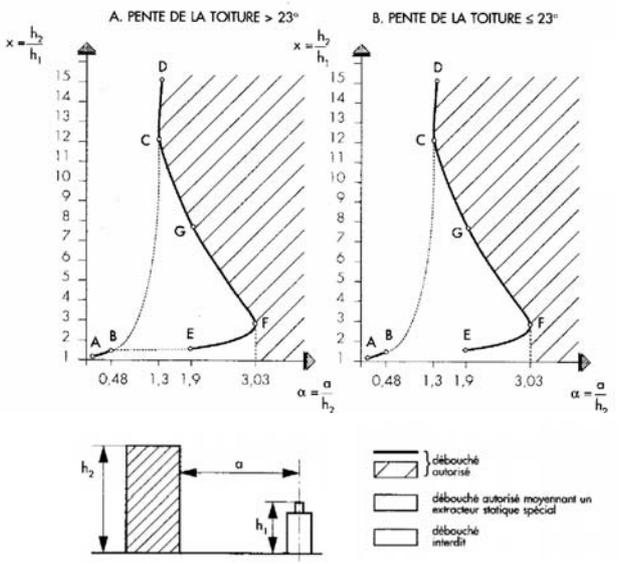
ou par le graphique de la figure ci-contre.

En pratique, il est préférable que le débouché se situe près du faîte de la toiture.

GÊNE POSSIBLE À LA SUITE DE LA SITUATION D'UN BÂTIMENT AVOISINANT, LORSQUE L'ANGLE β EST SUPÉRIEUR À 15° [14]



Lorsque $\beta \leq 15^\circ$, l'obstacle n'est pas pris en compte. Lorsque $\beta > 15^\circ$, il faut utiliser les graphiques suivants qui déterminent la gêne possible en fonction de la hauteur et de l'écartement d'un bâtiment voisin :



• Obstacles avoisinants

Les bâtiments voisins ou certains obstacles peuvent gêner l'évacuation naturelle de l'air. La gêne éventuelle est déterminée par β , l'angle horizontal sous lequel l'obstacle est vu depuis le débouché (figure ci-contre).

Si $\beta > 15^\circ$, il y a une gêne possible, pour autant qu'il existe également une relation défavorable entre la distance a et la hauteur h_2 de l'obstacle.

En fonction de cette valeur, l'évacuation naturelle peut être impossible ou nécessite l'utilisation d'un aspirateur statique (voir les graphiques ci-contre).

• Critères de choix

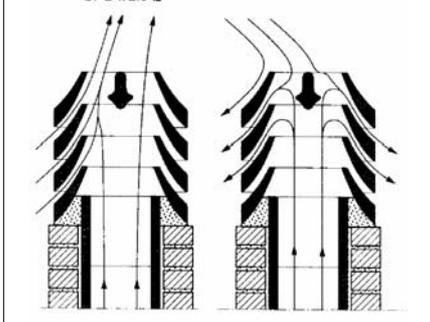
Le choix des débouchés en toiture se fait sur base des critères suivants :

- **adaptation à la toiture** : les débouchés doivent s'adapter à la couverture existante, en garantissant la continuité de l'étanchéité ;
- **constance du tirage** : le choix est guidé par la capacité du débouché à maintenir un tirage constant, quelles que soient les conditions de vent ;
- **évacuation des condensats** : l'humidité contenue dans l'air évacué risque de se condenser sur les parois du conduit. Les condensats doivent pouvoir être éliminés avant qu'ils n'atteignent les locaux.

ASPIRATEUR STATIQUE [14]

A. VENT ASCENDANT ET LATÉRAL

B. VENT PLONGEANT



ANNEXE 3

LES COMPOSANTS D'UNE INSTALLATION DE VENTILATION MÉCANIQUE

LES BOUCHES DE PULSION ET D'EXTRACTION

LES VENTILATEURS

LE RÉSEAU DE DISTRIBUTION

LES FILTRES

LES CAPTEURS

En ce qui concerne les dispositifs :

- d'amenées d'air utilisés dans une installation de ventilation mécanique simple flux (extraction mécanique) ;
- d'extractions d'air utilisés dans une installation de ventilation simple flux (alimentation mécanique) ;
- de transfert ;

on se référera au texte repris dans l'Annexe 2 traitant des composants de la ventilation naturelle.

LES BOUCHES DE PULSION ET D'EXTRACTION

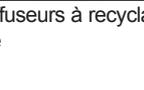
Une ventilation efficace ne consiste pas uniquement à fournir le débit d'air neuf recommandé. Il faut avoir la garantie que l'air des zones de travail soit réellement renouvelé et que le choix des bouches et de leur emplacement ne conduise pas à un inconfort pour les occupants.

• Les bouches de pulsion

Quatre grandeurs guident le choix d'une bouche de pulsion :

- **le débit demandé** : en fonction de la pression dont on dispose en amont du diffuseur, on peut estimer le débit fourni par la bouche à partir des abaques des fabricants ;
- **la production acoustique** : en fonction de la vitesse de l'air à la sortie de la bouche, un sifflement peut se produire. A priori, on choisit la bouche qui présente la puissance acoustique la plus faible pour le débit désiré. Parfois, c'est le bruit du ventilateur et des turbulences liées aux coudes du réseau que l'on entend au travers de la bouche ;
- **la vitesse résiduelle en zone d'occupation** : la zone d'oc-

ANNEXE 3 : LES COMPOSANTS D'UNE INSTALLATION DE VENTILATION MÉCANIQUE

TYPES DE BOUCHES	PARTICULARITÉS [34]
Grilles de soufflage ou de reprise 	<ul style="list-style-type: none"> de type mural ou plafonnier. elles pulsent l'air de façon unidirectionnelle. elles sont utilisées pour des débits soufflés à faible vitesse.
Les diffuseurs à jet rectiligne 	<ul style="list-style-type: none"> il existe des diffuseurs circulaires, carrés ou linéaires. ils sont montés en plafonnier ; l'air est alors pulsé parallèlement au plafond. les diffuseurs linéaires peuvent être montés en parois.
Les diffuseurs à jet hélicoïdal 	<ul style="list-style-type: none"> ils entraînent un mélange rapide entre l'air ambiant et l'air pulsé. ils ont un fort taux d'induction réduisant la portée du jet d'air.
Les diffuseurs à recyclage interne 	<ul style="list-style-type: none"> création d'un effet d'aspiration par induction de l'air du local, qui est mélangé à l'air amené par le conduit.
Les bouches à déplacement 	<ul style="list-style-type: none"> elles permettent le soufflage de débits importants à très faible vitesse et donc sans inconfort. elles sont surtout utilisées dans la pulsion d'air refroidi.
Les fentes de diffusion 	<ul style="list-style-type: none"> elles soufflent une lame d'air très mince pouvant être parallèle à la surface sur laquelle elles sont posées. elles sont utilisées pour la pulsion le long de vitrage.
Les bouches réglées en tout ou rien 	<ul style="list-style-type: none"> certaines intègrent un registre motorisé commandé par une sonde. certaines possèdent leur propre détecteur infrarouge. un réglage manuel est possible.
Les bouches évaluant le nombre de personnes présentes 	<ul style="list-style-type: none"> elles intègrent un comptage, par détection infrarouge, du nombre de personnes présentes dans le local.
Les bouches hygro-réglables 	<ul style="list-style-type: none"> elles ont un volet mobile dont l'ouverture est commandée par un élément sensible au taux d'humidité ambiant. elles sont surtout utilisées pour l'extraction de l'air.
Les bouches réglables 	<ul style="list-style-type: none"> elles sont spécialement adaptées aux locaux sanitaires. elles peuvent être placées dans les gaines de ventilation, les murs et les plafonds. Le débit est réglable par serrage d'un disque central.
Les bouches auto-réglables 	<ul style="list-style-type: none"> elles possèdent une membrane souple qui ajuste l'ouverture en fonction de la vitesse de l'air : lorsque la pression dans les conduits augmente, la membrane se gonfle.

cupation est souvent représentée par la surface du local, de laquelle on soustrait une bande de 50 cm le long des murs intérieurs et de 1 m le long des murs extérieurs, sur une hauteur de 1,8 m. Dans cette zone d'occupation, la vitesse de l'air ne peut dépasser 0,2 m/s ;

- **la différence de température dans la zone d'occupation** : la différence de température entre l'air pulsé et l'air ambiant ne peut dépasser 1,5°C avec de l'air pulsé chaud, et 1°C avec de l'air pulsé froid.

• Les bouches d'extraction

Une bouche d'extraction est choisie en fonction de son débit et de sa production acoustique, suivant des abaques semblables à celles des bouches de pulsion.

En extraction, la vitesse de l'air dans le local n'est pas un critère important puisqu'elle décroît très vite dès que l'on s'éloigne de la bouche.

• Implantation des bouches

L'emplacement des bouches joue un rôle important sur la qualité du brassage de l'air d'un local. Il faut éviter :

- que des zones occupées ne soient pas traitées ;
- que l'air pulsé soit directement aspiré par la reprise avant d'avoir pu céder ses calories ou frigories.

S'il y a un faux-plafond dans le local, on choisira souvent des diffuseurs plafonniers. Si on dispose uniquement d'une gaine technique dans les couloirs, on placera des grilles dans les retombées des faux-plafonds.

• Les systèmes de réglage

On distingue l'ajustage manuel au montage, sans commande extérieure, du réglage par commande manuelle en cours de fonctionnement.

L'accent est mis ci-contre sur les bouches de pulsion car ce sont elles qui conditionnent en grande partie le confort obtenu dans le local. De plus, la plupart des bouches de pulsion peuvent fonctionner en extraction.

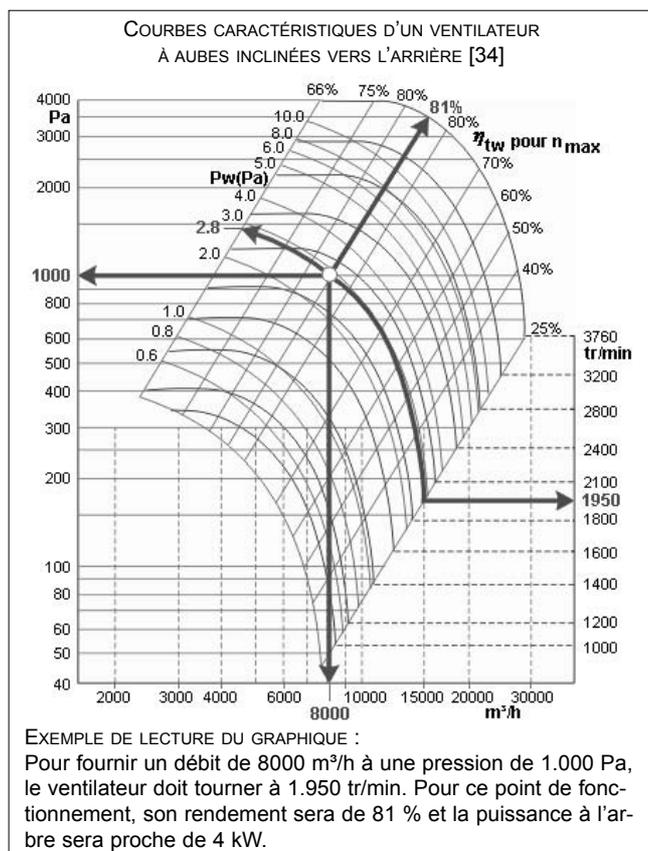
LES VENTILATEURS

Le choix d'un groupe de ventilation économe à l'exploitation est très important :

- plus de 50 % de la consommation électrique d'une installation de ventilation mécanique sert à compenser les pertes de l'ensemble moteur-transmission-ventilateur ;
- en un an, la consommation d'un ventilateur peut avoir un coût équivalent à son prix d'achat.

Dans la pratique, on retrouve deux grands types de ventilateurs : les ventilateurs centrifuges et les ventilateurs hélicoïdes.

Plusieurs éléments peuvent guider le choix d'un ventilateur :



PUISSANCE UTILE	RENDEMENT MINIMUM
> 7,5 kW	80 %
entre 3,5 kW et 7,5 kW	75 %
entre 2 kW et 3,5 kW	70 %

Le rendement mentionné ici correspond au seul ventilateur et non à l'entièreté du système qui englobe également la transmission et le moteur.

- Le point de fonctionnement et le rendement d'un ventilateur
Le dimensionnement d'une installation de ventilation définit le débit à fournir par le ventilateur et la perte de charge que celui-ci doit vaincre : c'est ce qu'on appelle son point de fonctionnement.

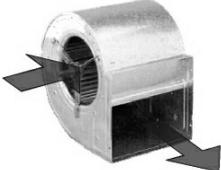
On sélectionne donc d'abord les ventilateurs dont la courbe caractéristique passe par ce point de fonctionnement. Ensuite, on repère, sur les courbes caractéristiques du constructeur, le ventilateur dont le rendement est maximal au point de fonctionnement (voir graphique ci-contre).

A ce titre, le cahier des charges 105 de la Régie des Bâtiments impose le rendement minimal que doit atteindre le ventilateur choisi à son point de fonctionnement. Ces valeurs, reprises dans le tableau ci-contre [34], sont bien des valeurs minimales, et sûrement pas optimales.

Lorsqu'une installation de ventilation est gérée en fonction de la demande, le point de fonctionnement peut varier en permanence en fonction des conditions d'exploitation. Dans ce cas, il faut choisir un ventilateur dont le rendement est maximal durant la plus grande partie possible de la plage de fonctionnement.

- Le mode d'entraînement du ventilateur
Il faut aussi être attentif au rendement de l'ensemble formé par le ventilateur et son entraînement, le moteur et la transmission.
 - La meilleure transmission est sans conteste la **transmission directe** car ses pertes sont moindres (2 à 5 %) et il n'y a pas de frais d'installation de poulies et de courroies, ni de frais de surveillance.
 - Lorsque l'on opte pour une **transmission par courroies**, il faut prendre des poulies aussi grandes que possible : une grande poulie diminue l'usure de la courroie lorsque celle-ci doit se tordre pour s'enrouler autour de la poulie. Il faut en outre éviter les courroies multiples, ainsi que celles de section trop faible car elles sont facilement surchargées et s'usent rapidement.
 - Les moteurs qui équipent la plupart des ventilateurs actuels sont des **moteurs asynchrones**. Ces derniers ne présentent pas entre eux de grandes différences de rendement. Depuis peu, des **moteurs à courant continu** sont apparus sur le marché : ils présentent des rendements nettement supérieurs, mais sont plus chers.
- L'intégration du ventilateur dans le réseau
L'intégration du ventilateur dans le circuit joue un rôle non négligeable sur le rendement global de l'installation :

ANNEXE 3 : LES COMPOSANTS D'UNE INSTALLATION DE VENTILATION MÉCANIQUE

TYPES DE VENTILATEURS	PARTICULARITÉS [34]
<p>Les ventilateurs hélicoïdes ou axiaux</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • l'air est aspiré et propulsé parallèlement à l'axe de rotation du ventilateur. • ils permettent des débits élevés mais ils ne peuvent en général assurer de grandes différences de pression que si la vitesse périphérique des pales est élevée; ils sont alors bruyants. • ils sont simples à implanter et de faible coût. • il n'y a pas de limite dans les débits mais les zones de faible débit sont à éviter. • ils permettent d'importantes variations de pression sans modifier le débit. • ils peuvent avoir des rendements élevés (jusqu'à 90 %) mais sont très sensibles aux conditions d'alimentation. • ils sont utilisés là où il n'existe presque pas de canalisations, ou encore là où se posent des problèmes d'encombrement.
<p>Les ventilateurs centrifuges</p>   <p>Ventilateur à aubes inclinées vers l'avant</p>  <p>Ventilateur à aubes inclinées vers l'arrière</p>	<ul style="list-style-type: none"> • l'air est aspiré parallèlement à l'axe de rotation, et propulsé perpendiculairement à cet axe. • leur capacité de débit est inférieure à celle des ventilateurs hélicoïdes mais ils ont des coefficients de pression plus élevés. • ils sont de trois types : <ul style="list-style-type: none"> - à aubes inclinées vers l'avant, pour des groupes de conditionnement d'air et si le prix et l'encombrement sont primordiaux ; - à aubes inclinées vers l'arrière, lorsque rendement, qualité, économie, énergie et débit fixe sont primordiaux ; - à aubes radiales, pour les industries textiles, maritimes. • les ventilateurs à aubes inclinées vers l'avant ont un rendement maximal (60 à 75 %) inférieur aux ventilateurs à aubes inclinées vers l'arrière (75 à 85 %). • ils sont plus silencieux que les ventilateurs hélicoïdes.
<p>Les ventilateurs tangentiels</p>	<ul style="list-style-type: none"> • l'air est aspiré et refoulé perpendiculairement à l'axe de rotation. • ils ont un mauvais rendement ($\leq 60\%$). • ils sont utilisés lorsque la place disponible est limitée.
<p>Les extracteurs de toiture</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • ils sont utilisés pour l'extraction d'air vicié, soit directement, soit via un conduit vertical. • ils peuvent être équipés d'une roue centrifuge ou hélicoïde et présentent alors les mêmes caractéristiques que ces deux familles de ventilateurs.

- la section de sortie du ventilateur doit être le plus possible adaptée à la section du conduit de distribution ;
- il est préférable de raccorder le ventilateur directement au gainage de distribution, plutôt que de laisser la sortie de ce dernier libre dans le caisson du groupe. Ce dernier cas provoque une perte de pression dynamique qui constitue une perte de charge supplémentaire du caisson, correspondant à une surconsommation.
- il faut aussi prévoir, à la sortie du ventilateur, une section de gaine droite suffisamment longue avant le premier changement de direction.

• L'acoustique

Pour comparer la production de bruit de plusieurs ventilateurs, il faut comparer leur puissance acoustique.

La puissance acoustique du ventilateur est reprise dans les courbes caractéristiques présentes dans les catalogues des fournisseurs.

La production de bruit d'un ventilateur est :

- inversement proportionnelle à son rendement ;
- proportionnel à sa vitesse.

Pour limiter la puissance sonore du ventilateur, il faut donc choisir le ventilateur ayant le meilleur rendement au point de fonctionnement.

L'implantation du local technique ou de l'extracteur doit être éloignée des locaux de vie où le niveau sonore est limité.

• L'encombrement

Des impératifs de place peuvent imposer le choix d'un ventilateur plus petit mais tournant à plus grande vitesse. Ce critère va cependant à l'encontre des critères précédents car, pour un même point de fonctionnement, un ventilateur plus petit a un moindre rendement et produit plus de bruit.

LE RÉSEAU DE DISTRIBUTION

La consommation électrique d'un ventilateur est directement proportionnelle à la perte de charge du réseau de distribution de l'air ; c'est pourquoi, lors de la conception du réseau, il convient d'être attentif à plusieurs aspects :

• Le tracé du réseau

Le réseau doit être le plus simple possible afin de limiter les pertes de charge et de faciliter l'équilibrage et la maintenance.

Il faut toujours essayer d'obtenir le réseau le plus court possible. Dans les grands réseaux, il peut être judicieux de subdiviser l'installation en plusieurs réseaux autonomes.

Le tracé doit comporter un minimum de coudes, de dériva-tions, de changements de section.

• Les formes et les matériaux des conduits

Il existe des conduits rectangulaires, des conduits circulaires et des conduits oblongs. Leurs avantages et inconvénients sont décrits dans l'encadré ci-contre.

Il est préférable de placer, si l'encombrement le permet, des conduits circulaires avec joints aux raccords, car :

- leur étanchéité est meilleure ;
- leur placement est plus rapide et donc moins cher ;
- pour une même section, leurs pertes de charge sont moindres.

ANNEXE 3 : LES COMPOSANTS D'UNE INSTALLATION DE VENTILATION MÉCANIQUE

TYPES DE CONDUITS	AVANTAGES / INCONVÉNIENTS [34]
Les conduits cylindriques	<ul style="list-style-type: none"> • Avantages : <ul style="list-style-type: none"> - ils sont plus légers et plus économiques ; - ils sont faciles et rapides à poser ; - ils se prêtent bien aux changements de direction ; - ils ont une bonne étanchéité. • Inconvénients : <ul style="list-style-type: none"> - les piquages et le placement de bouches sont compliqués ; - leur encombrement en hauteur est important.
Les conduits rectangulaires	<ul style="list-style-type: none"> • Avantages : <ul style="list-style-type: none"> - leur encombrement en hauteur est plus réduit ; - les piquages et le placement de bouches sont faciles à réaliser ; - les coudes peuvent être équipés d'aubes directrices. • Inconvénients : <ul style="list-style-type: none"> - le réseau est plus lourd et plus coûteux ; - pour une même section et pour un même débit, la perte de charge linéaire est plus élevée que les conduits cylindriques ; - la déformation des conduits est plus rapide ; - l'étanchéité du réseau est mauvaise.
Les conduits oblongs	<ul style="list-style-type: none"> • Ils sont faciles à placer et étanches. • Ils prennent moins de place en hauteur que les conduits cylindriques. • Les autres caractéristiques sont comparables à celles des conduits cylindriques.

• La section des conduits

Les pertes de charge diminuent avec le carré de la vitesse de l'air. Pour un même débit, il faut donc choisir les sections de gaines les plus grandes possibles, tout en restant dans les limites admissibles :

- **limite supérieure** : l'encombrement, le poids, le prix des conduits et le volume d'isolant (si les conduits sont isolés) ;
- **limite inférieure** : la vitesse de l'air dans les conduits doit rester en dessous d'une certaine valeur. Dans le cas contraire, il se produit une augmentation du bruit et des pertes de charge ainsi qu'un risque de déséquilibre du circuit.

• L'étanchéité

L'étanchéité des conduits dépend du matériel choisi et de sa mise en oeuvre. Un réseau de distribution d'air composé de conduits rectangulaires est très difficile à rendre parfaitement étanche. Les conduits circulaires avec double joints au niveau des raccords sont préférables.

Si la taille des conduits circulaires est trop importante, on peut utiliser des conduits oblongs présentant les mêmes caractéristiques de mise en oeuvre que les conduits circulaires.

• L'acoustique

- **La production de bruit par écoulement d'air** : un conduit génère du bruit par lui-même, surtout si la vitesse de l'air est élevée. Dans les installations "basse pression", la vitesse de l'air ne peut dépasser 4 à 5 m/s et, dans les installations "haute pression", elle doit être inférieure à 8 à 10 m/s. Il faut également éviter toute turbulence dans la gaine.

- **La transmission des bruits par les conduites** : il faut éviter de faire passer les gaines à travers les locaux à haut niveau sonore, ou de solidariser les gaines avec les murs et les planchers traversés. Des silencieux peuvent être placés au droit de la paroi de séparation de deux locaux ventilés par la même gaine.

- **L'atténuation des bruits par les conduites** : les parois intérieures d'un conduit amortissent mal le son intérieur. L'effet d'absorption peut être renforcé par la mise en place de matériaux fibreux absorbants ; ils augmentent cependant les pertes de charge, retiennent les poussières et favorisent le développement de milieux peu hygiéniques. C'est pourquoi on essaye de limiter le placement de ces matériaux absorbants à la sortie d'un changement de direction (coude).

- **Le placement de silencieux** : ils doivent encadrer la source sonore, tant du côté réseau que du côté prise d'air extérieure. Pour éviter que le bruit du local technique ne pénètre dans la gaine, le silencieux est placé à la sortie du local. Le silencieux est dimensionné de telle sorte que la vitesse de l'air soit limitée à 10 m/s lors du passage entre les baffles acoustiques du silencieux.

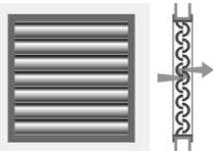
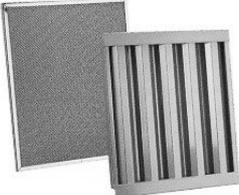
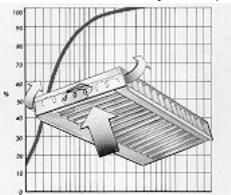
• Les équipements complémentaires

- **Les registres** : ils doivent être disposés dans les endroits où la vitesse de l'air est faible.

- **Les grillages de protection** : ils ont généralement une surface frontale plus grande que leur transparence ne le ferait croire, afin de limiter leurs pertes de charge.

- **Les échangeurs de chaleur** : ils doivent être choisis pour que la vitesse frontale de passage de l'air soit minimale.

LES FILTRES

TYPES DE FILTRES	PARTICULARITÉS [34]
<p>Les filtres à couche poreuse</p>  <p>Filtre à poches - haute efficacité</p>	<ul style="list-style-type: none"> • l'air à épurer traverse une couche poreuse ou fibreuse dans laquelle il abandonne ses poussières. • ils sont classés selon leur efficacité.
<p>Les filtres à surfaces de choc huilées</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ils sont constitués par des empilages de tôles gaufrées. • on donne aux filets d'air un tracé sinusoïdal entre deux surfaces humectées d'huile pour que les effets de force centrifuge contraignent les poussières à se coller contre les parois.
<p>Les filtres à charbon actif</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Le charbon actif est un charbon traité qui a une structure fortement poreuse et donc un pouvoir absorbant élevé. • ils sont utilisés pour la désodorisation de l'air dans les bureaux et les laboratoires ou pour la filtration de l'air pollué. • ils sont peu efficaces pour les vapeurs grasses.
<p>Les filtres pour cuisines :</p> <p>- Les filtres à chocs</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • ils sont composés de profilés en quinconce qui interceptent les particules par effet d'inertie. • ils sont peu sensibles à l'encrassement. • leur entretien est aisé. • leur perte de charge est importante mais constante. • leur coût est élevé. • leur efficacité, évaluée selon la méthode gravimétrique, est du niveau 60 % GRA.
<p>- Les filtres à tricot</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • ce sont des filtres plans composés d'un treillis de fils d'acier. • ils conservent une bonne efficacité sur une large plage de débits. • la rétention des graisses à l'intérieur des filtres est importante. • leur perte de charge varie en fonction de l'encrassement. • leur niveau d'efficacité est de 60 % à 80 % GRA.
<p>- Les filtres à effet cyclonique</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • l'air vicié effectue une spirale ; les particules de graisse et d'eau sont séparées par centrifugation et récupérées par gravité dans un collecteur. • le colmatage est faible. • l'entretien est aisé. • leur perte de charge est importante mais constante. • leur coût est élevé.

Lors du choix des filtres, deux particularités sont à retenir :

- les filtres trop grossiers entraînent la propagation des poussières au travers de l'installation ;
- les filtres trop performants augmentent inutilement les pertes de charge, donc la consommation des ventilateurs.

• La classification

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 utilisées 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.

• 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 y a pollution en aval du 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.

• La taille et le 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.

• La mise en oeuvre de la filtration

L'efficacité de la filtration est fortement conditionnée par l'étanchéité du montage. Le degré de filtration peut baisser de plusieurs classes s'il y a by-pass de l'air autour des filtres ou trop de fuites.

• L'entretien

Le colmatage des filtres entraîne une augmentation des pertes de charge de l'installation. Il faut donc remplacer les filtres lorsque leur perte de charge atteint une valeur maximale définie par le fabricant.

LES CAPTEURS

Gérer la ventilation "à la demande" consiste à doser précisément le débit d'air neuf en fonction des besoins réels de ventilation. Ces derniers sont évalués grâce à des capteurs dont les principaux sont repris ci-après.

• L'horloge

C'est le mode de gestion le plus simple dans les locaux à horaire d'occupation fixe. On peut alors directement commander les groupes de ventilation pour l'ensemble du bâtiment ou pour une zone particulière.

• La sonde COV (Composés Organiques Volatiles)

Elle est généralement choisie pour le réglage du taux d'air neuf dans les locaux avec présence de fumeurs.

- **Fonctionnement** : elle utilise le principe de Taguchi (voir encadré ci-contre).

- **Présentation** : certaines s'installent en paroi, d'autres prennent place dans les conduits aérauliques.

- **Emplacement** : il vaut mieux choisir une sonde à placer en conduit aéraulique et l'installer dans le conduit de reprise d'air. La mesure est alors plus représentative de la qualité d'air moyenne du local et la sonde est moins soumise aux perturbations locales et à l'empoussièremment.

La sonde ne doit pas être installée ni trop loin, ni trop près de la grille de reprise ; si elle est placée dans le local, il faut l'éloigner des portes et fenêtres ainsi qu'éviter les coins.

- **Output** : elle délivre un signal analogique standard de type 0 - 10 V, proportionnel à la présence de composés organiques volatiles.

- **Fiabilité** : Le semi-conducteur perd de sa sensibilité lors de son vieillissement. De plus, il semblerait que les conditions de température et d'humidité ambiante aient une influence sur la réponse.

- **Coût** : le prix moyen est de 220 EUR (au 01/01/2001).

- **Maintenance** : elle semble difficile à paramétrer au départ ; elle nécessite donc un étalonnage fréquent. Une périodicité de 6 mois au plus est conseillée.

• La sonde CO₂

C'est la plus fiable. Elle reflète bien la présence effective de personnes dans un local puisqu'elle est directement proportionnelle à leur respiration. Elle est, par contre, peu sensible aux fumées de tabac.

- **Fonctionnement** : la mesure du CO₂ dans l'air est basée sur le fait que ce gaz absorbe le rayonnement infrarouge dans une plage donnée de longueurs d'onde. L'importance de cette absorption est mesurée, soit par l'intermédiaire d'un microphone pour le procédé acoustique, soit par un détecteur infrarouge pour le procédé photométrique.

La plage de mesure d'une sonde CO₂ est donnée dans l'encadré ci-contre.

- **L'emplacement** : il existe des modèles adaptés à la pose en paroi dans un local, et d'autres prévus pour être placés dans la gaine de reprise. Ces derniers sont préférables pour l'homogénéité de l'air mesuré.

La sonde ne doit pas être installée ni trop loin, ni trop près de la grille de reprise. Lorsqu'elle est placée dans le local, il faut l'éloigner des portes, des fenêtres et des individus,

FONCTIONNEMENT D'UNE SONDE COV SELON LE PRINCIPE DE TAGUCHI [34]

La sonde dispose d'un semi-conducteur (le plus souvent du dioxyde d'étain), mis en température par une résistance chauffante.

La surface du semi-conducteur est recouverte d'une très fine couche d'oxydes métalliques. Il s'y produit une oxydation des gaz et vapeurs, d'autant plus prononcée que le matériau est poreux et présente une surface d'échange importante. Sa résistance électrique varie en fonction de la quantité de molécules de composés organiques en contact.

Le spectre des molécules auquel le semi-conducteur est sensible est très large, ce qui rend la sonde adaptée aux émanations humaines, à la fumée de tabac, etc.

Suite à la variation de la résistance électrique du semi-conducteur, une simple mesure de tension électrique permet de connaître la quantité de gaz et de vapeur en présence.

PLAGE DE MESURE D'UNE SONDE CO₂ [34]

Elle présente généralement une plage de mesure de 0 à 2.000 ppm, utile pour la mesure des concentrations observées dans les bâtiments car :

- la teneur en CO₂ de l'air extérieur est de l'ordre de 400 ppm ;
- les réglementations limitent généralement la teneur maximale dans les bâtiments tertiaires à 1.000 - 1.500 ppm.

Seules les sondes présentes dans l'industrie pour détecter le dépassement des seuils de toxicité dépassent ces plages de mesure.

La concentration maximale à laquelle un être humain peut être exposé pendant 8 heures est fixée, dans de nombreux pays, à 5.000 ppm.

Le temps de réponse d'une sonde CO₂ peut atteindre 5 à 10 minutes et l'erreur de mesure des produits actuels varie entre 10 et 100 ppm.

ANNEXE 3 : LES COMPOSANTS D'UNE INSTALLATION DE VENTILATION MÉCANIQUE

ainsi qu'éviter les coins.

- **Output** : elle est dotée soit d'une sortie analogique de type 0 - 10 V, soit d'une sortie "tout ou rien" provoquant la mise en route d'une hotte de cuisine, par exemple.
- **Coût** : le prix est couramment supérieur à 745 EUR (au 01/01/2001).
- **Maintenance** : elle doit être étalonnée régulièrement. Une périodicité de 12 mois au plus est généralement conseillée.

- Le détecteur de présence par infrarouge

Il est sensible à la chaleur dégagée par les occupants.

Il semble le plus adéquat pour la gestion de multiples petits locaux, comme les bureaux, car son prix est faible et il peut influencer facilement le débit d'une bouche de pulsion. On trouve également des bouches qui intègrent ces détecteurs.

ANNEXE 4

LA NORME NBN D50-001 ET LA RÉGLEMENTATION WALLONNE EN MATIÈRE DE VENTILATION

LA NORME NBN D50-001 “DISPOSITIFS DE VENTILATION DANS LES BÂTIMENTS D’HABITATION”

OBJECTIF DE LA NORME

CHAMP D’APPLICATION

EXIGENCES RELATIVES AUX INSTALLATIONS DE VENTILATION DANS LES LOCAUX D’HABITATION

- Les débits nominaux des locaux
- Les systèmes de ventilation simplifiés
- Les exigences et directives complémentaires
- Les recommandations et exigences de confort

EXIGENCES COMPLÉMENTAIRES

- Les locaux renfermant des appareils à combustion ouverte
- Les débarras

EXIGENCES RELATIVES AUX LOCAUX OU ESPACES SPÉCIAUX

- Les couloirs communs ou cages d’escaliers communes
- Les locaux de stockage des ordures ménagères
- Les cages et cabines d’ascenseurs
- Les garages
- Les chaufferies et locaux de chauffe
- Les caves et greniers
- Les locaux contenant un compteur de gaz
- Les soutes à combustible

ARRÊTÉ DU GOUVERNEMENT WALLON DU 15 FÉVRIER 1996 CONCERNANT L’ISOLATION THERMIQUE ET LA VENTILATION DES BÂTIMENTS

DOMAINE D’APPLICATION

EXIGENCES

- Les immeubles destinés au logement
- Les immeubles de bureaux et les bâtiments scolaires

LA NORME NBN D50-001 “DISPOSITIFS DE VENTILATION DANS LES BÂTIMENTS D’HABITATION” [26] [13]

OBJECTIF DE LA NORME

La norme NBN D50-001 donne des directives permettant de construire des habitations qui pourront être convenablement ventilées. Elle stipule uniquement que les bâtiments ou parties de bâtiment destinés à l’habitation ou à l’hébergement doivent être équipés de tous les dispositifs nécessaires à une ventilation efficace de l’immeuble. Ces dispositifs font, quant à eux, l’objet d’exigences dans la norme.

CHAMP D'APPLICATION

Les exigences et recommandations de la norme NBN D50-001 s'appliquent :

- aux nouvelles habitations ou aux nouveaux immeubles d'habitation ;
- aux parties de constructions neuves destinées au logement ;
- aux parties de bâtiments destinées à l'hébergement (hôpitaux, maisons de repos, hôtels, prisons, etc.) ;
- aux bâtiments existants qui ne sont pas destinés à l'habitation mais qui sont transformés en immeubles d'habitation.

EXIGENCES RELATIVES AUX INSTALLATIONS DE VENTILATION DANS LES LOCAUX D'HABITATION

LES DÉBITS NOMINAUX DES LOCAUX

Le tableau ci-contre donne les débits de ventilation qui doivent pouvoir être réalisés, au minimum, dans les divers locaux ou espaces des habitations ; ils sont appelés *débits nominaux* de ces locaux.

Il ne peut être satisfait aux exigences générales de débits spécifiés par ce tableau, avec un contrôle certain, que si chaque local possède une ou plusieurs ouvertures d'alimentation et une ou plusieurs ouvertures d'évacuation, par lesquelles l'air est amené ou évacué mécaniquement. Ce cas est le plus complet et se rencontre rarement dans la pratique.

La norme donne donc aussi la possibilité de réaliser des systèmes simplifiés mixtes :

- dans lesquels l'air extérieur arrive d'une manière naturelle ou mécanique vers les locaux dits "secs" (séjour, chambre, bureau, etc.) ;
- dans lesquels l'air venant des locaux "secs" est amené dans les locaux "humides" via les couloirs, halls, cages d'escaliers, etc. par les ouvertures de transfert adéquates ;
- dans lesquels l'air vicié s'évacue de manière naturelle ou mécanique au départ des locaux dits "humides" (salle de bain, W.-C., buanderie, cuisine, etc.).

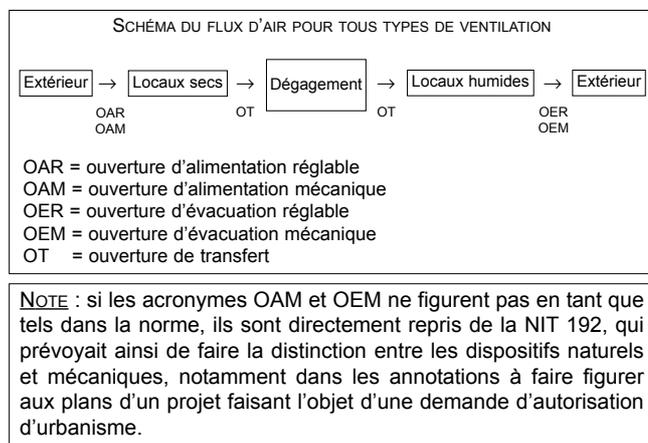
LES SYSTÈMES DE VENTILATION SIMPLIFIÉS

En vertu de la norme, l'amenée et l'évacuation d'air peuvent se faire, tant au moyen d'un dispositif de ventilation naturelle, qu'au moyen d'un dispositif de ventilation mécanique, ou encore par une combinaison des deux. Sur base de ce principe, la norme distingue quatre systèmes (voir tableau ci-contre) :

- Les dispositifs d'alimentation et/ou d'évacuation mécaniques

En présence de tels dispositifs, la réalisation et le contrôle des débits nécessaires par les ouvertures d'alimenta-

	AMENÉE D'AIR NEUF	EVACUATION D'AIR VICIÉ
Règle générale	3,6 m ³ /h par m ² de surface au sol	
AVEC POUR LIMITES PARTICULIÈRES :		
Living	min. 75 m ³ /h, max. 150 m ³ /h	
Chambres, locaux d'études et de jeux	min. 25 m ³ /h max. 36 m ³ /h par pers	
Cuisines fermées, S.D.B, buanderie		min. 50 m ³ /h, max. 75 m ³ /h
Cuisines ouvertes		min. 75 m ³ /h
W.-C.		25 m ³ /h



SYSTÈMES DE VENTILATION SELON LA NORME NBN D50-001 [26]	PROCÉDÉS DE VENTILATION	
	AMENÉE D'AIR	EVACUATION D'AIR
A	naturelle	naturelle
B	mécanique	naturelle
C	naturelle	mécanique
D	mécanique	mécanique

ATTENTION : lorsque la cuisine n'est pas séparée du séjour (cuisine ouverte), le système A n'est autorisé que si la cuisine est équipée d'une hotte avec ventilateur.

ANNEXE 4 : LA NORME NBN D50-001 ET LA RÉGLEMENTATION WALLONNE

REMARQUES CONCERNANT LES DISPOSITIFS D'ALIMENTATION ET D'ÉVACUATION MÉCANIQUES

- Les débits nominaux qui doivent être amenés et évacués mécaniquement doivent pouvoir être réalisés, même pour une vitesse de vent inférieure à 4 m/s et par des différences de températures entre l'extérieur et l'intérieur qui sont inférieures à 25 °C.
- Si l'air est amené mécaniquement vers certains locaux et est aussi aspiré mécaniquement hors d'autres locaux (système D), il est permis qu'une partie de l'air aspiré soit recyclée. L'air qui est recyclé ne peut provenir que des chambres à coucher ou d'étude, des couloirs, des cages d'escaliers et hall d'une même habitation.
- Les ventilateurs de fenêtres ou ceux des hottes qui travaillent par intermittence ne peuvent être qualifiés de système de ventilation mécanique proprement dit et ne sont pas repris en considération lors du calcul d'un système de ventilation.

REMARQUES CONCERNANT LES OUVERTURES D'ALIMENTATION ET D'ÉVACUATION NATURELLES OU LIBRES

- Les ouvertures d'évacuation naturelle des cuisines, salles de bain et éventuellement buanderies ont une section libre d'au moins 140 cm² et celles des W.-C. ont une section d'au moins 70 cm². Cette section libre doit partout être respectée, même à l'endroit de la liaison avec le conduit.
- La plus petite dimension des conduits d'évacuation naturelle est d'au moins 5 cm.
- L'exigence de verticalité des conduits d'évacuation naturelle et celle précisant qu'ils doivent déboucher au-dessus du toit ne sont plus d'application si l'ouverture d'évacuation est raccordée à un extracteur qui, automatiquement, fonctionne lorsque le local est occupé et qui, après utilisation, continue de fonctionner au moins durant une période égale à la plus petite des deux valeurs suivantes : 1800 s ou 3 V/D (V est le volume de l'espace [m³] et D le débit du ventilateur installé [m³/s]).

LOCAL	DEBIT NOMINAL À 2 Pa	EXIGENCE DANS LE CAS D'UNE FENTE SOUS LA (LES) PORTE(S)
Cuisine	14 dm ³ /s soit 50 m ³ /h	une ouverture totale d'au moins 140 cm ²
Autres (séjour, chambre, bureau, WC, s. de bain, buanderie, etc.)	7 dm ³ /s soit 25 m ³ /h	une ouverture d'au moins 70 cm ²

EXIGENCES RELATIVES AUX OUVERTURES DE TRANSFERT SELON LA NORME NBN D50-001 [26]

tion et d'évacuation posent peu de problèmes, du moins si :

- dans le cas du système B, les ouvertures d'évacuation libre sont complètement ouvertes ;
- dans le cas du système C, les ouvertures d'alimentation libre sont complètement ouvertes.

Pour des raisons d'économie, l'occupant peut faire fonctionner les ventilateurs sur différentes positions et intervenir au niveau des dispositifs d'alimentation ou d'évacuation libre (respectivement pour les systèmes C et B).

• Les ouvertures pour l'alimentation et l'évacuation naturelles ou libres

Selon la norme, il convient de choisir les dispositifs d'alimentation et d'évacuation naturelles ou libres de telle sorte que, pour une différence de pression de 2 Pa de part et d'autre de l'ouverture, ils puissent fournir le débit nominal souhaité.

La norme stipule en outre que les ouvertures d'alimentation naturelle ou libre :

- doivent être obturables et réglables ;
- peuvent être limitées au double de la section requise ;
- ne peuvent occasionner des courants d'air ;
- sont de préférence placées à une hauteur d'au moins 1,8 m ;
- ne peuvent accroître le risque d'effraction.

Pour l'évacuation d'air libre ou naturelle, seuls les conduits d'évacuation verticaux conviennent. Dans le cas des toitures plates et légèrement inclinées, ils doivent déboucher du toit d'au moins 0,5 m ; pour les toitures dont la pente est supérieure à 23 °, ils doivent déboucher à proximité du faîte et le dépasser d'au moins un demi-mètre. Pour des informations plus détaillées, on se référera à l'annexe II de la norme NBN D50-001 ou à l'annexe 2 de la présente brochure.

• Les ouvertures de transfert

Les ouvertures de transfert, qui ne se présentent que dans les parois intérieures et dans ou autour de portes intérieures, doivent toujours rester ouvertes et, par conséquent, ne peuvent pas être réglables. Elles doivent satisfaire aux exigences du tableau ci-contre.

En présence d'une hotte puissante dans la cuisine, l'air nécessaire doit y être amené sans provoquer des dépressions trop importantes. Il est préférable, à cet effet, de prévoir également une amenée d'air en façade ou sur un châssis extérieur de la cuisine, qui n'est ouverte que lors de l'utilisation de la hotte et qui sera dimensionnée au prorata du débit de celle-ci.

Si l'ouverture de transfert consiste en une fente au bas d'une porte intérieure, la section nette de l'ouverture de transfert est égale à la hauteur nette de la fente, mesurée du plancher parachevé à la face intérieure de la porte, multipliée par la largeur de l'ouverture de la porte. Pour des planchers qui, ultérieurement, peuvent être revêtus de tapis plain, l'épaisseur de tapis à prendre en considération pour déterminer la hauteur de la fente, est au moins égale à 10 mm.

LES EXIGENCES ET DIRECTIVES GÉNÉRALES COMPLÉMENTAIRES

• Les matériaux

Les matériaux utilisés pour les conduits, les ouvertures d'alimentation et d'évacuation, les filtres, les clapets, les ventilateurs et autres doivent résister aux effets thermiques, mécaniques et chimiques et à l'humidité auxquels ils sont exposés.

• L'étanchéité à l'air, l'isolation thermique et acoustique des éléments de parois pourvus d'alimentation naturelle

Si une ouverture réglable d'alimentation est installée dans une fenêtre ou une porte ou une paroi extérieure, l'étanchéité à l'air, l'isolation acoustique, la valeur U de la fenêtre, de la porte ou de la paroi seront modifiées.

Pour fixer des exigences pour ces trois caractéristiques, il faut donc distinguer les performances de ces fenêtres, portes ou parois munies d'ouvertures d'alimentation parfaitement étanches (aussi bien pour les caractéristiques thermiques, acoustiques, que d'étanchéité à l'air), des performances de ces éléments avec l'ouverture d'alimentation en fonction (c'est-à-dire aussi bien fermée que complètement ouverte).

Dans tous les cas, il faut éviter que l'ouverture d'alimentation installée augmente le risque de condensation superficielle, notamment à cause d'une coupure thermique inexistante ou insuffisante.

• Les exigences relatives à la ventilation intensive

Les locaux d'habitation (séjour, chambre à coucher, d'études ou de jeux) et les cuisines doivent être pourvus de fenêtres ou de portes ouvrables dans les parois extérieures qui, lorsqu'elles sont ouvertes, assurent une ventilation intensive en cas de surchauffe par le soleil, en cas de forte occupation ou en cas de production temporaire élevée d'odeurs ou de vapeurs.

Ce type de ventilation est assuré par l'ouverture des portes et/ou fenêtres dont la superficie doit au moins équivaloir à :

- 6,4 % de la superficie au sol des pièces présentant des ouvertures dans une seule façade ;
- 3,2 % de la superficie au sol des pièces présentant des portes et des fenêtres ouvrantes dans plusieurs façades ; chaque façade comporte au moins 40 % de la superficie totale requise pour la ventilation intensive.

Pour la ventilation des cuisines, en l'absence de fenêtres ou de portes extérieures, un débit de ventilation intensive de 200 m³/h minimum est requis ; dans ce dernier cas et pour autant qu'elle soit capable de fournir ce débit, la hotte peut assurer la ventilation intensive.

• Les recommandations et exigences de confort

L'emplacement et la régulation de toutes les ouvertures d'alimentation par lesquelles pénètre l'air frais dans les locaux doivent être convenablement choisis en vue d'éviter des vitesses supérieures à 0,2 m/s dans la zone d'occupation (définie ci-contre) de chacun des locaux.

Pour atteindre cet objectif, il est conseillé de placer les ouvertures d'alimentation de telle sorte que l'air frais entrant dans le local soit mélangé le plus rapidement

La zone d'occupation d'un local est le volume d'air compris entre les surfaces suivantes :

- le plancher ;
- une surface horizontale à 2 m du plancher ;
- des surfaces parallèles aux parois verticales ou obliques du local à 0,75 m des parois extérieures et intérieures.

possible avec l'air chaud ascendant des corps de chauffe, sans augmenter le risque de gel de ceux-ci.

Les systèmes de ventilation mécanique C et D sont calculés et réalisés de manière à éviter, en toutes circonstances, un reflux d'air dans les conduites d'évacuation.

La conception et la réalisation du système de ventilation doivent être telles que, dans des circonstances d'utilisation normale et lorsque les portes intérieures sont fermées, il ne se répande pas d'odeurs ou de surplus de vapeur d'eau provenant de la cuisine, de la salle de bain, du W.-C. et de la buanderie, vers les autres locaux.

Les systèmes de ventilation mécanique doivent être conçus, calculés et réalisés de manière à satisfaire les exigences acoustiques de chaque local.

Le bon fonctionnement des systèmes de ventilation mécanique suppose, outre un calcul et une mise en oeuvre correctes, une étanchéité à l'air suffisante des bâtiments.

Les ouvertures d'alimentation et d'évacuation d'air des locaux sont positionnées de manière à assurer un balayage convenable du local.

Les ouvertures d'alimentation et d'évacuation peuvent être équipées d'un système de réglage automatique en fonction de la qualité de l'air, des pressions du vent, de la concentration de CO₂ ou celle de vapeur d'eau.

EXIGENCES COMPLÉMENTAIRES

LES LOCAUX RENFERMANT DES APPAREILS À COMBUSTION OUVERTE

Dans les locaux ou espaces d'habitation où sont installés des appareils à combustion non étanches, alimentés en combustibles gazeux, liquides ou solides, la ventilation des locaux ne peut pas perturber le bon fonctionnement des appareils, ni l'évacuation normale des produits de combustion. L'alimentation en air de ces locaux peut être naturelle ou mécanique.

Pour des informations plus détaillées, on se référera à la norme NBN D50-001 ou à la page 49 de la présente brochure.

LES DÉBARRAS

Un débarras ou placard, qui présente une superficie au sol de 1,5 m² minimum, un volume d'au moins 3 m³ et dont une partie au moins à une hauteur supérieure à 2 m, doit être relié à une pièce ou à un couloir ventilé au moyen de deux ouvertures de transfert non obturables, une dans la partie supérieure et l'autre dans la partie inférieure. Ces deux ouvertures doivent avoir, chacune, une section libre d'au moins 150 cm².

L'ouverture dans la partie inférieure doit être prévue au maximum à 0,2 m au-dessus du sol, tandis que l'ouverture dans la partie supérieure doit se situer au moins à 1,8 m du sol.

Si le débarras est relié à l'extérieur par un conduit d'évacuation, l'ouverture dans la partie inférieure est suffisante.

**EXIGENCES RELATIVES AUX LOCAUX
OU ESPACES SPÉCIAUX**

**LES COULOIRS COMMUNS OU CAGES
D'ESCALIERS COMMUNES**

Le débit de base pour les couloirs, les cages d'escaliers, les halls et les autres espaces de passage est de 3,6 m³/h par m² de surface au sol. Lorsque ces locaux sont communs à plusieurs habitations, les exigences suivantes doivent en outre être respectées :

- Lorsque plusieurs habitations sont accessibles par un corridor commun ou une cage d'escalier commune, il faut que les portes d'entrée des habitations aient un débit de fuite inférieur à 50 m³/h pour une différence de pression de 50 Pa et ce, dans les deux directions.
- Les couloirs et cages d'escaliers communs (et chaque partie obturable de ceux-ci) doivent avoir au moins une ouverture d'amenée et une ouverture d'évacuation, placées de façon à assurer une ventilation suffisante de tout l'espace.
- Durant la plus grande partie de l'année, les couloirs et cages d'escaliers communs doivent être en légère surpression par rapport aux habitations attenantes. Pour obtenir cette surpression, ils ne peuvent donc pas être équipés d'un système d'extraction mécanique.
- Les couloirs et les cages d'escaliers communs sont ventilés (la lettre c désigne les couloirs communs) :
 - soit complètement naturellement (système Ac) ;
 - soit au moyen d'un système d'insufflation mécanique (système Bc) ;
 - soit au moyen d'un système d'insufflation et d'extraction mécaniques (système Dc).
- Pour les systèmes mécaniques Bc et Dc, il faut amener en permanence un débit d'air extérieur d'au moins 0,5V [m³/h] où V représente le volume d'air de l'espace [m³].
- Pour le système naturel Ac :
 - les ouvertures d'alimentation et d'évacuation doivent être réglables.
En position complètement ouverte et pour une différence de pression de 2 Pa de part et d'autre de ces ouvertures, il faut un débit d'au moins 0,5 V [m³/h] où V est le volume d'air du corridor ou de la cage d'escalier [m³].
En position fermée, ces ouvertures peuvent avoir un débit de fuite maximum de 0,5 V [m³/h] pour une différence de pression de 50 Pa.
 - les ouvertures d'alimentation doivent se placer dans la partie inférieure d'une paroi extérieure du couloir ou de la cage d'escalier à ventiler. Elles peuvent éventuellement aussi être raccordées à un conduit d'air horizontal qui débouche dans une paroi extérieure. La section libre de ce conduit, ainsi que de toutes les pièces de raccord entre l'environnement extérieur et l'ouverture d'alimentation, est au moins égale à 0,5 V / 3600 [m²] où V est le volume d'air de l'espace à ventiler [m³].

Les deux premières remarques concernant la ventilation des garages se fondent implicitement sur l'hypothèse que le garage est ventilé naturellement, mais une ventilation mécanique peut également être installée.

- Les ouvertures d'évacuation libre (systèmes Ac et Bc) sont placées dans une paroi extérieure et dans la partie supérieure du couloir ou de la cage d'escalier à ventiler. La section libre du conduit, ainsi que de toutes les pièces de raccord entre l'environnement extérieur et l'ouverture d'évacuation est au moins égale à $0,5 V / 3600$ [m²] où V est le volume d'air de l'espace à ventiler [m³].

LES LOCAUX DE STOCKAGE DES ORDURES MÉNAGÈRES

Ces locaux doivent normalement être maintenus en dépression par rapport aux conduits de chute et à tous les autres locaux contigus, ce qui peut être assuré par un ventilateur d'extraction. Les locaux de stockage et les conduits de chute, ainsi que l'éventuel système d'extraction, doivent être conçus et réalisés sur la base d'une étude spécifique.

LES CAGES ET CABINES D'ASCENSEURS

Pour la ventilation des gaines et cabines d'ascenseurs, il y a lieu de se référer aux exigences des normes NBN E52-014 "Ascenseurs électriques" et NBN E52-018 "Ascenseurs hydrauliques".

LES GARAGES

- Les garages doivent être pourvus de bouches d'aération en contact avec l'air extérieur et situées dans la partie inférieure de sa ou de ses paroi(s) verticale(s). La partie supérieure de ces ouvertures se situe au maximum 40 cm au-dessus du niveau du plancher du garage.
- *Pour les garages d'une superficie inférieure ou égale à 40 m², l'aire libre totale de ces ouvertures doit équivaloir à au moins 0,2 % de la surface au sol. Si le garage a plus d'une paroi verticale en contact avec l'air extérieur, les bouches d'aération doivent être réparties sur les parois extérieures (de préférence sur deux parois opposées).*
- *Pour les garages d'une superficie supérieure à 40 m², l'extraction mécanique permanente est requise et doit être conçue et réalisée sur la base d'une étude spécifique.*
- *Les portes intérieures entre le garage et les autres pièces d'habitation doivent présenter une étanchéité à l'air suffisante. Dans le cas des garages collectifs, le débit de fuite de ces portes ne peut dépasser 50 m³/h pour une différence de pression de 50 Pa.*

LES CHAUFFERIES ET LOCAUX DE CHAUFFE

Dans tous les cas, il y a lieu de prévoir une ouverture d'alimentation et une ouverture d'évacuation non obturables. Dans les espaces renfermant des appareils à combustion ouverte, la ventilation et les sections de ventilation minimales doivent satisfaire :

- soit aux exigences des normes NBN B61-001, D51-003 et S21-207 ;
- soit, à défaut de telles exigences, aux valeurs obtenues par un calcul spécifique.

LES CAVES ET GRENIERS

La ventilation peut se faire par :

- Ventilation naturelle, au moyen de :
 - petites fenêtres dont la section libre en position ouverte est d'au moins 140 cm² ;
 - grilles de ventilation : la somme des débits de toutes les grilles doit au moins être égale à 50 m³/h pour une différence de pression de 2 Pa. Si ces grilles sont reliées à l'environnement extérieur par des conduits, la section libre de ces conduits doit au moins être égale à 140 cm².
- Extraction mécanique : le débit d'extraction doit être d'au moins 25 m³/h. L'air est amené par des ouvertures d'alimentation placées directement dans les parois extérieures ou reliées à l'environnement extérieur par des conduits. Ces dispositifs doivent satisfaire aux exigences suivantes :
 - pour les grilles : débit de 25 m³/h pour une différence de pression de 2 Pa de part et d'autre de la grille ;
 - pour le conduit : section libre minimale de 70 cm².
- Alimentation et évacuation mécaniques : tant l'évacuation que l'alimentation doivent permettre un débit minimum de 25 m³/h.
- Cas particuliers :
 - si les caves et/ou les greniers sont très perméables à l'air extérieur, il n'y a aucune exigence de ventilation ;
 - s'il existe un risque d'émission de radon dans la cave, une étude spécifique doit être entreprise et on peut éventuellement recourir à une amenée mécanique de l'air : le sujet du radon est abordé plus en détail dans le corps principal de la brochure (page 65)

LES LOCAUX CONTENANT UN COMPTEUR DE GAZ

Ces locaux doivent être ventilés conformément aux exigences de la norme NBN D51-003.

LES SOUTES À COMBUSTIBLE

Elles doivent être ventilées ; cependant la norme ne fournit pas de directive particulière à ce cas spécifique.

**ARRÊTÉ DU GOUVERNEMENT WALLON DU 15 FÉVRIER 1996 CONCERNANT
L'ISOLATION THERMIQUE ET LA VENTILATION DES BÂTIMENTS**

DOMAINE D'APPLICATION

Les dispositions de l'Arrêté s'appliquent aux actes et travaux de construction, de reconstruction ou de transformation d'immeubles destinés au logement, d'immeubles de bureaux ou de bâtiments scolaires ou de bâtiments qui, à la suite d'une modification de leur utilisation, sont affectés à l'une ou l'autre de ces destinations.

Au sens des dispositions, on entend par :

- **Immeuble destiné au logement** : un immeuble ou partie d'immeuble destiné à l'habitation ou à l'hébergement des personnes, à l'exception des installations mobiles.
- **Immeuble de bureaux** : un immeuble affecté :
 - soit aux travaux de gestion ou d'administration d'une entreprise, d'un service public, d'un indépendant ou d'un commerçant ;
 - soit à l'activité d'une profession libérale ;
 - soit aux activités des entreprises de services.

En cas d'usage mixte, lorsque la partie de l'immeuble réservée au logement excède 30 % de la totalité de la surface, les exigences relatives aux immeubles destinés au logement sont seules applicables.

- **Bâtiment scolaire** : un bâtiment qui est destiné aux activités d'un établissement d'enseignement ou d'un centre psycho-médico-social et qui, pour l'exercice de ces activités, est chauffé à une température d'au moins 15 °C.

EXIGENCES

LES IMMEUBLES DESTINÉS AU LOGEMENT

- Les immeubles destinés au logement et les immeubles transformés en logement respectent les prescriptions relatives au renouvellement d'air que fixe la norme NBN D50-001.
- Les immeubles destinés au logement, qui font l'objet d'une transformation ne modifiant pas leur destination, respectent les prescriptions relatives aux entrées d'air que fixe la norme NBN D50-001, lors du remplacement des châssis de fenêtres et portes extérieures, ainsi que lors de la transformation ou de la reconstruction de locaux.
- La norme NBN D50-001 applicable est celle en vigueur 6 mois avant l'introduction de la demande de permis.

**LES IMMEUBLES DE BUREAUX ET
LES BÂTIMENTS SCOLAIRES**

- Ils respectent, lors de leur construction, les prescriptions de renouvellement d'air fixées par le tableau ci-contre. Lorsque la hauteur entre le niveau le plus élevé (occupé par des bureaux ou des classes) et l'entrée principale est inférieure à 13 m, l'alimentation naturelle est autorisée,

	DÉBITS À RÉALISER
EVACUATION MÉCANIQUE D'AIR VICIÉ	
Sanitaires	30 m ³ /h par appareil sanitaire (si fonctionnement continu) 60 m ³ /h par appareil sanitaire (si fonctionnement intermittent)
AMENÉE D'AIR NEUF	
Bureau individuel	2,9 m ³ /h par m ² de surface au sol
Bureau commun	2,5 m ³ /h par m ² de surface au sol
Salle de réunion	8,6 m ³ /h par m ² de surface au sol
Auditoire, salle de conférence	23 m ³ /h par m ² de surface au sol
Restaurant, cafétéria	11,5 m ³ /h par m ² de surface au sol
Classe	8,6 m ³ /h par m ² de surface au sol
Jardin d'enfants	10,1 m ³ /h par m ² de surface au sol

pour autant que les ouvertures répondent aux spécifications suivantes :

- les exigences de débit d'air sont réalisées pour une différence de pression de 2 Pa à travers ces ouvertures ;
- les ouvertures de ventilation ne présentent aucun risque d'effraction ;
- les ouvertures de ventilation peuvent être contrôlées de manière continue ou avoir au moins trois positions intermédiaires entre la fermeture complète et l'ouverture totale.

Lorsque la hauteur précitée est supérieure à 13 m, la ventilation naturelle peut être réalisée, pour autant que le bon fonctionnement soit démontré par une étude spécifique.

- Les immeubles faisant l'objet d'une transformation et devenant immeubles de bureaux ou bâtiments scolaires, par changement d'affectation, doivent respecter les prescriptions de l'Arrêté.
- Pour les immeubles de bureaux et les bâtiments scolaires faisant l'objet d'une rénovation, sans changement d'affectation, les locaux pour lesquels les châssis de fenêtres sont remplacés doivent respecter les prescriptions, ou être équipés de dispositifs de ventilation naturelle permettant de réaliser les débits d'air spécifiés, pour des différences de pression de 2 Pa.

ANNEXE 5

LES VENTS [19]

INTRODUCTION

TABLEAUX DES FRÉQUENCES ET DES VITESSES MOYENNES DU VENT

INTRODUCTION

Le vent est un élément climatique important dans la détermination des besoins en énergie d'un bâtiment. Il influence le taux d'infiltration d'air, ainsi que les échanges de chaleur par convection à la surface de l'enveloppe des bâtiments peu isolés.

Il est donc important de connaître, d'une part, la fréquence et la vitesse moyenne du vent dans toutes les directions et, d'autre part, pour toutes directions confondues, la fréquence des différentes plages d'intensité du vent.

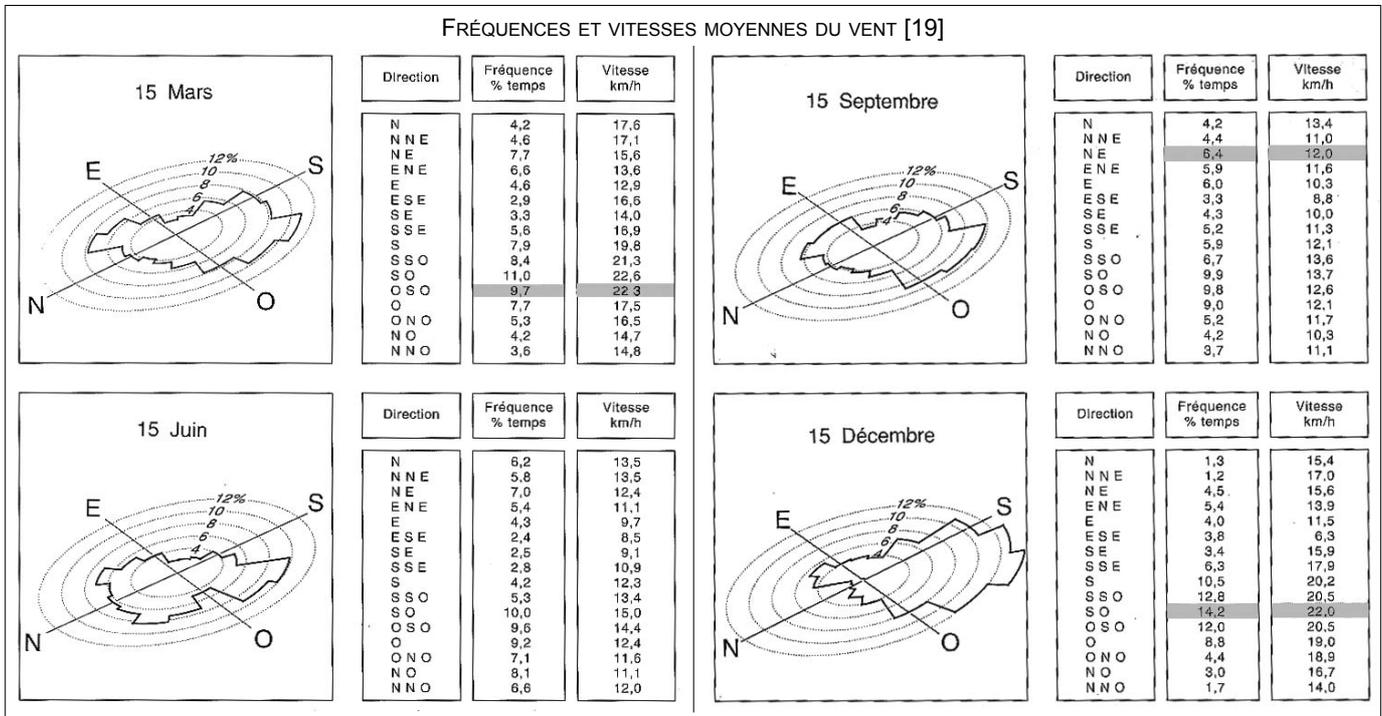
En Belgique, les vents dominants soufflent du sud-ouest mais, aux changements de saisons, la fréquence du vent du nord-est est tout aussi importante.

- Les vents nord-est sont polaires, donc froids et secs.
- Les vents sud-ouest sont chauds, secs lorsqu'ils proviennent du sud tandis qu'ils amènent la pluie lorsqu'ils viennent de l'ouest.

A l'exception de la région côtière, pendant plus de 60 % du temps, la vitesse du vent est inférieure à 20 km/h. Le long de la mer, la vitesse du vent est de 70 % plus élevée que celle relevée dans le reste du pays.

TABLEAUX DES FRÉQUENCES ET DES VITESSES MOYENNES DU VENT

Les graphes et les tableaux ci-dessous donnent, pour chaque direction du vent, la fréquence en pourcentage du temps et la vitesse moyenne, le 15 des mois de mars, juin, septembre et décembre, à Uccle.



Par exemple, la fréquence et la vitesse moyenne du vent reprises dans ce tableau sont de :

- 9,7 % et 22,3 km/h pour la direction OSO le 15 mars ;
- 6,4 % et 12 km/h pour la direction NE le 15 septembre ;
- 14,2 % et 22 km/h pour la direction SO le 15 décembre.

Afin de tenir compte de l'intensité du vent à considérer dans les calculs de déperditions thermiques des bâtiments, le tableau ci-dessous donne les fréquences du vent correspondant aux plages de vitesse de 10 en 10 km/h, toutes directions confondues, à Uccle [19] :

Vitesse km/h	Fréquence en % du temps											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0 - 9	27,7	30,7	30,5	31,3	40,8	45,0	49,9	46,4	50,3	43,8	36,8	29,7
10 - 19	33,3	34,1	36,0	38,1	41,1	41	37,9	38,4	37,6	35,2	34,7	32,5
20 - 29	24,0	20,9	20,1	21,8	14,9	11,5	10,2	12,2	10,2	11,5	18,6	22,8
30 - 39	10,0	9,5	0,9	6,7	2,8	2,1	1,7	2,5	1,4	4,1	6,7	10,2
40 - 49	3,6	3,4	3,3	1,8	0,4	0,4	0,2	0,4	0,3	1,2	2,6	3,6
> 50	1,3	1,3	1,1	0,2	0	0	0	0	0	0,2	0,4	1,2