

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.

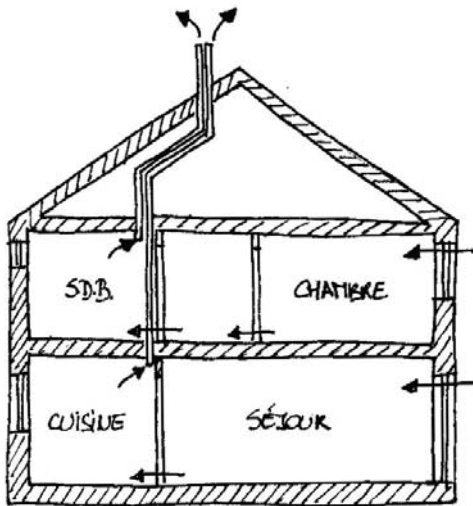
Par ces méthodes, diverses estimations sont possibles, comme par exemple :

- 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 :

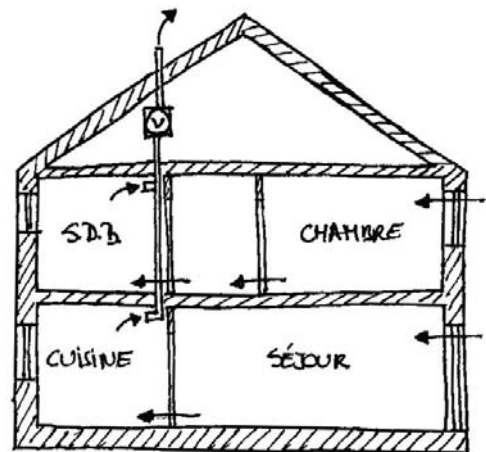
SYSTÈMES DE VENTILATION SELON LA NORME NBN D50-001 [26]	PROCÉDÉS DE VENTILATION	
	AMENÉE D'AIR	EVACUATION D'AIR
A	naturelle	naturelle
B	mécanique	naturelle
C	naturelle	mécanique
D	mécanique	mécanique

TYPES D'INSTALLATIONS DE VENTILATION



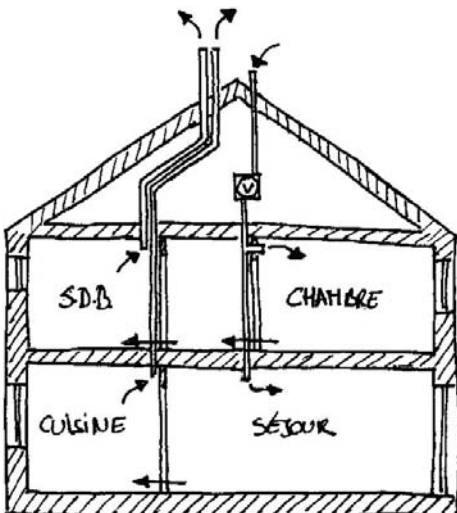
SYSTÈME A

PAGE 21



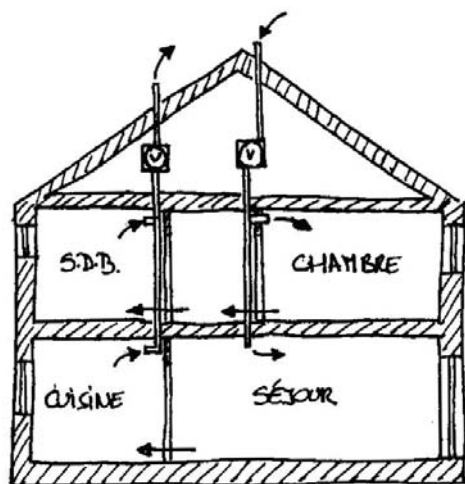
SYSTÈME C

PAGE 23



SYSTÈME B

PAGE 22



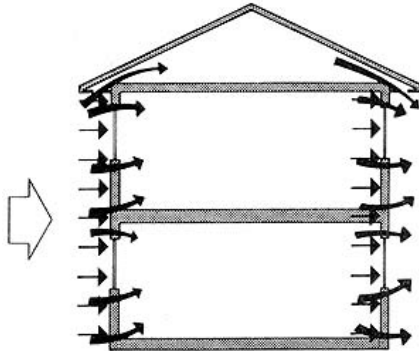
SYSTÈME D

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.

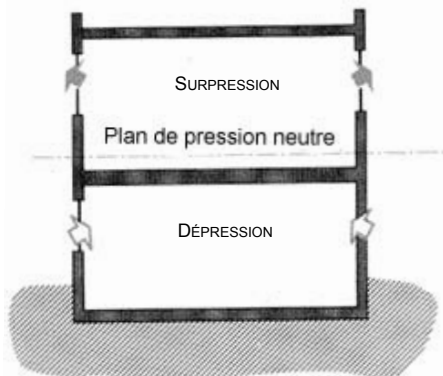
Le débit d'écoulement, ou taux de renouvellement d'air, ne dépend pas seulement des dimensions et du trajet de fuite, mais aussi de l'ampleur et de la direction de la pression exercée.

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.

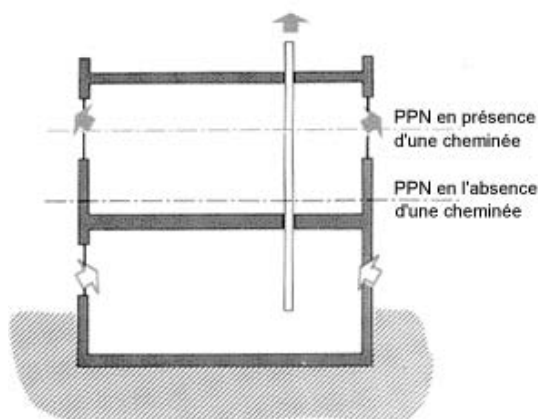
Au-dessous du PPN, l'écart de pression fait pénétrer l'air dans le bâtiment (dépression) ; au-dessus, il l'expulse au dehors (surpression).



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.

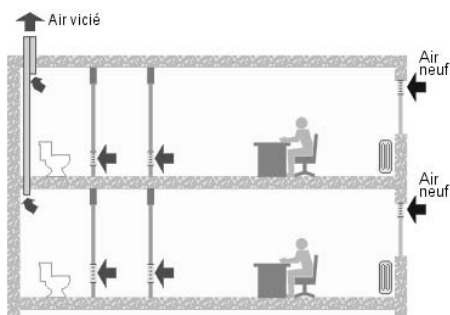


EFFET DE LA CHEMINÉE SUR LE PLAN DE PRESSION NEUTRE

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.

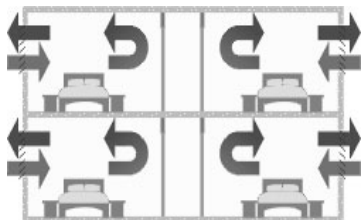
LES INCONVÉNIENTS DE LA VENTILATION NATURELLE

- 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.

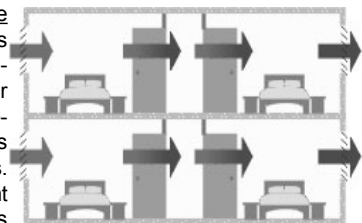
MODES DE VENTILATION INTENSIVE

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

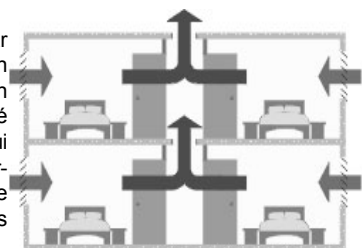
- la ventilation unilatérale par l'ouverture de fenêtres sur une seule façade : l'air extérieur plus froid rentre par le bas de l'ouverture et l'air intérieur plus chaud sort par le haut ;



- 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] :

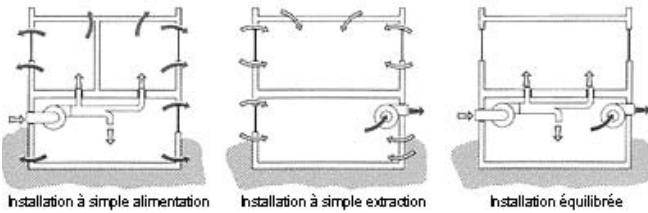
- la fumée et les flammes ne puissent se propager dans tout le bâtiment ;
- les éléments de construction traversés par ces gaines conservent leur résistance au feu.

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



Installation à simple alimentation

Installation à simple extraction

Installation équilibrée

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.

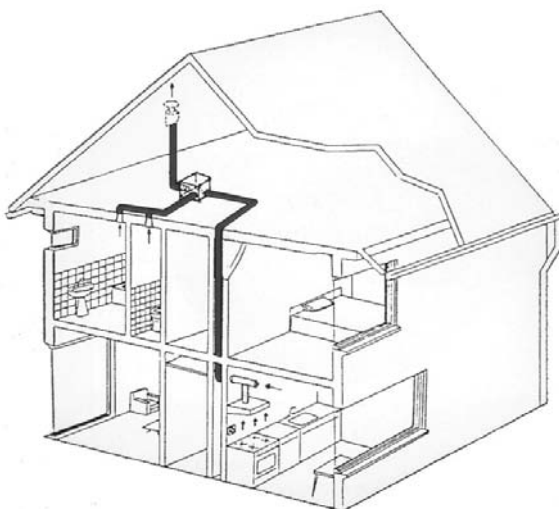
- Applications
- dans les maisons d'habitation.

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

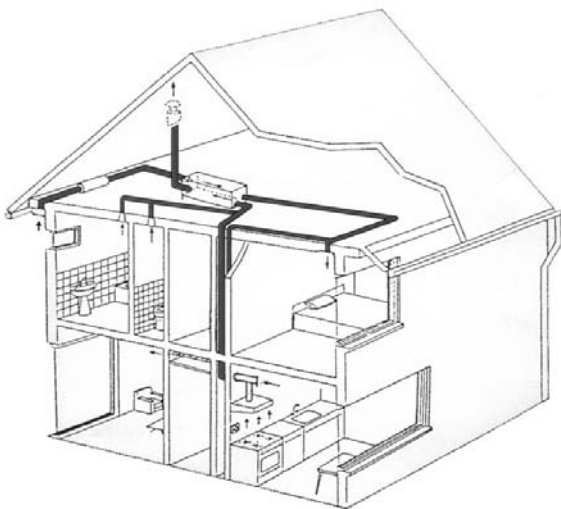
COMMENT VENTILER ? : LES MOYENS DE VENTILATION

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.

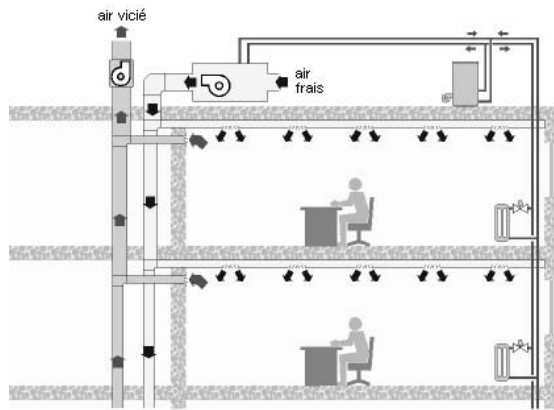
Les bouches d'amenée d'air sont de type mural ou de type plafonnier s'il existe des faux-plafonds dans le local.

Plusieurs compléments à ce type d'installation sont possibles :

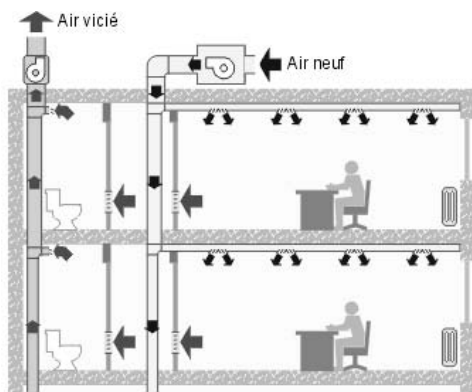
- une récupération de chaleur par échange entre l'air extrait et l'air neuf ;
- un traitement de l'air en température et en humidité pour assurer un confort optimal ;
- un recyclage partiel de l'air, dans le cas où l'air de ventilation assure également le chauffage ou le refroidissement des locaux.

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.

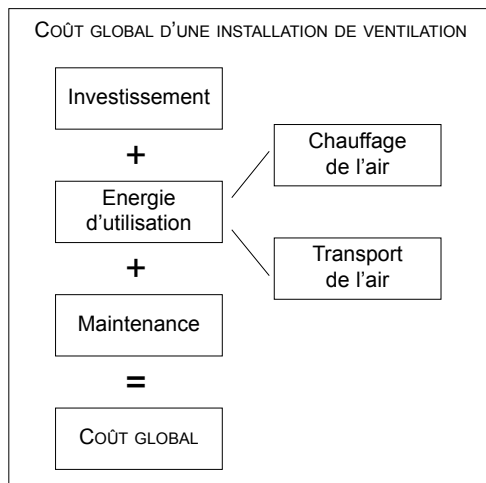
COMMENT VENTILER ? : LES MOYENS DE VENTILATION

TABLEAU RÉCAPITULATIF DES DIFFÉRENTS TYPES D'INSTALLATION DE VENTILATION

CRITERES	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

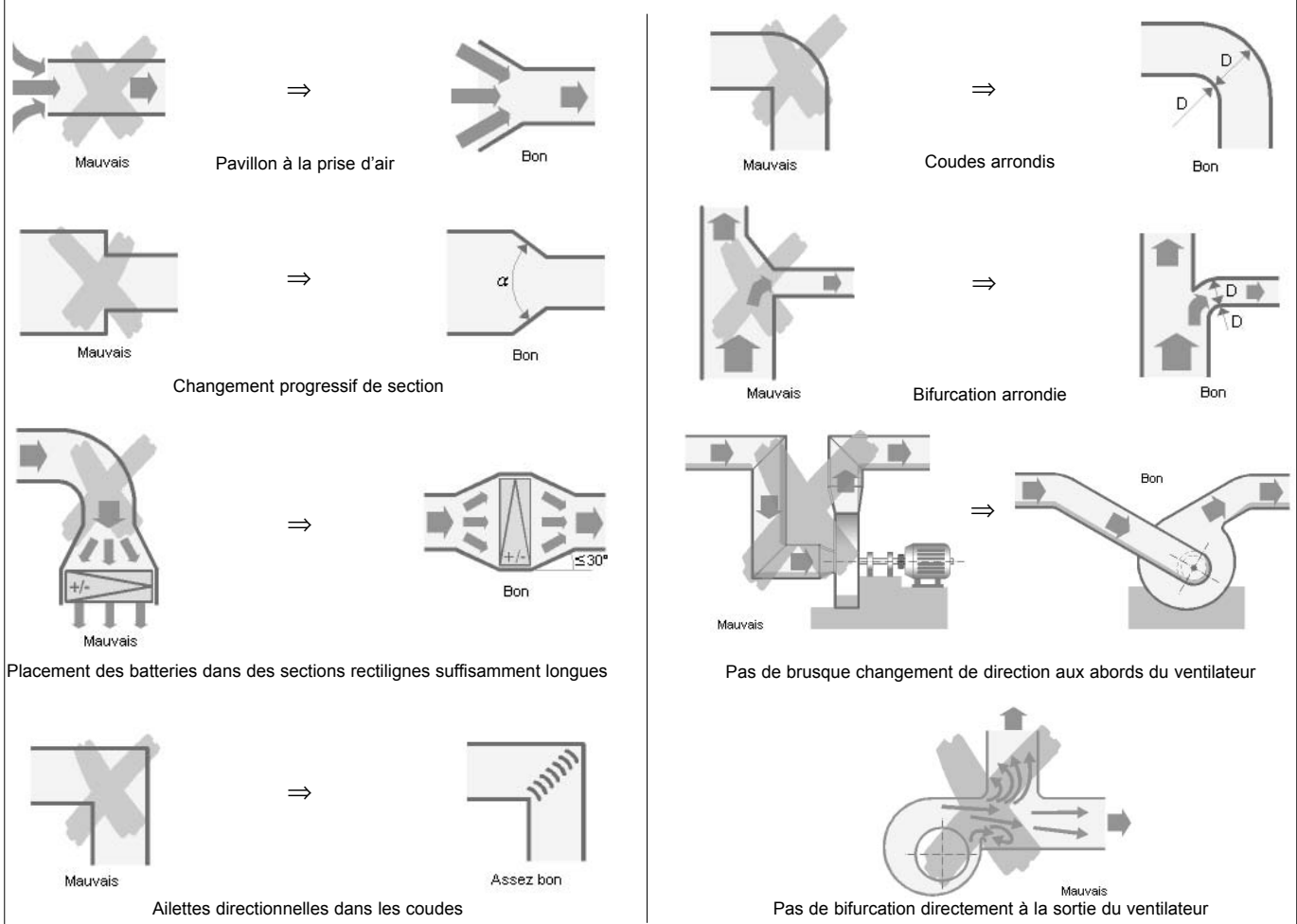
COMMENT VENTILER ? : LES MOYENS DE VENTILATION

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, hygro-régulables, 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 :

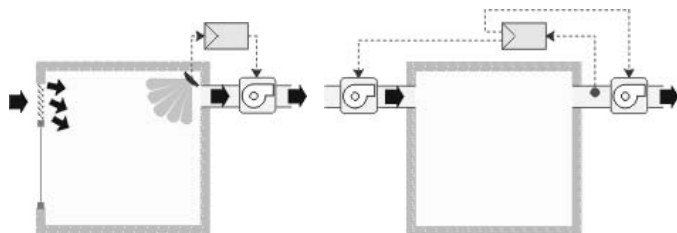
- sur le chauffage de l'air neuf grâce à la diminution de la quantité d'air introduite dans le bâtiment ;
- en fonction du mode de réglage choisi, sur la consommation électrique du ventilateur de pulsion et/ou d'extraction lorsque la ventilation est mécanique.

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.

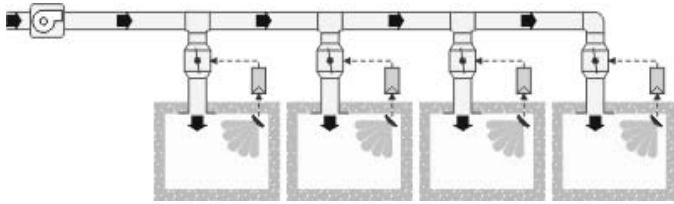
- Pour une installation de ventilation unizone, c'est-à-dire lorsqu'un groupe de ventilation mécanique (simple ou double flux) dessert soit un local, soit une série de locaux de mode d'occupation tout à fait homogène, la gestion se fait directement sur le débit du ventilateur. Dans ce cas, un détecteur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



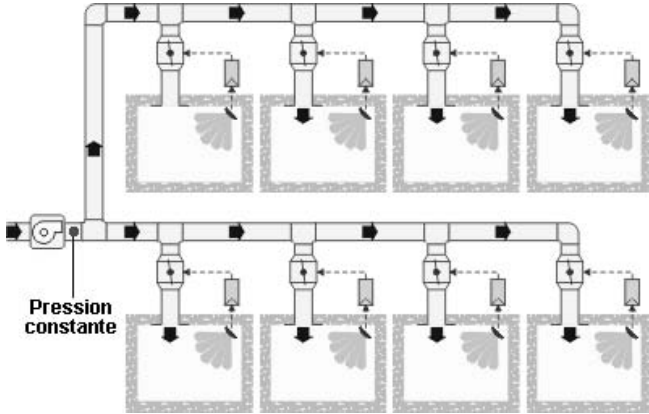
GESTION D'UN SYSTÈME UNIZONE
SIMPLE FLUX

GESTION D'UN SYSTÈME UNIZONE
DOUBLE FLUX

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.

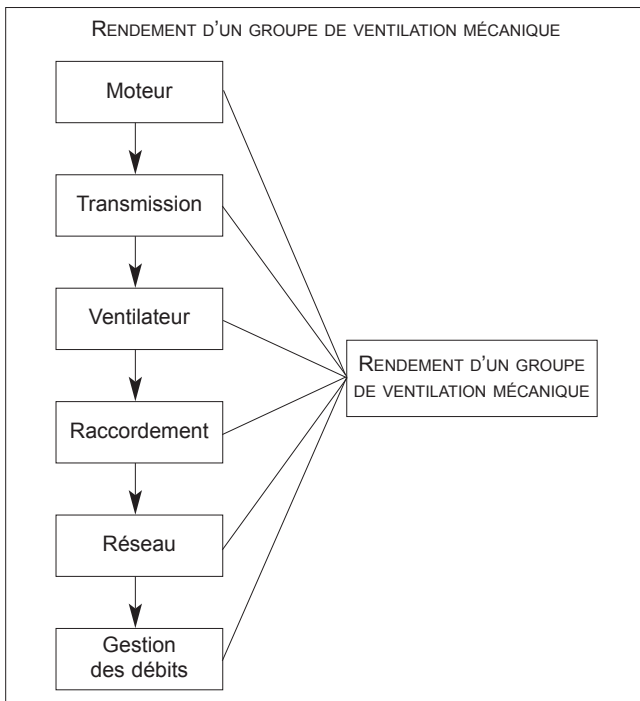
Or une installation de ventilation efficace est essentielle pour assurer une bonne qualité de l'air intérieur et pour minimiser la consommation d'énergie.

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.