

# MINERGIE

Mehr Lebensqualität, tiefer Energieverbrauch  
Meilleure qualité de vie, faible consommation d'énergie



## L'aération dans les bâtiments MINERGIE

Rudolf Fraefel, Heinrich Huber, Miro Trawnika

Guide de conception

**MINERGIE**



**MINERGIE agence bâtiment**  
Optingenstrasse 54  
3013 Bern  
Téléphone 031 340 35 30  
Fax 031 340 35 36  
minergie@buergi-aaflaub.ch  
www.minergie.ch

**Association Suisse des entreprises  
de chauffage et ventilation**  
Olgastrasse 6  
8024 Zürich  
Téléphone 01 250 52 32  
Fax 01 250 52 32  
info@climasuisse.ch  
www.climasuisse.ch

**MINERGIE Téléphone 0800 678 880**

## Impressum

**Editeur:** Association MINERGIE et CLIMA SUISSE

**Traduction:** Haute école valaisanne: Groupe de compétences Energie, Service cantonal de l'énergie Valais

**Financement:** Office fédéral de l'énergie, Département des travaux publics, des transports et de l'énergie du canton de Berne; Service cantonal de l'énergie Valais

**Distribution:** CLIMA SUISSE, Zürich et auprès des services cantonaux de l'énergie

**Création:** atelier uh!

**Impression:** Schaer Thun AG

© by Association MINERGIE, Novembre 2000

# Contenu

---

<b>0.</b>	<b>Le sujet de ce guide</b>	<b>2</b>
0.1	De l'air frais dans la maison MINERGIE	
0.2	A qui s'adresse ce guide de conception?	
0.3	Référence axée sur la pratique	
<b>1.</b>	<b>Les quatre méthodes pour aérer une maison</b>	<b>3</b>
1.1	L'aération par les inétanchéités	
1.2	L'aération permanente	
1.3	L'aération intermittente	
1.4	L'aération douce et automatique	
<b>2.</b>	<b>Bases de planification</b>	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>Définitions et délimitations</b>	<b>6</b>
3.1	L'aération contrôlée dans les habitations	
3.2	L'aération douce et automatique	
3.3	La récupération de chaleur et l'utilisation des rejets thermiques	
<b>4.</b>	<b>De l'air frais pour les habitants</b>	<b>7</b>
4.1	L'amenée d'air et la diffusion dans l'appartement	
4.2	Le mouvement de l'air dans les locaux	
4.3	Le taux de renouvellement d'air	
4.4	La pulsion d'air	
4.5	L'extraction d'air	
4.6	Les modes d'exploitation	
<b>5.</b>	<b>Le réseau de gaines interne</b>	<b>13</b>
5.1	Appareil individuel ou installation centrale?	
5.2	Le choix du matériel	
5.3	Tracé des conduits dans la maison	
5.4	Tracé des conduits dans l'appartement	
5.5	Entrées et sorties d'air	
5.6	Protection contre le bruit	
5.7	Dispositifs de réglage	
5.8	La protection contre l'incendie	
<b>6.</b>	<b>L'appareil compact</b>	<b>18</b>
6.1	L'échangeur de chaleur	
6.2	Les ventilateurs	
6.3	Grandeurs techniques caractéristiques	
6.4	Les filtres	
6.5	La protection contre le gel	
<b>7.</b>	<b>Le réseau de gaines externe</b>	<b>21</b>
7.1	Prise d'air neuf directe	
7.2	Le registre de terre ou puits canadien	
7.3	Sortie d'air évacué	
<b>8.</b>	<b>Cas particuliers</b>	<b>24</b>
8.1	Utilisation des rejets thermiques	
8.2	Appareils individuels par pièce	
8.3	Le chauffage à air	
<b>9.</b>	<b>Les concepts les plus efficaces</b>	<b>27</b>
9.1	Installations centrales	
9.2	Installations individuelles	

Littérature

# 0. Le sujet de ce guide

## 0.1. De l'air frais dans la maison MINERGIE

Le standard MINERGIE poursuit les 5 objectifs clairs et cohérents résumés ci-contre. Pour atteindre ces objectifs, une série de mesures adéquates est disponible. Une des plus importantes est l'aération douce et automatique. Elle apporte constamment de l'air frais et sain dans chaque pièce et en retire l'excès d'humidité, les odeurs ainsi que les polluants. L'aération douce et automatique garantit ainsi la qualité de l'air ambiant et un confort apprécié par les occupants. Elle permet en outre une récupération efficace de la chaleur, et même compte tenu des prix énergétiques actuels, elle s'approche du seuil de rentabilité.

Par conséquent, les dispositions réglementaires pour atteindre le standard MINERGIE exigent impérativement une amenée d'air frais contrôlée (cf. voir encadré). Atteindre les objectifs MINERGIE, oui, mais avec quels moyens? Le but principal du présent document est de répondre à cette question.

## 0.2. A qui s'adresse ce guide de conception?

Le présent manuel s'adresse principalement aux spécialistes: le planificateur ou projeteur, l'installateur, l'architecte. Par contre, ce guide n'est pas destiné à se substituer à une formation spécialisée, bien au contraire!

Intentionnellement, les théories ainsi que les bases de la construction et des installations techniques du bâtiment ne seront pas développées dans le cadre de ce document. Par ailleurs, les bases physiques, techniques, physiologiques et économiques ne seront traitées uniquement dans la mesure où elles peuvent permettre de mieux cerner le nouveau concept d'aération et de régler les problèmes de la qualité de l'air dans les habitations. Vous trouverez des informations complémentaires dans la partie 3 du guide.

Ce recueil – comme son nom le dit – est un outil de travail destiné à vous guider lors de la planification des installations d'aération. Il ne livre pas de recettes, mais seulement des ingrédients pour la réussite du menu. Vous n'y trouverez pas non plus une palette ou un répertoire de solutions conformes mais plutôt des règles de l'art et diverses considérations pratiques. Les objectifs et les problèmes sont présentés et des variantes de solution sont proposées avec leurs avantages et inconvénients.

## 0.3. Référence axée sur la pratique

Lors de l'élaboration de ce guide, ce n'est probablement pas un hasard si la direction du projet n'a pas seulement confié la rédaction à des spécialistes en ventilation, mais plutôt à un architecte disposant d'une longue expérience professionnelle dans le domaine de l'aération des bâtiments. Par conséquent, les priorités dans ce cahier ne sont pas:

- ▶ les bases scientifiques mais plutôt les procédés confirmés par la pratique.
- ▶ les détails concernant la technique d'aération mais les concepts fondamentaux.
- ▶ la rigueur théorique mais plutôt la concrétisation.
- ▶ les formules compliquées et la perfection, mais la compréhension et une approche technique globale.

A titre d'information, au cours de cet exposé, les avis personnels de l'auteur ou des conseillers techniques peuvent çà et là s'entremêler. Ils seront présentés si possible en tant que tels.

## Les objectifs MINERGIE:

1. Confort
2. Santé et hygiène
3. Salubrité
4. Efficacité énergétique
5. Rentabilité

**L'étanchéité élevée des constructions impose une amenée d'air frais contrôlable, nécessaire pour le confort, dans des pièces de logement avec ou sans une récupération de la chaleur.**

**L'aération non contrôlée par les fenêtres ne suffit pas au standard MINERGIE.**

*Extrait du Règlement MINERGIE,  
Décembre 1998, annexe C.*

# 1. Les quatre méthodes pour aérer une maison

## 1.1. L'aération par les inétanchéités

L'aération par les inétanchéités est due à l'échange d'air entre l'intérieur et l'environnement extérieur au travers de toutes les ouvertures, petites fentes et fissures de l'enveloppe du bâtiment.

Ce système est inutilisable pour plusieurs raisons:

- ▶ Les débits d'air dépendent des conditions météorologiques et ne sont pas contrôlables. Clairement: s'il vente, le courant d'air renforce la sensation de froid; par temps calme, ça sent mauvais.
- ▶ Dans les pièces supérieures ou dans les habitations avec des escaliers ouverts, l'effet de cheminée conduit à des échanges d'air beaucoup trop élevés. Il en résulte des températures inconfortables (pieds froids) et des pertes de chaleur élevées.
- ▶ L'air chaud et humide s'échappe constamment à l'extérieur par les interstices du bâtiment. Ces fuites d'air transportent de l'humidité qui, en se condensant en quantités importantes au niveau des inétanchéités (ordre de grandeur: plusieurs litres par mois), provoque des dommages à la construction. La tendance actuelle à construire des enveloppes de bâtiment de plus en plus étanches à l'air est ainsi techniquement justifiée.

## 1.2. L'aération permanente

On désigne par aération permanente, un renouvellement d'air continu au travers d'ouvertures sur l'extérieur prévues à cet effet. Le cas le plus fréquent, et aussi le plus critique, est celui de la fenêtre oscillo-battante.

Cette méthode présente aussi de sérieux inconvénients:

- ▶ En hiver, il fait trop froid dans les pièces aérées en permanence.
- ▶ L'aération permanente par période (par exemple la nuit, dans les chambres à coucher) refroidit fortement les pièces.
- ▶ Le renouvellement d'air est trop important (jusqu'à 10/h et plus selon la puissance du chauffage, les dimensions des fenêtres et de la pièce). Il en résulte de fortes déperditions de chaleur.
- ▶ Des immissions comme la poussière, les pollens ainsi que des insectes et le bruit peuvent pénétrer sans encombre par les fenêtres ouvertes.

## 1.3. L'aération intermittente

L'aération intermittente consiste à ouvrir les fenêtres brièvement à des intervalles réguliers pour aérer les pièces par à-coups mais intensément.

Ce principe serait valable pour autant que les intervalles ci-contre soient respectés (cf. tableau). Les inconvénients de l'aération intermittente sont toutefois évidents:

- ▶ Il est évident que les conditions décrites dépassent la bonne volonté de l'habitant le plus consciencieux. Le fait d'aérer un appartement (et plus encore une maison) selon ces données correspond déjà presque à une activité à plein temps. Et qui se lèverait toutes les 2 heures pour aérer pendant la nuit!
- ▶ L'utilisation judicieuse des fenêtres ne garantit pas toujours le confort attendu: avant d'aérer, l'air est lourd, pendant l'aération l'air tire, et après, il fait froid dans le local.

### Intervalles pour une aération intermittente

Séjour sans fumeur	2 heures
Séjour avec fumeur (s)	$\frac{1}{2}$ à 1 heure
Chambre à coucher	2 heures
Salle de classe (25 élèves)	20 minutes

Durée d'aération (selon disposition et dimensions des fenêtres)  $\frac{1}{2}$  à 3 minutes.

#### 1.4. L'aération douce et automatique

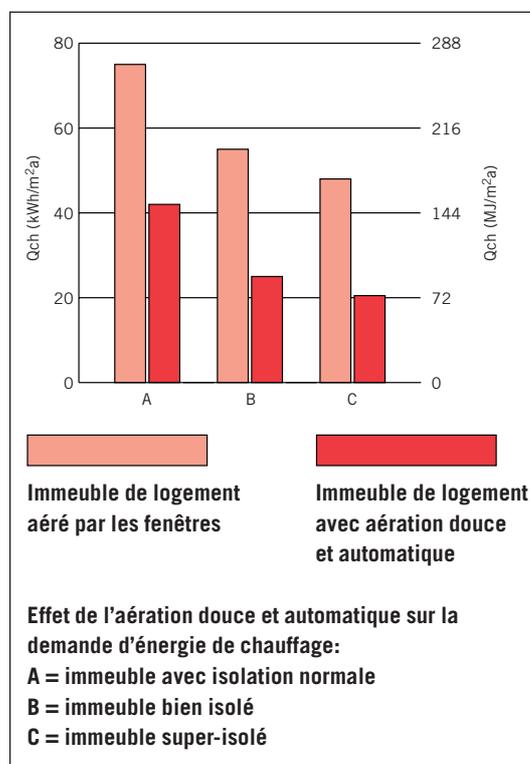
L'aération douce et automatique est la seule méthode qui satisfait à toutes les exigences. Elle présente de nombreux avantages:

- ▶ Le taux d'air neuf dans chaque pièce est celui prévu à tout moment.
- ▶ Les polluants de tous genres (polluants domestiques, fumée de tabac, germes, pollen, radon ...) sont évacués de façon continue.
- ▶ Pas d'excès d'humidité, par conséquent pas de condensation superficielle, ni de formation de moisissures.
- ▶ Pas besoin de manipulation.
- ▶ Pas de refroidissement des pièces ou des chambres.
- ▶ Pas de courants d'air inconfortables.
- ▶ Possibilité d'habiter et de dormir avec des fenêtres fermées (bruit extérieur!).
- ▶ Récupération de la chaleur contenue dans l'air évacué. L'économie de chauffage est substantielle (cf. diagramme).
- ▶ Pour les personnes allergiques, des filtres anti-pollen peuvent être intégrés dans le système d'aération.

Force est de constater que les avantages les plus importants de l'aération douce et automatique coïncident précisément (voir ci-contre) avec les objectifs du standard MINERGIE (cf. § 0.1). On comprend dès lors pourquoi elle revêt un intérêt central dans le concept MINERGIE.

Les seuls points «faibles» sont d'ordre psychologique:

- ▶ Avec l'aération par les fenêtres, on est habitué à ce que l'air neuf soit froid et l'air vicié chaud. De l'air neuf chaud est inhabituel et exige une nouvelle approche.
- ▶ De même, dormir avec les fenêtres fermées exige un changement d'habitudes chez la plupart des gens!



#### Principaux avantages et atouts de l'aération douce et automatique

<b>Confort</b>	pas de pièces froides, pas de courants d'air
<b>Santé et hygiène</b>	apport d'air neuf, évacuation des polluants
<b>Salubrité</b>	pas de condensation, pas de moisissures
<b>Energie</b>	récupération de chaleur
<b>Rentabilité</b>	économie de frais d'énergie

## 2. Bases de planification

Lors de la planification d'une aération douce et automatique, les priorités diffèrent de celles des plus grandes installations. La hiérarchie ci-contre (voir encadré) correspond aux vœux les plus fréquemment exprimés par les habitants. Les exigences ainsi spécifiées sont prioritaires par rapport à la perfection technique.

En conséquence, les installations d'aération douce et automatique se différencient en beaucoup de points des installations de ventilation conventionnelles.

- ▶ Les débits d'air sont d'un ordre de grandeur plus faible.
- ▶ La suppression et/ou l'amortissement des bruits de ventilateurs et d'écoulement d'air a la priorité la plus élevée.
- ▶ Des installations «Low-Tech» simples, robustes sont demandées.
- ▶ Des appareils simples et compacts, du stock, font l'affaire dans la plupart des cas. Des installations à monobloc sont l'exception, éventuellement pour de grandes installations centralisées.
- ▶ L'air est à peine conditionné. Le traitement se limite habituellement à un filtrage et à un échange de chaleur.
- ▶ Les appareils doivent souvent être placés à des endroits inhabituels, surtout en cas de rénovations, p. ex. dans les combles, dans les réduits, dans les coffrets/armoires, dans les faux plafonds etc.
- ▶ Les espaces libres déterminent l'emplacement des conduits d'air. Des gaines techniques ne sont souvent pas disponibles.
- ▶ La puissance électrique absorbée se situe dans des ordres de grandeurs inhabituels. Une puissance absorbée de 100 W par appartement est déjà considérée comme trop importante.
- ▶ Le coût total y compris un puits canadien, les honoraires et les frais accessoires doit être nettement inférieur à: Fr. 18 000.– pour une maison familiale, Fr. 12 000.– pour un logement.

Les expériences ont démontré que ces objectifs ne peuvent être atteints que si les deux bases de planification ci-contre sont respectées.

La philosophie «Low-Tech» de telles installations exige une tout autre disposition d'esprit de la part de tous les partenaires. En conséquence, la présente étude a un intérêt, non seulement pour les planificateurs des systèmes d'aération, mais aussi pour:

- ▶ les maîtres d'œuvre ou de l'ouvrage,
- ▶ les architectes,
- ▶ les planificateurs des installations techniques du bâtiment,
- ▶ les fabricants d'appareils,
- ▶ les installateurs,
- ▶ sans oublier les habitants.

### Les 8 souhaits des habitants

L'habitant attend de l'aération d'un logement les 8 qualités suivantes (par ordre de priorités):

- ▶ Absence de bruit
- ▶ Qualité de l'air
- ▶ Prix avantageux
- ▶ Simplicité et clarté
- ▶ Facilité d'exploitation
- ▶ Peu d'entretien
- ▶ Faible consommation d'énergie électrique
- ▶ Faible encombrement



### Les 2 conséquences pour la conception

- ▶ Planifier des débits d'air aussi petits que possible.
- ▶ Rechercher toujours la solution la plus simple, la moins chère et techniquement la moins exigeante.

## 3. Définitions et délimitations

Les définitions sont résumées dans le tableau ci-contre. Ci-dessous quelques considérations et précisions:

### 3.1. L'aération contrôlée dans les habitations

La définition de l'aération contrôlée comprend tous les équipements constructifs et techniques permettant l'échange d'air assuré par des ventilateurs entre le logement et l'environnement extérieur. A côté de l'installation de renouvellement d'air proprement dite, on trouvera aussi:

- ▶ Des installations séparées de reprise d'air, avec ou sans récupération de chaleur.
- ▶ Des ventilateurs de fenêtres ou muraux, des hottes de cuisine et autres.

Ne font pas partie de cette définition:

- ▶ L'aération par les fenêtres.
- ▶ Les systèmes d'aération passifs.
- ▶ Les installations d'utilisation de rejets thermiques.

### 3.2. L'aération douce et automatique

Cette définition est récente. Elle a été choisie par opposition à la notion de «ventilation» qui est négativement interprétée par la plupart des gens. La désignation «aération douce et automatique» a une connotation plus attractive.

Souvent on utilise aussi le terme «aération de confort» parce que l'aspect «confort» arrive au premier plan pour la plupart des habitants. Cette dénomination ne sera sciemment pas utilisée ici, parce qu'elle réduit l'aération à un seul de ses cinq aspects (cf. §.0.1 et §.1.4).

Techniquement, la notion d'aération douce et automatique désigne le type le plus utilisé de l'aération contrôlée des habitations (cf. tableau ci-contre). Les 4 principaux thèmes suivants (chapitres 4 à 7) se réfèrent à cette technique. Le chapitre 8 traite des cas particuliers.

### 3.3. La récupération de chaleur et l'utilisation des rejets thermiques

- ▶ *La récupération de chaleur (RC)* est un transfert de chaleur dans lequel la température du preneur de chaleur est plus basse que celle de la source de chaleur. On utilise un échangeur pour la récupération de chaleur.
- ▶ L'utilisation de *rejets thermiques* est un transfert de chaleur dans lequel la température du preneur de chaleur est plus élevée que celle de la source. Une *pompe à chaleur* est nécessaire pour ce transfert.

Généralement, on peut donc dire:

- ▶ récupération de chaleur = échangeur de chaleur
- ▶ utilisation des rejets thermiques = pompe à chaleur

Les nouveaux appareils qui sont apparus sur le marché au cours de ces dernières années contiennent aussi bien des éléments de récupération de chaleur que d'utilisation des rejets thermiques. Dans de tels équipements, la délimitation ci-dessus disparaît. Elle doit cependant être retenue du moins dans l'esprit, afin d'éviter des erreurs d'appréciation concernant ces appareils.

#### Définitions

##### Aération des habitations

C'est l'ensemble de tous les équipements, dispositifs et mesures destinés à approvisionner les habitations en air neuf et à évacuer l'air vicié (y compris l'aération par les fenêtres).

##### Aération contrôlée dans les habitations

Installations destinées à insuffler ou à évacuer l'air des habitations.

##### Aération douce et automatique

C'est une variante de l'aération mécanique contrôlée avec les caractéristiques suivantes:

- ▶ débit d'air pulsé = débit d'air évacué
- ▶ petits débits d'air (juste le minimum requis pour des raisons physiologiques et de physique du bâtiment)
- ▶ récupération de chaleur

##### Récupération de chaleur (RC)

La RC se fait grâce à un échangeur de chaleur. L'échangeur de chaleur soutire la chaleur contenue dans l'air vicié pour préchauffer l'air neuf entrant à une température inférieure à celle de l'air vicié.

##### Utilisation des rejets thermiques

L'utilisation des rejets thermiques consiste à soutirer la chaleur de l'air vicié grâce à une pompe à chaleur et la redonner au circuit de chauffage ou à celui de l'eau chaude sanitaire à une température supérieure à celle de l'air vicié.

## 4. De l'air frais pour les habitants

Une installation d'aération douce et automatique typique se compose de 4 parties principales (cf. schéma ci-contre). Celles-ci sont traitées dans les chapitres 4 à 7.

- ▶ Dans ce chapitre 4: le logement et les habitants.
- ▶ Dans le chapitre 5: le réseau de gaines interne.
- ▶ Dans le chapitre 6: l'appareil compact.
- ▶ Dans le chapitre 7: le réseau de gaines externe avec ou sans registre terrestre ou puits canadien.

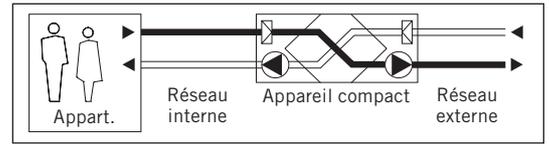


Schéma de principe d'une aération douce et automatique typique

### 4.1. L'amenée d'air et la diffusion dans l'appartement

L'occupation des locaux à l'intérieur d'un appartement change souvent, tandis que dans l'ensemble de l'appartement, le nombre de personnes reste plus ou moins constant. Comment résoudre le besoin variable des locaux en air neuf, pour un besoin total inchangé? En principe, 3 méthodes sont concevables:

#### a) L'aération pièce par pièce

Chaque pièce reçoit le débit d'air dont elle a besoin pendant son occupation maximale. Cette variante nécessite un taux d'air total beaucoup trop élevé. Par conséquent, elle n'est que rarement appliquée, par exemple en cas de chauffage à air.

#### b) L'aération individuelle par pièce selon les besoins

Cette solution exige, soit des systèmes de régulation coûteux et non exempts de dérangements, soit une variante meilleur marché avec une régulation manuelle. Celle-ci suppose une discipline qui – comme la pratique le montre – n'est assumée que par peu d'habitants. La régulation par pièce selon les besoins est par conséquent inadéquate pour l'aération des habitations.

#### c) L'aération en cascade

Dans ce concept, l'air neuf est pulsé seulement dans les chambres à coucher. Ensuite, on le laisse balayer librement les zones de séjour et enfin, on extrait l'air vicié dans les pièces à fortes pollutions comme la cuisine, la salle de bain ou le WC. L'aération en cascade s'est largement imposée pour l'aération des habitations, car elle présente toute une série d'avantages:

- ▶ Les taux de renouvellement d'air sont plus petits, parce que le même air est utilisé plusieurs fois. Si les habitants dorment, la zone de séjour ne nécessite pas d'air frais. Inversement, si les habitants sont dans la salle de séjour, l'air non vicié vient des chambres à coucher.
- ▶ Le taux de renouvellement d'air ne doit être calculé que pour les chambres à coucher. Les autres pièces sont balayées en cascade.
- ▶ Les chambres à coucher sont des locaux présentant des exigences plus grandes en matière de qualité de l'air. L'air y est amené directement.
- ▶ Le séjour et la salle à manger sont des pièces avec le plus grand taux d'occupation. La zone de séjour dispose du plus grand taux de renouvellement d'air car les flux d'air de toutes les chambres à coucher y convergent.
- ▶ La cuisine, la salle de bain et le WC sont les pièces les plus chargées en odeurs et en humidité. Ici, peu importe si l'air a déjà circulé ailleurs.
- ▶ Ces pièces sont généralement beaucoup plus petites que les chambres à coucher et le séjour. Automatiquement, un plus grand taux de renouvellement d'air s'y effectue.
- ▶ L'écoulement du flux d'air des pièces les plus exigeantes vers les pièces chargées empêche la propagation d'odeurs et d'émanations polluantes en sens inverse. Ainsi, aucune fumée de tabac n'ira par exemple de la salle de séjour vers les chambres d'enfants. De même, aucun refoulement d'odeurs de WC ou des vapeurs de douche ne pourra s'effectuer en contresens dans le séjour.

L'aération en cascade a toutefois une contrainte. Elle ne fonctionne sous cette forme que si les pièces sont disposées en conséquence, c'est-à-dire de telle façon que l'air allant des chambres à coucher vers la cuisine ou vers les pièces humides puisse traverser la salle de séjour. C'est la plupart du temps le cas dans des logements récents. Dans certains vieux appartements, le salon est un local à part, distinct et fermé. Dans ce cas, le séjour doit disposer d'une entrée d'air séparée; ce qui augmente le taux de renouvellement d'air total.

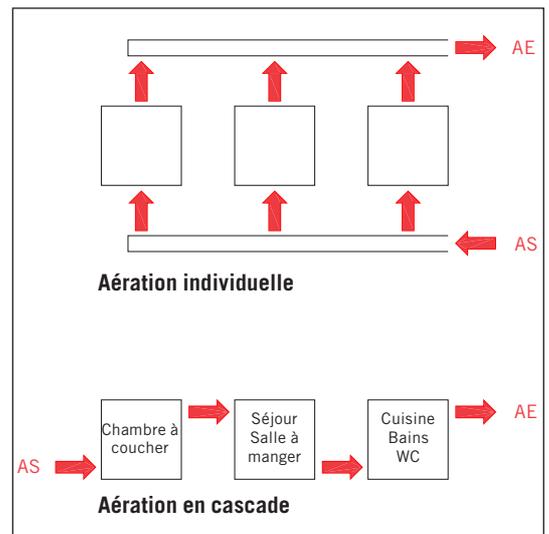


Schéma de principe de l'aération en cascade

AE: air évacué ou repris

AS: air soufflé ou pulsé

## 4.2. Le mouvement de l'air dans les locaux

Dans des pièces dotées d'une aération douce et automatique, les mouvements d'air diffèrent de ce qui se passe dans des installations conventionnelles à plus grands débits d'air. Quelques rappels utiles:

### 4.2.1. Les causes d'un mouvement d'air dans un local

#### 1. Sources de chaleur

Les sources de chaleur sont les composantes dominantes pour des mouvements d'air dans un local. Des corps de chauffe, des lampes, des personnes, des ordinateurs émettent de la chaleur et créent ainsi un déséquilibre thermique qui met l'air en mouvement circulaire dans le local (cf. modèle).

#### 2. Surfaces froides

Une surface froide (p. ex. une fenêtre mal isolée par nuit froide), crée une chute d'air froid provoquant un mouvement d'air circulaire. Dans une maison MINERGIE, de telles sources de mouvement sont toutefois rares et faibles, parce que les parois extérieures sont très bien isolées et que les vitrages mis en œuvre sont de très bonne qualité.

#### 3. Mouvements des personnes

Une personne qui effectue des va-et-vient dans un local engendre des mouvements d'air qui à leur tour induisent un brassage d'air. Ces mouvements sont certes intenses mais de courte durée de sorte que leur influence est, dans l'ensemble, négligeable vis-à-vis de celle des sources de chaleur.

#### 4. Température et humidité

L'air chaud est plus léger que l'air froid, et l'air humide est plus léger que l'air sec. L'air intérieur est en général plus chaud et plus humide que l'air neuf pulsé. Par conséquent, l'air vicié chaud a tendance à s'accumuler plutôt sous le plafond, pendant que l'air neuf tend à former un «lac d'air froid» au niveau du sol.

#### 5. Bouches de pulsion d'air

Les bouches de pulsion d'air ont aussi de l'influence sur les mouvements de l'air dans les pièces. Leur effet est toutefois faible comparé à celui des sources de chaleur, puisque la quantité aussi bien que la vitesse de l'air sortant sont petites. Pour être complet, il faut encore mentionner que les bouches d'extraction n'influencent pas les mouvements d'air dans une pièce d'habitation.

### 4.2.2. Les deux états possibles

Conformément à l'énumération ci-dessus, on peut déduire que l'air se trouve normalement dans un des deux états suivants:

#### a) Mélange d'air

En présence de sources de chaleur, de surfaces froides ou de mouvements des personnes dans une pièce, l'air se mélange pratiquement de façon homogène.

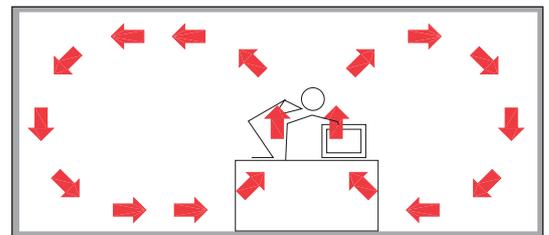
#### b) Stratification de l'air

En l'absence de sources de chaleur, de surfaces froides ou de mouvements des personnes dans une pièce, deux couches d'air plus ou moins distinctes se forment en fonction de la température et de l'humidité: c'est-à-dire une couche d'air frais au sol (ou plancher) et une couche d'air vicié sous le plafond.

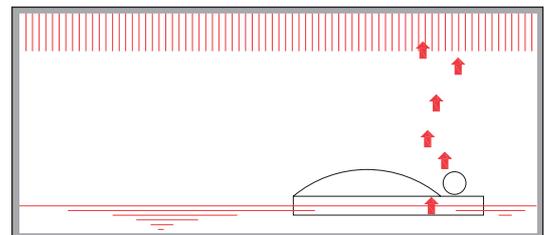
### 4.2.3. La disposition des entrées et sorties d'air

Les constatations ci-dessus constituent la base pour l'emplacement judicieux des entrées et sorties d'air dans les pièces. Principe:

- ▶ En cas de mélange d'air: choix libre des positions des bouches d'entrée, de sortie et de transfert d'air.
- ▶ En cas de stratification: disposer les bouches de pulsion en bas, les bouches de reprise ou de transfert en haut et utiliser des bouches de pulsion à faible taux d'induction (= grande surface, écoulement lent). Etancher le bas de la porte avec un seuil «planète».
- ▶ Un mélange peut être obtenu par des bouches de pulsion à induction. Dans ce cas, le choix de la position des bouches d'entrée, de sortie et de transfert d'air est libre. L'état de l'air ambiant dépend de la façon d'utiliser le local.



Mélange d'air



Stratification de l'air

#### a) Douche et salle de bain

Dans ces locaux, la stratification se forme tout de suite après l'usage. Par conséquent:

- ▶ Bouche d'extraction d'air en partie haute de la pièce.
- ▶ Transfert d'air au bas de la porte.

#### b) Séjour et salle à manger

L'air est mélangé complètement pendant l'utilisation de ces locaux. Donc:

- ▶ Choix libre des positions des bouches d'entrée, de sortie et de transfert d'air.
- ▶ Disposer les bouches de transfert d'air de façon optimale par rapport aux locaux contigus.

#### c) Chambres à coucher et chambres d'enfants: variante optimale

Le jour: comme pour la salle à manger et le séjour.

La nuit: fenêtres et portes fermées, des personnes couvertes, pas de sources de chaleur. Stratification de l'air. Par conséquent:

- ▶ Bouche de pulsion à faible taux d'induction: en bas.
- ▶ Bouche de reprise amortissant le bruit: en haut de la pièce.
- ▶ Porte avec seuil «planète».

#### d) Chambres à coucher et chambres d'enfants: variante économique

Un mélange peut être obtenu par des bouches de pulsion à induction. Par conséquent:

- ▶ Libre choix d'emplacement des bouches d'entrée, de sortie et de transfert d'air.
- ▶ Utiliser le bas de la porte comme bouche de transfert d'air.

Avantages: plus simple, meilleur marché, applicable partout. Inconvénients: moins bonne isolation acoustique, un plus grand débit d'air est nécessaire pour une même qualité d'air, et vice-versa, on obtient une moins bonne qualité d'air pour un même débit d'air.

### 4.3. Le taux de renouvellement d'air

Le taux de renouvellement d'air extérieur se calcule conformément à la nouvelle norme SIA 180, soit d'après le taux d'occupation, soit d'après le taux d'humidité de la pièce ou de l'appartement.

#### a) Calcul d'après le taux d'occupation

Pour des non-fumeurs, la norme fixe un taux de renouvellement d'air extérieur minimal de 12 à 15 m<sup>3</sup>/h-personne.

#### b) Calcul d'après le taux d'humidité

Le renouvellement d'air extérieur minimal est dimensionné de telle sorte que l'humidité absolue maximale admise dans la pièce ne soit pas dépassée.

Les deux conditions doivent être remplies. Il en résulte:

- ▶ Pour de petits appartements, le taux d'humidité est décisif (plus de pièces humides que de chambres à coucher).
- ▶ Pour de grands appartements, le taux d'occupation est décisif (plus de chambres à coucher que de pièces humides).

### 4.4. La pulsion d'air

Pour 2 personnes par chambre à coucher, la règle générale prévoit un taux de renouvellement d'air de 30m<sup>3</sup>/h par pièce (pour ces locaux, le calcul traditionnel donne un taux de renouvellement de 1 fois/h pour une chambre de 12 m<sup>3</sup> de surface de sol = un volume de 30 m<sup>3</sup>).

Dans les appartements loués, toutes les chambres à coucher sont calculées pour 2 personnes indépendamment de l'occupation réelle, même si le premier locataire est connu. On sait, par expérience, que lors d'un changement de locataire, l'installation ne sera pas modifiée. Les bureaux, les chambres d'hôtes etc. se trouvant à

#### Règles générales pour la disposition des entrées et sorties d'air dans une pièce

1. La position des entrées et sorties d'air dans le plan est peu importante.
2. Ne pas installer les bouches d'entrée d'air près des zones de séjour des personnes (meubles, sièges, postes de travail, lits ...).  
Règle approximative: au moins 1 m, si possible 2 m de la zone de pulsion.
3. Disposer si possible les bouches d'entrée d'air à proximité du sol.
4. Disposer si possible les bouches de transfert d'air des pièces avec air pulsé (par exemple les chambres à coucher) vers les circulations dans la moitié supérieure de la pièce.
5. Le transfert d'air à travers l'espace inférieur de la porte est possible, toutefois plus mauvaise pour l'aération et surtout du point de vue phonique.
6. L'espace sous la porte peut servir par contre de passage d'air depuis les circulations vers les pièces humides.
7. Toujours reprendre l'air des locaux humides (cuisine, bain, WC) à proximité du plafond.

#### Taux de renouvellement d'air

##### Règle:

Petits appartements, jusqu'à 3<sup>1/2</sup> pièces

60 m<sup>3</sup>/h · appartement

Grands appartements, dès 3<sup>1/2</sup> pièces

30 m<sup>3</sup>/h · chambre à coucher

##### Exemples:

Appartement 1<sup>1/2</sup>-pièces 60 m<sup>3</sup>/h

Appartement 2<sup>1/2</sup>-pièces 60 m<sup>3</sup>/h

Appartement 3<sup>1/2</sup>-pièces 60 m<sup>3</sup>/h

Appartement 4<sup>1/2</sup>-pièces 90 m<sup>3</sup>/h

Appartement 5<sup>1/2</sup>-pièces 120 m<sup>3</sup>/h

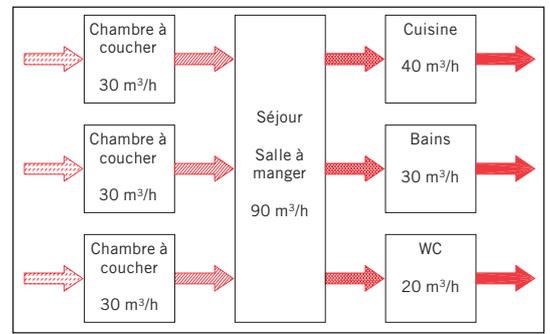
Appartement 6<sup>1/2</sup>-pièces 150 m<sup>3</sup>/h

#### Taux de renouvellement recommandés pour les immeubles locatifs

l'intérieur de l'appartement sont considérées comme des chambres à coucher. Dans les villas et les propriétés par étage, le taux de renouvellement d'air pour les chambres à coucher peut être réglé selon l'occupation effective. Pour des chambres à un lit, le taux de renouvellement d'air peut être quelque peu réduit, ce qui diminue encore la quantité totale d'air. Pour tenir compte des situations exceptionnelles (sources de pollution additionnelles, plusieurs personnes dans le local, porte restant ouverte et autres), le taux de renouvellement d'air ne devrait cependant pas descendre en dessous de 20 m<sup>3</sup>/h par pièce.

Des pièces de séjour ouvertes (c'est-à-dire les pièces traversées par l'air transitant des chambres à coucher vers la cuisine ou vers les pièces humides) ne nécessitent pas de bouches de sortie individuelles (cf. paragraphe «aération en cascade»). Des pièces de séjour fermées sans fumeurs peuvent être considérées et traitées comme des chambres à coucher. Les séjours sont certes souvent occupés par plus de 2 personnes, mais en général seulement pour de brefs laps de temps.

Il n'est pas possible d'énoncer des règles valables pour les pièces dans lesquelles on fume. En plus, il faut connaître le nombre de personnes qui fument, la quantité et ce qu'elles fument.



**Parcours et débits d'air pour un appartement de 4 1/2 pièces**

## **4.5. L'extraction d'air**

### **4.5.1. L'appartement**

Pour l'ensemble de l'appartement, l'équation: «air pulsé = air extrait» est de rigueur. La quantité d'air extrait n'est volontairement pas identique dans toutes les pièces. Elle est fonction des dimensions de la pièce et du taux d'humidité. Le modèle ci-contre représente une répartition judicieuse de l'air pour un appartement de 4 1/2 pièces.

### **4.5.2. La salle de bain ou les WC**

Dans les salles d'eau, les installations conventionnelles d'extraction d'air travaillent avec des débits d'air sensiblement plus élevés. Des problèmes d'acceptation et de confort peuvent toutefois apparaître, les odeurs des WC étant particulièrement persistantes.

On a déjà essayé de combattre de telles odeurs à la source, en extrayant l'air vicié par le système de rinçage de la cuvette du WC. L'idée est fondamentalement correcte, mais elle est contraire au principe qui consiste à toujours extraire l'air vicié sous le plafond. Si une douche se trouve dans le même local, les vapeurs d'eau seront mal éliminées, ce qui pourrait entraîner des dommages liés à l'excès d'humidité.

Concrètement, la solution suivante a fait ses preuves. L'air vicié est aspiré de façon conventionnelle sous le plafond. Pour les utilisateurs plus exigeants en matière d'élimination des odeurs, il existe des coffrets sur le marché avec aspiration et filtre pour éliminer les odeurs (par ex. «Geberit Fresh», «Balena»). Il faut prévoir un raccordement électrique à proximité de la cuvette.

### **4.5.3. La cuisine**

Dans la pratique, un taux de renouvellement d'air d'environ 30 à 80 m<sup>3</sup>/h (selon la taille du logement) suffit à la cuisine lors d'une cuisson normale. Des pointes de charge (fritures, trempage, mijotage etc.) nécessitent des taux de renouvellement d'air 10 fois plus élevés.

Plusieurs solutions sont envisageables:

#### **a) L'aération par les fenêtres**

L'aération par les fenêtres est la solution la plus simple et la moins chère. En cas de très brèves et rares pointes de charge, il est possible d'ouvrir de temps en temps les fenêtres de la cuisine pendant quelques minutes. L'aération par les fenêtres n'est toutefois conseillée que si la cuisine est séparée du reste de l'appartement par des portes fermées. Dans le cas contraire, elle pourrait contribuer à diffuser les odeurs de cuisine dans toutes les autres pièces de l'appartement.

#### **b) Installation d'extraction d'air**

Une simple installation d'extraction d'air est contraire au principe «air pulsé = air extrait». Elle crée une dépression dans l'appartement. L'air de remplacement est aspiré sans contrôle par des inétanchéités, par la cage d'escalier ou même par la cheminée. On évite cet inconfort en ouvrant les fenêtres de la cuisine en même temps ou en aménageant une entrée d'air dans la paroi extérieure. Toutefois, on rencontre les mêmes problèmes de confort que lors de l'aération par les fenêtres.

### **c) Installation de pulsion et d'extraction séparée avec récupération de chaleur (RC)**

Une installation séparée de pulsion et d'extraction d'air avec RC pour la cuisine est une solution optimale mais coûteuse. Actuellement, il n'existe pas encore d'appareil simple et économique sur le marché pour cette application.

### **d) Installations combinées avec l'aération de l'appartement**

Il existe des cas où l'installation d'aération peut fonctionner à un régime supérieur pour subvenir au besoin de la cuisine. Une cuisine ouverte doit disposer d'un débit de 500 à 1000 m<sup>3</sup>/h pour évacuer efficacement ses émanations. Cela signifie que l'installation entière doit être surdimensionnée d'un facteur 10 pour pouvoir éliminer les rares et brèves pointes mentionnées ci-dessus.

### **e) Elimination des émanations par un circuit fermé**

Une autre possibilité consiste à faire circuler l'air au travers d'un filtre à charbon actif. Ce système offre une série d'avantages:

- ▶ Simplicité d'emploi,
- ▶ Bon marché,
- ▶ Sans aucune perte de chaleur,
- ▶ Pas de conséquence sur l'équilibrage de pression.

Son seul inconvénient: il est recommandé de remplacer le filtre à charbon environ 1 à 3 fois par année. Des milieux spécialisés émettent des réserves au sujet des filtres à charbon actifs à la cuisine. Pourtant, beaucoup d'appartements (maisons familiales et immeubles locatifs) sont équipés de ce système et jusqu'à présent, il n'y a jamais eu de réclamations!

L'auteur préfère la variante e) sur la base de ses propres et bonnes expériences professionnelles. Les variantes a), b) et c) sont également utilisées avec succès. La variante a) ne peut être recommandée que dans le cas d'une cuisine fermée. La variante c) pourrait devenir intéressante à l'avenir dès qu'un appareil simple et économique arrivera sur le marché.

## **4.6. Les modes d'exploitation**

### **4.6.1. Fonctionnement en «marche/arrêt» ou en continu?**

Souvent on se pose la question de savoir si l'installation de renouvellement d'air doit être mise hors service en été. Dans ce paragraphe, le terme «été» désigne la période sans chauffage. Ainsi, la durée annuelle de fonctionnement de 8'760 heures pourrait être réduite d'environ un tiers.

L'avantage de ce mode d'exploitation est une économie d'électricité conséquente. Toutefois, il existe aussi des inconvénients:

- ▶ En été, on doit recourir à l'une des 3 autres méthodes d'aération (cf. chapitre «quatre méthodes pour aérer une maison»). Ce n'est cependant pas si simple: il n'y a aucune inétanchéité à l'air dans la maison MINERGIE. En été, sous notre climat suisse, il fait souvent trop frais par mauvais temps pour une aération permanente. L'aération intermittente connaît pratiquement les mêmes difficultés en été qu'en hiver.
- ▶ Un risque subsiste pour des habitants particulièrement économes ou soucieux de l'environnement. Ils risquent de mettre l'installation hors service trop tôt et pour longtemps, ce qui conduirait à des situations non hygiéniques et induirait des dommages à la construction.
- ▶ L'avantage de l'économie d'électricité doit être relativisé, puisqu'il s'agit de l'électricité d'été, celle qui, comme on le sait depuis des décennies, est disponible en quantité suffisante!
- ▶ Si une installation peut être mise hors service, elle doit pouvoir malgré tout, rapidement évacuer des charges ponctuelles de pollution. Elle doit donc être dimensionnée en conséquence.
- ▶ Durant l'arrêt de l'installation, les gaines de pulsion et d'extraction doivent être fermées hermétiquement par des clapets, ceci afin d'éviter des refoulements ou même des entrées d'air provenant des appartements voisins.

A la suite de ces réflexions, on peut dire que le mode d'exploitation «marche/arrêt» comporte plus d'inconvénients que d'avantages. L'exploitation ininterrompue à

une allure est dans la plupart des cas la solution la mieux appropriée, tout particulièrement dans les cas suivants:

- ▶ Installations centrales dans les immeubles de logement,
- ▶ Installations dans les logements avec des pièces humides borgnes,
- ▶ Installations avec utilisation des rejets thermiques,
- ▶ Les deux premières années, dans un bâtiment neuf, lorsque le bâtiment doit encore être séché.

Il est aussi important de bien soigner la mise en service.

#### **4.6.2. Exploitation à une ou plusieurs allures?**

Le taux d'occupation des appartements n'est pas constant. Durant les jours ouvrables, les occupants sont au travail ou à l'école et pendant les vacances, les appartements sont complètement inoccupés. Des visiteurs fumeurs et/ou non-fumeurs créent parfois le surnombre. L'idée d'adapter le régime de ventilateurs à la charge vient alors à l'esprit. En Suisse, beaucoup d'installations avec une exploitation à plusieurs allures ont été réalisées. Des expériences concluantes ont été enregistrées là où les recommandations ci-contre ont été respectées (cf. tableau). Toutefois, la clé de la réussite réside dans la disponibilité des habitants à s'occuper activement de l'aération. C'est souvent le cas dans des immeubles en copropriété et des villas familiales mais rarement dans des immeubles locatifs. L'auteur préfère des installations à une seule allure pour les raisons suivantes:

- ▶ Le réglage optimal lors de la mise en service reste inchangé.
- ▶ Sécurité/garantie de fonctionnement même pour des habitants ignorants ou peu motivés.
- ▶ Pas de risques de fausses manipulations.
- ▶ Pas de commandes chères ni de commutateurs ou câblages coûteux etc.

#### **Remarques pour des commandes individuelles:**

- ▶ Eléments de commande clairs et explicites
- ▶ Affichage clair
- ▶ Regroupement des éléments de commande dans l'appartement, p. ex. dans le corridor
- ▶ Modes d'emploi clairs
- ▶ Information et instruction des habitants
- ▶ Dans des immeubles de logement: personne de contact instruite et qualifiée (p. ex. concierge)
- ▶ Aération minimale ou programme de base sur une horloge

## 5. Le réseau de gaines interne

Le réseau de gaines interne désigne l'ensemble de toutes les canalisations, canaux, éléments spéciaux, armatures, équipements de mesure et de régulation etc. qui assurent le transport et le retour de l'air entre l'appareil d'aération et les pièces d'habitation.

### 5.1. Appareil individuel ou installation centrale?

Pour une villa familiale isolée, on recourra naturellement à une installation individuelle. A partir de deux maisons jumelées et à plus forte raison pour des habitats groupés et des immeubles de logement, les deux variantes doivent être examinées. Après la décision fondamentale (faut-il une installation de renouvellement d'air ou non?), la deuxième question est: installation centrale ou individuelle?

Les arguments en faveur d'une installation centrale sont les suivants:

- Possibilité de justifier de plus gros investissements techniques (meilleurs échangeurs, commande/régulation, surveillance des filtres etc.) parce que les coûts se répartissent entre plusieurs logements.
- La régulation et la maintenance peuvent être assurées de façon centralisée par du personnel formé.

Les installations individuelles par appartement ont en revanche les avantages suivants:

- Fonctionnement individuel.
- Pas de frais administratifs. L'électricité est comptabilisée sur le compteur d'appartement, la maintenance est individuelle.
- Une meilleure acceptation. Chaque copropriétaire dispose de sa propre installation.
- Pas de gaines techniques (pour autant qu'on renonce au puits canadien).
- Souvent la seule solution possible pour des constructions anciennes.
- Pas de problème pour une réalisation par étape.
- Appareils de série simples, fiables et bon marché.
- Coûts d'installation généralement plus bas.

Des solutions hybrides sont également possibles. Dans ce cas, seule une partie de l'installation est centralisée. Cf. variante 1 à 4 dans le schéma ci-contre. Seul l'air pulsé est représenté. Des systèmes analogues sont envisageables pour l'extraction d'air.

### 5.2. Le choix du matériel

Dans la plupart des cas le réseau interne est constitué de gaines ou de canaux en tôle d'acier galvanisé. Ce matériel est:

- résistant à l'humidité
- résistant à la chaleur
- facile à travailler et à poser
- bon marché

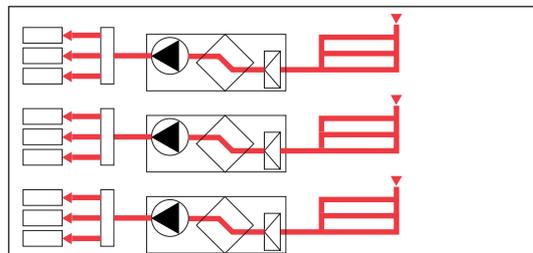
Les installations de renouvellement d'air ont un mauvais rapport surface des conduits/débit volumique exigé. Par conséquent, il faut prêter une attention particulière à la mise en œuvre étanche du réseau (système). Les conduits, intégrés dans le béton ou dans la chape sont ainsi rendus étanches. Pour les autres conduits, des mesures particulières sont nécessaires. Cf. encadré.

### 5.3. Tracé des conduits dans la maison

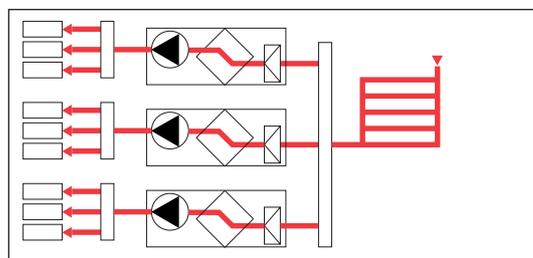
Ce problème se pose seulement si des parties d'une installation centrale doivent pénétrer dans la maison, comme des puits canadiens, des appareils centraux ou des gaines d'évacuation d'air par le toit. Des installations individuelles avec leurs

Schémas d'installations partiellement centralisées. Seul l'air pulsé est représenté.

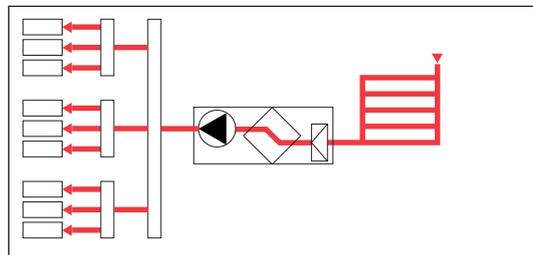
Pour l'air extrait, la schématique est analogue.



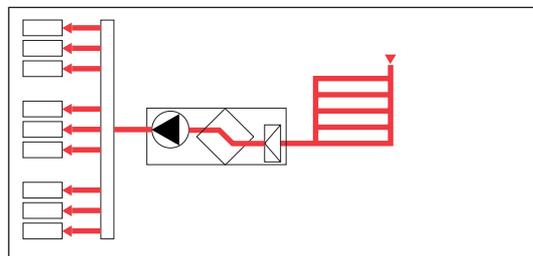
1 Installation individuelle par appartement avec prise d'air individuelle



2 Installation individuelle par appartement avec prise d'air commune



3 Installation centrale avec distributeurs d'appartement décentralisés

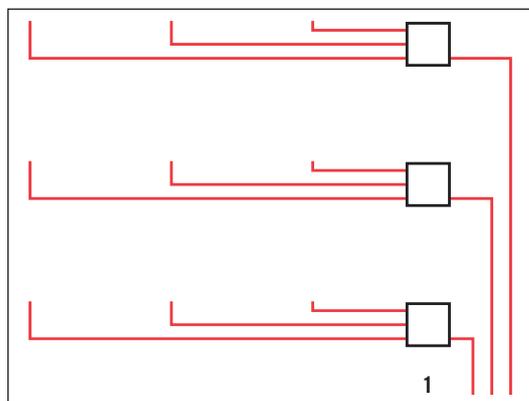


4 Installation centrale avec distribution directement dans les chambres

propres bouches de pulsion et d'extraction d'air ont des canaux exclusivement internes.

Le tracé des conduits dépend de l'emplacement du distributeur d'appartement.

- ▶ Schéma 1: Si les distributeurs sont décentralisés par appartement, une seule gaine technique [par logement] suffit.
- ▶ Schéma 2: Si les distributeurs d'appartement sont regroupés, par ex. dans le sous-sol, il faut installer une gaine montante pour chaque chambre. Cette solution peut alors être adoptée dans des grands appartements disposant de plusieurs gaines techniques. La distribution horizontale centralisée sous le plafond de la cave est souvent plus simple et meilleur marché qu'une distribution séparée dans chaque appartement.
- ▶ Des combinaisons sont également possibles, p. ex. un réseau de distribution d'air pulsé selon le modèle 1 et un réseau d'air extrait selon le modèle 2.



## 5.4. Tracé des conduits dans l'appartement

### 5.4.1. Dans la chape

Des gaines plates, placées dans la chape se prêtent bien pour la pulsion dont les bouches se trouvent en général à la hauteur du sol.

Les avantages:

- ▶ Le monteur en ventilation peut poser le réseau de distribution dans tout l'appartement en une seule opération.
- ▶ En cas de modification ultérieure, une modification de la disposition des gaines est possible car, de toute façon, lors d'un changement dans la distribution des locaux, la chape doit également être adaptée.
- ▶ Applicable aussi aux constructions anciennes.

Les inconvénients:

- ▶ La chape doit être légèrement plus épaisse (= 8 cm dans la pratique).
- ▶ Il faut éviter les croisements avec des tubes de chauffage par le sol.

### 5.4.2. Dans la dalle en béton

Le système le plus réalisé jusqu'ici est constitué de tuyaux en matière plastique ou de Spiro noyés et bétonnés dans la dalle.

Les avantages:

- ▶ Planification simple sans besoin de tenir compte des parois etc.
- ▶ Accès sans problèmes à tous les points de l'appartement.
- ▶ Conduits ne gênant pas les aménagements intérieurs.

Les inconvénients:

- ▶ Cette technique est limitée aux nouvelles constructions.
- ▶ Aucune adaptation n'est possible lors de modifications ultérieures ou de changements d'affectation.
- ▶ Les gaines de pulsion d'air de l'appartement supérieur, celles d'air extrait de l'appartement inférieur ainsi que les conduites d'eau usée se croisent dans la dalle. Ceci conduit souvent à des tracés compliqués.
- ▶ Le monteur en ventilation doit intervenir à chaque étape de bétonnage.
- ▶ Les multiples petites étapes lors de la pose de conduits augmentent les coûts.

### 5.4.3. Dans le faux plafond

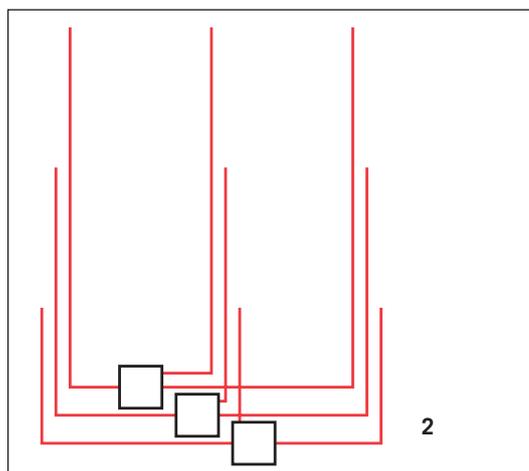
Si la hauteur de la pièce est suffisante, les canalisations peuvent être posées sous le plafond dans un secteur approprié (généralement dans un hall ou au corridor). Un plafond suspendu cachera les gaines.

Les avantages:

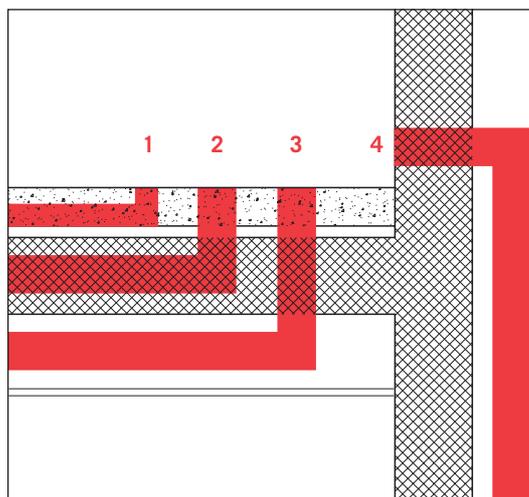
- ▶ Le monteur en ventilation peut poser le réseau de distribution dans tout l'appartement en une seule opération.
- ▶ L'ensemble de l'installation est accessible à tout moment.
- ▶ Le système convient également aux constructions anciennes.

Les inconvénients:

- ▶ Applicable seulement pour des pièces suffisamment hautes.
- ▶ Possible seulement, si toutes les pièces à aérer sont contiguës au corridor.



Deux configurations possibles pour le tracé des conduits dans la maison



Quatre possibilités de poser des canalisations dans l'appartement:

- 1 dans la chape
- 2 dans la dalle en béton
- 3 dans le faux plafond
- 4 dans la gaine technique

#### 5.4.4. Dans la gaine technique

Les pièces contiguës à la gaine technique peuvent être aérées directement à partir de celle-ci. Le système convient particulièrement à l'extraction d'air vicié, parce que les pièces humides sont généralement contiguës à la gaine technique.

Les avantages:

- ▶ Le montage en ventilation peut poser le réseau de distribution dans tout le bâtiment en une seule opération.
- ▶ Par la suppression de la distribution horizontale, le système est très simple et économique.

Les inconvénients:

- ▶ Possible seulement, si tous les locaux à aérer sont contigus aux gaines techniques.
- ▶ Risque de conflits avec d'autres installations dans les gaines techniques.

#### 5.4.5. Combinaisons

Les 4 variantes peuvent être combinées. Voici un exemple éprouvé:

- ▶ Distribution d'air pulsé dans la chape conformément à la variante 1.
- ▶ Extraction d'air dans la gaine technique selon la variante 4.

### 5.5. Entrées et sorties d'air

#### 5.5.1. Bouches d'air pulsé

Pour éviter des courants d'air perceptibles, les bouches d'air pulsé doivent être aménagées loin des zones de séjour prolongé. Les bouches de sortie d'air à faible taux d'induction seront placées p. ex. près ou au-dessus d'une porte ou encore derrière un radiateur. Les bouches de sortie d'air à induction seront, elles, placées sous le plafond avec une pulsion horizontale.

Dans les zones de séjour des personnes, la vitesse de l'air ne devrait pas dépasser 0,15 m/s. La distance depuis l'entrée d'air jusqu'à la prochaine zone de séjour (siège, place de travail, lit) devrait être au minimum de 1m, de préférence de 2 m.

#### 5.5.2. Bouches de transfert d'air

Lors de l'aération en cascade, l'air traverse successivement plusieurs pièces. Si celles-ci sont séparées les unes des autres par des portes, des passages doivent être aménagés pour le transfert de l'air. Le type le plus simple et le moins cher de bouches de transfert est l'espace libre au bas de la porte. Il se prête bien au passage de l'air vers les pièces d'eau. Dans les chambres à coucher, on donnera la préférence à des bouches de transfert situées en haut afin d'exploiter la stratification de l'air. En outre, on peut les concevoir de façon à ce qu'elles amortissent le bruit. Pour des pièces qui ont des exigences élevées au niveau acoustique (chambres à coucher), il faut construire des bouches de transfert absorbantes. Cf. no 1 à 3 dans le schéma. En pratique, la variante no 3 (bouche de transfert intégrée dans le cadre de la porte) s'est révélée très esthétique, facile à monter et économique surtout parce qu'on peut aussi intégrer la bouche de pulsion dans le cadre de la porte.

#### 5.5.3. Bouche de reprise d'air

Les soupapes de reprise d'air habituelles et bon marché peuvent être utilisées comme bouches de reprises. Cependant, leur utilisation ne donne pas satisfaction pour la régulation du flux d'air: il existe un risque de réglage inapproprié, qui lors d'une fermeture trop prononcée provoque des sifflements.

### 5.6. Protection contre le bruit

#### 5.6.1. Bruits du flux d'air

En règle générale, un cheminement d'air adéquat a pour conséquence un bon résultat sur le plan acoustique. Les angles et les coudes à arêtes vives sont particulièrement inadéquats. Des vitesses d'air supérieures à 2 m/s devraient être évitées, ne serait-ce que pour des raisons de perte de charge. Ces faibles vitesses du flux d'air ne provoquent pas de bruit d'écoulement.

#### Définitions

##### Entrée d'air:

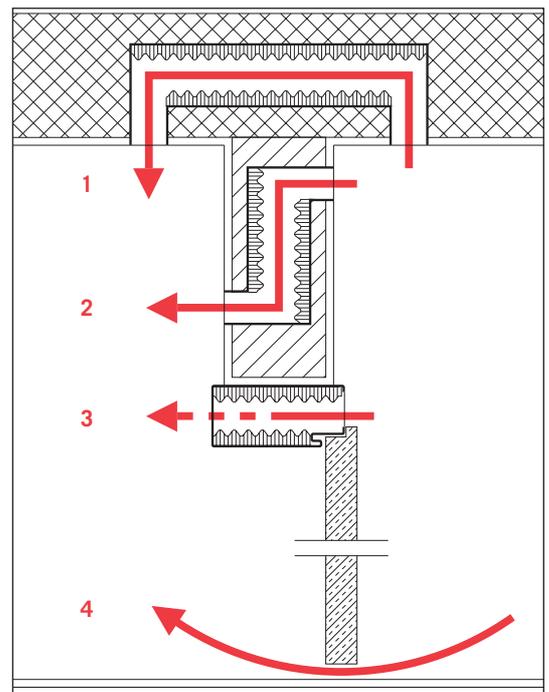
ouverture par laquelle l'air sort du réseau de gaine pour *pénétrer* dans une pièce.

##### Sortie d'air:

ouverture par laquelle l'air *sort* d'une pièce

##### Bouche de transfert d'air:

ouverture par laquelle l'air *pass*e d'une pièce à l'autre. Cet orifice agit comme sortie dans la première pièce et comme entrée dans la deuxième pièce.



Bouches de transfert d'air

### 5.6.2. Bruits des ventilateurs

Le principe de protection contre le bruit, valable partout ailleurs, l'est également ici: il faut combattre si possible le bruit à la source. Concrètement, cela signifie qu'il faut utiliser des ventilateurs aussi silencieux que possible. En cas de doute, recourir à un ventilateur de gamme supérieure et le faire fonctionner à bas régime. L'expérience montre que les habitants sont très sensibles aux bruits des ventilateurs, surtout dans les chambres à coucher. C'est pourquoi des amortisseurs de bruit supplémentaires sont le plus souvent nécessaires même pour des ventilateurs silencieux.

Le spectre critique du bruit provoqué par les petits ventilateurs se situe généralement entre 125 et 2000 Hz. Les amortisseurs de bruit bon marché à cloisons minces ne sont efficaces que pour des fréquences supérieures à 1000 Hz. De tels amortisseurs sont par conséquent inadéquats pour l'absorption des bruits des ventilateurs.

### 5.6.3. Téléphonie

La transmission du bruit d'une pièce à l'autre par les conduits d'air doit être évitée par des mesures particulières.

Une solution fréquemment choisie consiste à insérer un amortisseur dans le canal d'amenée d'air ou à la bouche d'entrée d'air pulsé de chaque chambre. Ceci permet un cheminement de l'air neuf sous forme d'arborescence, avec des conduits courts.

La combinaison d'amortisseurs de bruit avec une boîte de distribution par appartement s'est avérée concluante (voir le schéma). Elle remplit en même temps plusieurs fonctions:

- ▶ Amortissement des bruits des ventilateurs.
- ▶ Amortissement de l'effet téléphone.
- ▶ Répartition par appartement.
- ▶ Réglage centralisé du taux de renouvellement d'air (cf. ci-dessous).

Les transferts d'air directs constituent un cas particulier (voir ci-dessus). Pour des pièces qui ont des exigences élevées au niveau acoustique (chambres à coucher), il faut les construire de manière à ce qu'elles absorbent le bruit. La règle empirique suivante est valable: il ne faut pas transmettre plus de bruit par les transferts d'air que par les portes. Par conséquent: meilleure est la porte, meilleur doit être l'amortisseur de bruit.

### 5.6.4. Bruits solidiens

Le son peut se propager aussi bien dans l'air que dans les solides. Dans des installations d'aération, nous avons généralement à faire aux bruits aériens. Dans deux cas, il faut cependant prêter attention aux bruits solidiens:

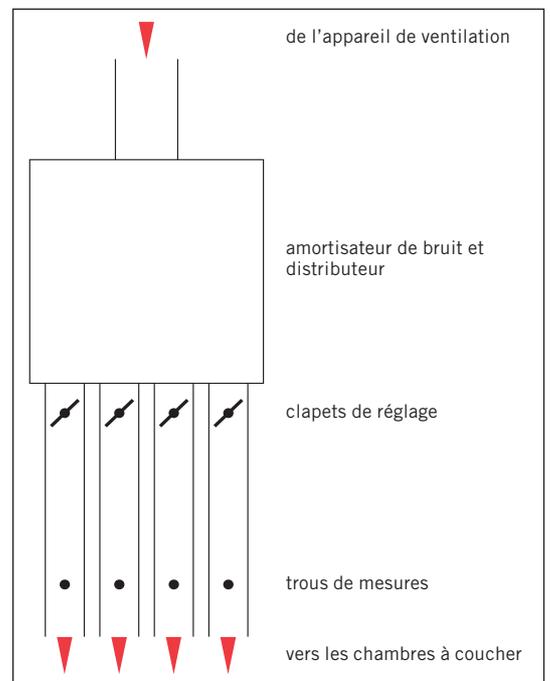
- ▶ L'appareil d'aération devrait être monté sur des supports antivibration et relié au réseau de distribution à l'aide de raccords souples.
- ▶ Lors de la pose de gaines dans la chape ou en cas de diffuseurs d'air à même le sol, il faut veiller soigneusement à ce qu'aucun pont phonique rigide ne puisse s'établir entre l'enveloppe du bâtiment et la dalle.

### 5.6.5. Matériaux d'amortissement acoustique

Les nattes en fibres minérales fréquemment utilisées pour revêtir les gaines et cloisons peuvent dégager des fines particules dans l'air. Elles doivent par conséquent être entièrement recouvertes (aussi sur les tranches!) d'une couche résistante à l'abrasion, surtout dans la zone de pulsion, ou - encore mieux - être remplacées par une mousse synthétique.

## 5.7. Dispositifs de réglage

Dans une mise en service, le réglage soigneux est d'une importance déterminante pour l'efficacité et le confort de l'installation entière. Malheureusement, l'expérience montre que malgré tout, le réglage est souvent négligé ou carrément omis. Dans des systèmes à plusieurs allures, un protocole de mesures et de réglage doit être transmis à l'utilisateur pour qu'il sache quel débit d'air est fourni pour chaque allure. Sinon comment pourrait-il alors se servir correctement de son installation?



**Unité combinée pour l'amortissement du bruit, la distribution dans l'appartement et le réglage**

- ▶ Le débit d'air global sera déterminé par la vitesse de rotation du ventilateur. Les quantités d'air pulsé et évacué par pièce doivent toutefois être ajustées avec un soin particulier, afin que chaque pièce reçoive un débit d'air correct.
- ▶ Comme dispositifs de réglage, des clapets à commande manuelle sont montés habituellement dans chaque conduit de pulsion et de reprise d'air (cf. schéma dans la section précédente). Des écrans d'IRIS ou des régulateurs à débit constant sont plus confortables, mais également plus coûteux.
- ▶ Les trous de mesure doivent également être pris en considération lors de la planification, afin qu'ils puissent être disposés dans la partie laminaire de l'écoulement. La combinaison avec une bonne répartition pièce par pièce dans l'appartement a fait ses preuves selon le schéma de la section précédente.

Un système de distribution breveté qui fonctionne bien sans élément de réglage est actuellement disponible sur le marché. Il utilise, pour la distribution fine, des conduits de faible section dont la perte de charge est si élevée que le taux d'air se détermine seulement par la longueur de tuyau. Le système, à première vue plausible, a toutefois un désavantage notable: il faut des ventilateurs plus puissants et beaucoup plus gourmands en énergie électrique afin de compenser la grande perte de charge. En outre, tout réglage ultérieur est exclu!

### **5.8. La protection contre l'incendie**

Dans des immeubles collectifs et des habitats groupés, chaque appartement représente un secteur à maîtriser. Par conséquent, des mesures appropriées doivent être prises pour empêcher la propagation du feu d'un appartement à l'autre par le réseau de ventilation.

Ce problème ne se pose pas avec des installations individuelles sans éléments en commun. Toutefois, dès que, par exemple, un puits canadien est partagé entre plusieurs logements, des mesures doivent être prises contre la propagation du feu du sous-sol vers les étages.

- ▶ Une solution possible mais coûteuse est l'isolation antifeu de tous les tubes et canaux traversant un compartiment (cellule) coupe-feu étranger.
- ▶ S'il y a peu de canalisations verticales, les clapets habituels de protection contre l'incendie peuvent être mis en œuvre.
- ▶ Les dispositifs «Fireblock» sont plus simples et meilleur marché. Ils se gonflent sous l'effet de chaleur et ferment les conduits.

Il est vivement recommandé de discuter suffisamment tôt du concept de protection contre l'incendie avec les autorités compétentes.

## 6. L'appareil compact

Il existe une série d'appareils compacts et économiques de différentes dimensions et performances disponibles sur le marché. De nouveaux modèles sont commercialisés presque tous les mois. Cela prouve l'intérêt croissant pour l'aération des habitations. Ces appareils comprennent habituellement:

- ▶ un échangeur de chaleur,
- ▶ deux ventilateurs et
- ▶ deux filtres.

### 6.1. L'échangeur de chaleur

Tous les échangeurs de chaleur représentés dans l'encadré ci-contre se rencontrent dans les appareils compacts d'aération. Les plus utilisés sont les échangeurs à courants croisés et à contre-courant.

Certains appareils compacts récents contiennent une pompe à chaleur au lieu de l'échangeur de chaleur. On distingue deux groupes:

- ▶ quelques-uns tirent profit de la chaleur récupérée pour réchauffer l'air neuf pulsé. Ce concept est une aberration: un bon échangeur de chaleur obtient presque le même résultat tout seul; de plus il est meilleur marché et ne consomme pas d'électricité.
- ▶ la plupart exploitent la chaleur récupérée à d'autres fins, p. ex. pour le chauffage des locaux ou la production d'eau chaude sanitaire. Il s'agit, selon la définition, d'utilisation de rejets thermiques (sujet qui sera traité dans le chapitre 8).

### 6.2. Les ventilateurs

#### 6.2.1. Dimensionnement

Les ventilateurs sont habituellement dimensionnés d'abord en fonction des débits d'air à fournir et des pertes de charge à vaincre.

A cela s'ajoutent deux critères importants pour l'aération des locaux:

- ▶ le niveau sonore et
- ▶ la consommation d'énergie électrique.

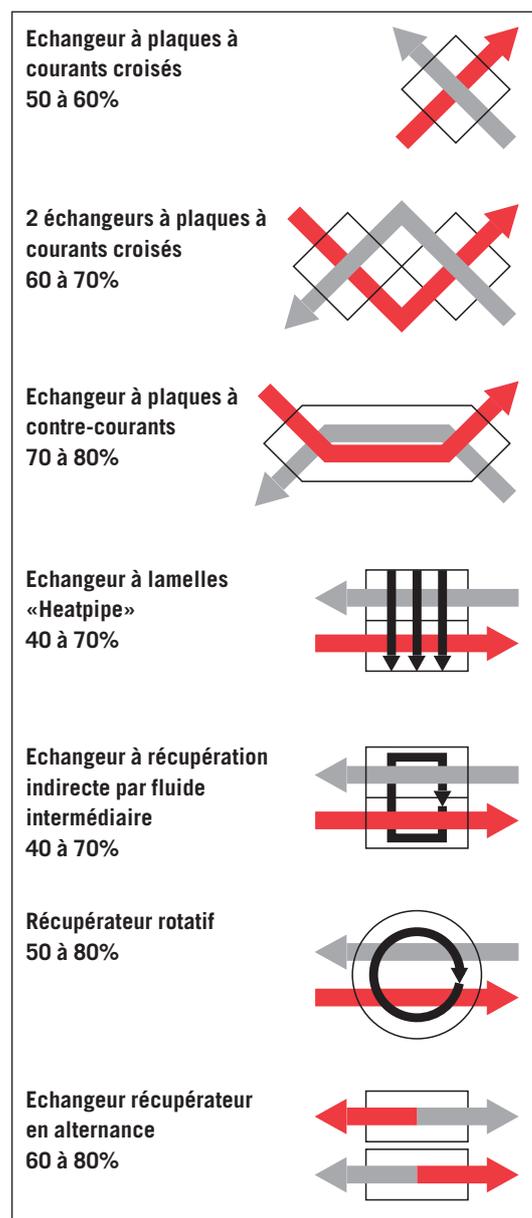
#### 6.2.2. Le niveau sonore

Pour les équipements décentralisés, et à plus forte raison pour les appareils individuels installés dans les pièces à aérer, un faible niveau sonore est effectivement l'exigence la plus importante. Un bruit d'aération audible dans les chambres à coucher n'est pas du tout toléré par les habitants.

Pour les ventilateurs centraux, cette exigence est moins problématique, parce que la propagation du bruit peut être empêchée grâce à des amortisseurs. Il est malgré tout préférable de recourir à des ventilateurs moins bruyants afin de maintenir l'investissement pour les amortisseurs de bruits dans des limites acceptables. Les valeurs limites ci-contre, mesurées à la bouche d'air d'une chambre à coucher, sont considérées comme réalisables.

#### 6.2.3. La consommation d'électricité

Vu les très longues périodes d'exploitation de l'aération (environ 6000 à 9000 h/a), la consommation d'électricité joue un rôle essentiel. Aujourd'hui, la plupart des petits ventilateurs sont mus par des moteurs à courant alternatif. Les rendements de tels ventilateurs, y compris l'entraînement, atteignent la plupart du temps 5 à 10%. L'utilisation des moteurs à courant continu et des moteurs à commutation électronique pourrait abaisser la consommation d'énergie d'un facteur 2 au moins! Une grandeur caractéristique simple permettant de juger des petits ventilateurs est la consommation spécifique d'électricité. Celle-ci est définie comme le quotient de la puissance électrique absorbée sur le débit d'air. Elle peut se référer au ventilateur seul, mais également à l'appareil tout entier. Dans ce cas, la moyenne des débits d'air pulsé et extrait sert de base de calcul.



#### Valeurs limites du niveau sonore dans les locaux:

Chambres à coucher	20 à 25 dB
Séjour	25 à 30 dB
Bains, WC	30 à 35 dB

#### Consommation spécifique d'électricité

$$\text{CSE} = \frac{\text{Puissance électrique absorbée (W)}}{\text{Débit d'air moyen (m}^3\text{/h)}}$$

Installations actuelles	0,3 à 1,0 W/(m <sup>3</sup> /h)
Valeur limite	0,3 W/(m <sup>3</sup> /h)
Valeur cible	0,2 W/(m <sup>3</sup> /h)

### 6.3. Grandeurs techniques caractéristiques

Pour caractériser la qualité énergétique d'une aération contrôlée, on recourt habituellement à trois grandeurs techniques:

#### 1. Le rendement de température

Le rendement de température est aussi souvent désigné simplement par rendement. Il indique la part de chaleur récupérée par l'échangeur, qui serait perdue sans le processus de récupération. Formule de calcul, cf. ci-contre. Ce calcul n'est valable, selon la définition, que pour les paramètres suivants:

- ▶ l'échangeur de chaleur considéré seul,
- ▶ air sec,
- ▶ par rapport à l'air extérieur.

#### 2. Le degré de disponibilité thermique

Contrairement au rendement de température, le degré de disponibilité thermique est mesuré aux entrées et sorties de l'appareil compact. Il inclut la chaleur donnée par les entraînements des ventilateurs et le cas échéant le gain de chaleur par le boîtier de l'appareil. Souvent, il est mesuré avec de l'air humide, de sorte que la valeur contient aussi les gains dus à la condensation. Il est donc toujours supérieur au rendement de température de l'échangeur de chaleur.

#### 3. Le facteur d'amplification électrothermique (FAET)

Ce facteur tient compte non seulement du gain thermique, mais également de l'électricité consommée pour obtenir ce gain de chaleur. Le FAET d'une installation complète doit aussi prendre en compte l'énergie auxiliaire pour les ventilateurs, les pompes, etc.

Le tableau ci-contre donne quelques valeurs expérimentales, valeurs limites et valeurs cibles. La valeur basse concerne les petites installations et la valeur haute les plus grandes. Le tableau confirme aussi qu'une pompe à chaleur air-air n'est pas appropriée en simple remplacement d'un échangeur de chaleur: son FAET est beaucoup plus mauvais.

Chacune de ces grandeurs a été définie dans un but bien précis:

- ▶ Le rendement vaut seulement pour l'échangeur de chaleur. Il est inadéquat pour des comparaisons entre appareils.
- ▶ Le degré de disponibilité thermique sert exclusivement aux calculs des besoins de chaleur. Il révèle peu de choses sur la qualité d'un appareil.
- ▶ Le FAET s'applique à des appareils et des installations entiers aussi bien avec récupération de chaleur qu'avec utilisation des rejets thermiques. Il est donc le plus approprié pour des comparaisons énergétiques.

#### Attention:

Les constructeurs ou distributeurs d'appareils sont naturellement intéressés à annoncer les meilleurs chiffres possibles pour leurs produits! Le degré de disponibilité thermique étant la valeur la plus élevée, c'est celui-ci qui est souvent mentionné et annoncé comme étant le rendement. Dans le contexte d'un équipement d'aération complet, parler de rendement n'est pas sérieux! Le préjudice se fait au détriment de l'honnête concurrent qui a correctement déclaré le rendement de son échangeur!

Le FAET est également sujet aux falsifications. Les appareils d'aération contiennent presque toujours deux ventilateurs. Souvent toutefois, seule la consommation électrique d'un seul ventilateur est déclarée.

### 6.4. Les filtres

On pourrait renoncer aux filtres pour des raisons hygiéniques, car l'installation de renouvellement d'air remplace l'aération par les fenêtres qui ne filtrent pas l'air. Ainsi, les appareils ne sont souvent équipés que de filtres grossiers pour protéger l'échangeur de chaleur et le réseau de distribution. Pour cette fonction, un filtre de la classe G3 suffit. Pour des personnes allergiques au pollen, un filtre anti-pollen peut être inséré dans certains appareils. Un filtre fin de la classe F7 ou F8 est recommandé dans ce cas.

#### Le rendement de température

$$\eta_t = \frac{AS - AN}{AE - AN}$$

AS = température de l'air soufflé, pulsé

AE = température de l'air repris, extrait

AN = température de l'air neuf

Attention:

Rendement ≠ «Rendement» (voir texte)

#### Facteur d'amplification électro-thermique (FAET)

$$FAET = \frac{\text{Gain thermique}}{\text{Consommation électrique}}$$

Installations actuelles

Avec échangeur 5 à 20

Avec pompe à chaleur 2 à 4

Valeur limite 10 à 20

Valeur cible 20 à 30

Dans la plupart des cas, le nettoyage et/ou le remplacement des filtres constitue la seule dépense d'entretien. L'expérience montre que malgré cela, cette tâche est souvent négligée. Des filtres encrassés augmentent la perte de charge et peuvent entraîner des fortes charges microbiennes dans l'air pulsé. Par conséquent, la surveillance des filtres à l'aide de capteurs de différence de pression ou de compteurs d'heures doit être recommandée.

Les moisissures commencent à apparaître avec une humidité relative supérieure à 70%. Si un filtre est disposé directement derrière la prise d'air extérieur, cette valeur est alors fréquemment dépassée en hiver (brouillards, pluies, neige). Par conséquent, un tel filtre doit être remplacé périodiquement, même s'il n'est pas encore trop encrassé. Cette dépense devient superflue si l'humidité relative reste toujours en dessous de 70% dans le filtre. C'est le cas lors d'un préchauffage de l'air par un puits canadien. Une autre possibilité consiste à placer un deuxième étage de filtre (p. ex. un filtre anti-pollen) après l'échangeur de chaleur.

## **6.5. La protection contre le gel**

Lors de basses températures extérieures un éventuel condensat peut geler dans la zone d'air évacué, surtout dans les échangeurs de chaleur à plaques. Ceci peut conduire à l'obstruction et même à l'endommagement de l'échangeur.

Trois mesures de protection contre le gel entrent en ligne de compte:

### **Registre de terre ou puits canadien**

Le puits canadien constitue la meilleure solution. En plus de garantir une température de l'air neuf au-dessus du point de congélation, il offre toute une série d'avantages (cf. prochain chapitre).

### **Préchauffeur antigel**

Il préchauffe électriquement l'air extérieur avant l'échangeur. C'est la solution la plus simple, mais toutefois la plus mauvaise, car la chaleur introduite dans l'échangeur est cédée à l'air évacué et est ainsi perdue.

### **Extraction temporaire de l'air évacué**

Un détecteur installé dans la gaine d'évacuation d'air déclenche le ventilateur de pulsion dès que la température descend en dessous du point de congélation ou que le flux d'air évacué devient trop faible. L'échangeur est dégelé à l'aide de l'air extrait. Cette solution a pour conséquence une perte de chaleur et de confort, parce que pendant la phase de dégel, aucune récupération de chaleur n'a lieu.

## 7. Le réseau de gaines externe

Le réseau de gaines externe se compose au moins de la prise d'air neuf et de la sortie d'air évacué. Il est fréquemment complété par un puits canadien.

### 7.1. Prise d'air neuf directe

La prise d'air neuf directe est mise en œuvre là où un puits canadien n'est pas possible. C'est le cas p. ex. pour des appareils individuels, pour des constructions anciennes, en raison de manque de place (ou d'argent), par manque d'espace disponible ou d'argent pour des gaines techniques ou si pour une quelconque raison aucun terrassement n'est possible.

Dans le cas particulier où l'appareil d'aération se trouve dans un local chauffé, la conduite d'amenée d'air neuf froid doit être la plus courte possible et bien isolée. Par conséquent, le type et le positionnement des prises d'air neuf dépendent principalement de l'endroit où se trouve l'appareil d'aération, ou inversement.

La prise d'air neuf directe exige des mesures particulières d'hygiène et de protection contre le gel (cf. le chapitre sur les appareils compacts). En outre, les mêmes critères d'emplacement valables pour toute prise d'air sont ici en vigueur; notamment:

- ▶ A l'écart des routes, des aires de stationnement et d'autres sources de nuisances.
- ▶ Pas trop près des fenêtres des chambres à coucher (bruit des ventilateurs).
- ▶ Pas dans une zone d'accumulation de chaleur estivale.

### 7.2. Le registre de terre ou puits canadien

#### 7.2.1. Le but et les fonctions du puits canadien

L'air neuf doit, autant que possible, passer par un puits canadien avant son entrée dans l'appareil d'aération.

#### **Protection contre le gel**

Un puits canadien bien conçu fournit de l'air neuf à une température presque constante d'environ 6 à 10°C. L'éventualité d'une solidification du condensat dans l'échangeur de chaleur est ainsi exclue, de sorte que d'autres mesures de protection contre le gel sont superflues.

#### **Gain de chaleur**

Même un bon échangeur a également des pertes. Celles-ci diminuent quand la température de l'air est élevée à la sortie du puits canadien.

#### **Utilisation des rejets thermiques**

Certaines installations utilisent la chaleur résiduelle encore contenue dans l'air évacué comme source de chaleur, par exemple pour des pompes à chaleur produisant de l'eau chaude sanitaire. Sans puits canadien, l'air rejeté après l'échangeur est trop froid. Mais grâce à lui, la température de l'air évacué reste en revanche plus constante et constitue ainsi une source de chaleur disponible toute l'année.

#### **L'hygiène des filtres**

Dans le puits canadien, l'air devient non seulement plus chaud, mais aussi plus sec, ce qui empêche le développement des moisissures dans le filtre (cf. section «filtres»).

#### **Rafraîchissement estival de l'air**

En été, de l'air rafraîchi peut être introduit dans l'appartement. Cet effet ne doit toutefois pas être surestimé: premièrement, la puissance de rafraîchissement est modeste vu le petit débit d'air et deuxièmement le by-pass de l'échangeur qui rend cette fonction possible n'est que rarement utilisé dans la pratique. Néanmoins, il est possible d'amener de l'air neuf dans un appartement sans le surchauffer.

#### **Fonctions du puits canadien:**

- ▶ Protection contre le gel
- ▶ Gain de chaleur
- ▶ Utilisation des rejets thermiques
- ▶ Hygiène des filtres
- ▶ Rafraîchissement estival de l'air

### 7.2.2. L'emplacement du puits canadien

- ▶ Variante 1: sous le bâtiment
- ▶ Variante 2: dans les fouilles du bâtiment
- ▶ Variante 3: dans le terrain

Toutes les variantes sont techniquement presque équivalentes. La différence la plus importante se situe au niveau des coûts: les travaux de terrassement (excavation, aplanissement, pose de matériel, étanchéification) sont coûteux en variantes 1 et 3. La variante 2 est meilleur marché, parce qu'aucun terrassement supplémentaire n'est nécessaire.

### 7.2.3. Le choix du matériel

Le matériel doit remplir les exigences suivantes:

- ▶ résistant à la pression (pression de la terre),
- ▶ résistant aux acides (acidité du sol),
- ▶ étanche à l'air et aux gaz (radon),
- ▶ facile à poser,
- ▶ bon marché.

En pratique, des tubes lisses ou striés en PVC ou PE se sont révélés adéquats. Les avantages et les inconvénients:

- ▶ La pose des tubes lisses demande plus de précautions et nécessite des raccords coûteux. Par contre, ils induisent des pertes de charge plus faibles et se nettoient plus facilement.
- ▶ Des tubes de drainage striés sans trous sont disponibles dans le commerce. Ils sont faciles à poser, bon marché et ne nécessitent pas de raccords, excepté pour le bloc collecteur (voir ci-dessous). On entend quelquefois dire que les tubes striés à l'intérieur favoriseraient les salissures et l'accumulation de micro-organismes. Des études pertinentes n'ont cependant pas confirmé ces craintes [8].
- ▶ Le PVC est meilleur marché, surtout pour les tubes lisses. Toutefois, sa production et son élimination peuvent charger fortement l'environnement.
- ▶ Des tubes lisses en Polyéthylène sont clairement écologiques, mais toutefois très coûteux, en particulier les raccords.
- ▶ On trouve des tubes striés en Polyéthylène. Ils ne sont pas plus coûteux que leurs équivalents en PVC (demander une liste de fournisseurs chez l'auteur).

Des tubes à double paroi sont aussi disponibles mais déconseillés. Ils sont d'une part plus coûteux et d'autre part, le coussin d'air entre les parois diminue le transfert de chaleur.

### 7.2.4. La prise d'air

La prise d'air directe sans puits canadien a été décrite précédemment et les mêmes exigences sont également valables ici. Quelques conditions annexes s'ajoutent toutefois pour la prise d'air d'un puits canadien. L'essentiel est qu'elle soit toujours située à proximité du sol. En pratique, les 3 variantes représentées ci-contre sont le plus fréquemment réalisées:

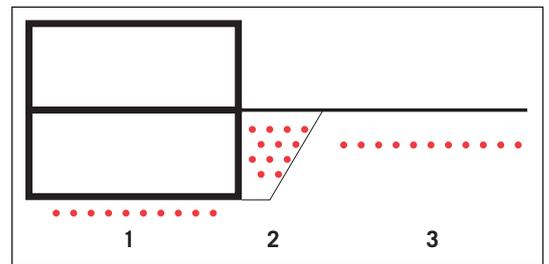
- ▶ Variante 1: Tour. Bonne solution. Pas vraiment bon marché. Esthétiquement pas toujours facile à maîtriser.
- ▶ Variante 2: Puits. Plus discret et meilleur marché que la variante 1. Trois inconvénients (avec les contre-mesures correspondantes):  
Danger d'encrassement (insérer un treillis fin sous la grille d'entrée)  
Neige (nettoyer après chaque chute de neige)  
Radon (bétonner les espaces libres entre les tubes dans le puits)

- ▶ Variante 3: Mur de soutènement. La meilleure solution et la moins chère (pour autant qu'un mur de soutènement orienté favorablement soit à disposition).

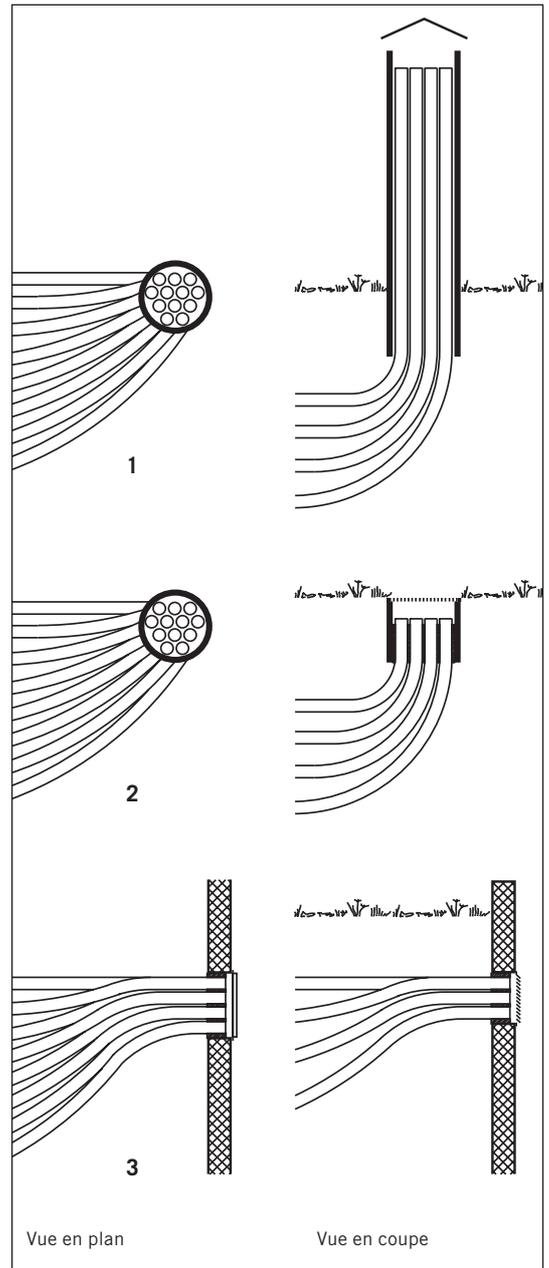
### 7.2.5. Le dimensionnement

Il n'y a pas de bases garanties pour le dimensionnement des puits canadiens. Les indications suivantes s'appuient sur les expériences de l'auteur.

Le puits canadien est constitué dans la plupart des cas de plusieurs tubes ou tuyaux disposés parallèlement. Le nombre de tubes contenus dans le faisceau est déterminé par la longueur totale nécessaire, le diamètre des tubes, la vitesse maximale



Les trois possibilités d'emplacements d'un puits canadien



Les trois variantes de prises d'air neuf pour un puits canadien

de l'air et la longueur disponible. Par conséquent, le choix du diamètre des tubes permet une adaptation du puits canadien aux conditions locales.

#### La longueur totale des tubes

Les valeurs dans le tableau ci-contre définissent un lien non scientifique mais toutefois pragmatique entre le débit d'air et la longueur totale des tubes nécessaire.

#### La longueur des tubes du faisceau

La longueur des tubes du faisceau, c'est-à-dire la distance qui sépare la prise d'air et l'appareil d'aération, ne devrait pas dépasser 25 m, pour éviter une perte de charge trop élevée.

#### La vitesse de l'air

La vitesse d'air dans le puits canadien devrait également être choisie aussi basse que possible pour limiter la perte de charge. Cela ne doit pas conduire inévitablement à des surcoûts. Davantage de tubes, mais de plus faible longueur ont un prix équivalent.

#### L'espacement entre les tubes

Chaque tube devrait être entouré d'une épaisseur de terre correspondant au minimum à 5 fois son diamètre.

### 7.2.6. Les détails de deux exemples tirés de la pratique

#### L'introduction dans le bâtiment

L'entrée souterraine du puits canadien dans le bâtiment doit être étanche à l'eau et raccordé au mur afin d'empêcher l'eau de s'infiltrer dans le bâtiment. Une solution qui a fait ses preuves pour éviter des travaux d'étanchement coûteux, consiste à utiliser un collecteur constitué de raccords de canalisation en matière plastique. Ainsi, tout puits canadien jusqu'à la surface intérieure du mur peut être posé par l'entrepris d'excavation et de maçonnerie. Cf. dessin.

#### La vidange

Quand l'air extérieur est plus chaud que le sol, l'eau peut se condenser dans le puits canadien. Par conséquent, le puits doit être vidangé. Cela peut être effectué simplement en donnant aux tubes une légère pente en direction de l'entrée dans le bâtiment. Le puits peut alors être vidangé depuis l'intérieur par un robinet placé sur un siphon. Au besoin, ce dispositif permet également de rincer le puits à partir de la prise d'air.

### 7.3. Sortie d'air évacué

La règle classique prévoit une sortie d'air évacué par le toit. Cette règle doit par contre être relativisée pour l'aération des habitations.

- ▶ Si l'appareil est installé dans les combles (ce qui arrive plutôt rarement), la règle peut sans autre être respectée.
- ▶ Pour des appareils individuels sans puits canadien répartis de manière décentralisée dans les appartements, les bouches d'entrée d'air neuf et de sortie se trouvent habituellement en façades.
- ▶ Le plus souvent on rencontre des installations faisant appel à un puits canadien, dont les appareils sont installés dans le sous-sol. Dans ce cas, plusieurs raisons exigent une évacuation de l'air au niveau du sol.

A la sortie de l'échangeur de chaleur, l'air évacué est froid. Malgré une très bonne isolation thermique, une gaine d'air froid sillonnant tout l'appartement jusqu'au toit pour y rejeter l'air vicié causerait des pertes de chaleur excessives.

Outre les pertes de chaleur, un long canal d'évacuation d'air augmente aussi la perte de charge, l'encombrement et les frais d'installation.

Il faut absolument éviter tout contact entre l'air vicié et la surface de la façade, car de la condensation ou même de la glace peut s'y former en hiver.

#### Dimensionnement des puits canadiens

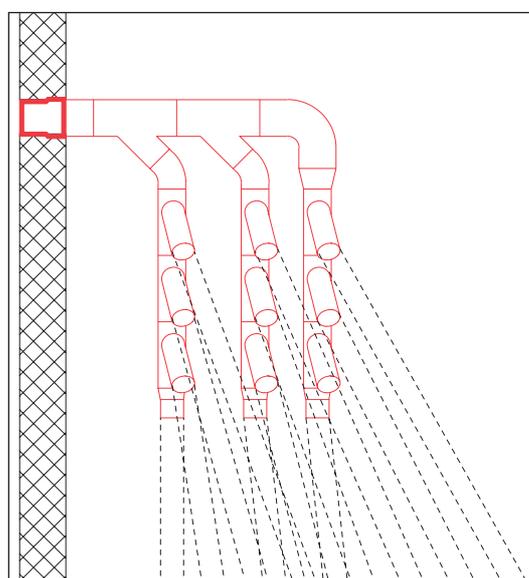
Longueur totale par 100 m<sup>3</sup>/h

ø 100 mm	40 à 120 m
ø 125 mm	30 à 100 m
ø 150 mm	25 à 80 m
ø 200 mm	20 à 60 m

Longueur maximale du tube 25 m

Vitesse maximale de l'air 1 m/s

Distance min. entre tubes 5-fois le diamètre



Collecteur et entrée dans le bâtiment

## 8. Cas particuliers

### 8.1. Utilisation des rejets thermiques

Il existe fondamentalement 4 manières de réutiliser la chaleur contenue dans l'air extrait:

- On peut évacuer cette chaleur à l'air libre. L'exemple le plus fréquent de cette méthode est l'aération par les fenêtres.
- On peut prélever, à l'aide d'un échangeur de chaleur, la plus grande partie de la chaleur contenue dans l'air extrait pour la restituer à l'air neuf introduit. Ce processus s'appelle «récupération de chaleur».
- A l'aide d'une pompe à chaleur, on peut soutirer toute la chaleur contenue dans l'air évacué et l'utiliser à d'autres fins, par exemple pour préchauffer l'eau chaude sanitaire. On parle alors «d'utilisation des rejets thermiques». Elle est moins efficace que la méthode b), parce que les pompes à chaleur n'atteignent jamais le même facteur d'amplification électrothermique (FAET) que les échangeurs de chaleur. Elle n'a de sens que dans les cas où aucune récupération de chaleur n'est possible.
- On peut aussi combiner les deux méthodes: amener d'abord l'air extrait vers un échangeur de chaleur et utiliser ensuite la chaleur résiduelle avec une pompe à chaleur. Cette pratique ne vaut toutefois la peine que lorsque la récupération de chaleur laisse encore une quantité de chaleur significative. Cela est en général le cas lorsque l'air extérieur est préchauffé dans un puits canadien. L'exemple ci-contre illustre ces interactions.

Des exemples concrets de réalisations pertinentes selon les méthodes b), c) et d) sont traités dans le chapitre «les concepts les plus efficaces».

On entend également parler de concepts aussi douteux qu'absurdes!

- Il n'est pas pertinent d'installer une récupération de chaleur (RC) à faible rendement ou de ne pas installer une RC afin qu'il reste de la chaleur résiduelle pour une pompe à chaleur. Il faut accorder plutôt la priorité à la RC qui possède un facteur d'amplification électrothermique (FAET) nettement meilleur qu'une pompe à chaleur sur l'air extrait.
- Il n'est pas judicieux d'augmenter le débit d'air neuf afin de disposer de rejets de chaleur plus importants. Un plus grand débit d'air neuf ne conduit qu'à une plus grande consommation d'énergie (énergie de chauffage, ventilateur, pompe à chaleur sur l'air extrait).
- L'exemple de calcul ci-contre démontre qu'une pompe à chaleur sur l'air extrait ne peut pas être utilisée pour un chauffage monovalent (c'est-à-dire sans énergie d'appoint). A des températures extérieures basses, le bilan énergétique ne serait en équilibre que si la pompe à chaleur présentait un coefficient de performance très mauvais (quasiment un chauffage électrique). Des pompes à chaleur sur l'air extrait ne peuvent fonctionner à des fins de chauffage qu'en mode bivalent, donc en combinaison avec d'autres producteurs de chaleur.

### 8.2. Appareils individuels par pièce

De petits appareils compacts arrivés récemment sur le marché contiennent tous les éléments d'une installation de renouvellement d'air: prise d'air neuf, sortie d'air vicié, ventilateurs, échangeurs de chaleur, filtres, entrées d'air, prise d'air vicié. Ils sont installés directement dans les pièces à aérer, dans la façade ou encore intégrés dans le cadre de la fenêtre.

Les débits d'air se situent selon l'usage entre 30 et 80 m<sup>3</sup>/h. Les rendements de récupération varient de 40 à 80%, les FAET de 5 à 30%.

Les appareils individuels par pièce sont destinés principalement à équiper des locaux existants. Leur plus grand avantage est la simplicité de montage: deux percements dans la façade et une prise électrique suffisent.

Quelques inconvénients sont toutefois à noter:

- Les appareils individuels par pièce ne peuvent naturellement pas être reliés à un puits canadien.

#### L'utilisation des rejets thermiques n'a de sens que

- ▶ si aucune récupération de chaleur n'est possible ou
- ▶ s'il existe un puits canadien.

#### Quelle quantité de rejets thermiques est-elle disponible pour être utilisée par une pompe à chaleur?

Sans RC	730 W
Avec RC mais sans puits canadien	110 W
Avec RC et puits canadien	300 W

#### Les valeurs ci-dessus sont basées sur l'exemple suivant:

Appartement 5<sup>1/2</sup>-pièces sur le plateau  
Taux d'air extérieur: 120 m<sup>3</sup>/h  
Rendement de récupération: 80%  
Air extrait: 20°C, 50% H.R.  
Air juste avant la PAC: +3°C, 100% H.R.  
Air extérieur: 1°C, 85% H.R.  
Air extérieur après le puits canadien: 8°C  
(Période: mi-novembre à fin mars)

- ▶ L'appareillage entier, y compris les ventilateurs qui se trouvent dans la pièce à aérer, peut poser des problèmes de bruit.
- ▶ L'aération en cascade n'est la plupart du temps pas possible. Chaque pièce est aérée séparément.

Pour toutes ces raisons, cette solution est mise en œuvre uniquement lorsqu'une installation centralisée pour l'appartement ou la maison n'est pas envisageable.

### **8.3. Le chauffage à air**

#### **8.3.1. Avantages**

L'utilisation simultanée du réseau de renouvellement d'air pour le chauffage des locaux est une idée séduisante. En effet, le chauffage à air a de réels avantages:

- ▶ Le double usage des canaux d'air épargne l'installation d'une distribution de chaleur séparée.
- ▶ La chaleur arrive directement avec l'air et sans retard dans les pièces.
- ▶ L'utilisation et l'entretien sont plus simples.

#### **8.3.2. Inconvénients**

Deux inconvénients majeurs sont à signaler:

- ▶ L'aération en cascade n'est plus possible. Chaque pièce doit être chauffée et aérée séparément.
- ▶ La raison principale qui a relégué le chauffage à air «à l'arrière-plan» est la faible capacité calorifique de l'air. Pour la même puissance de chauffage et la même température de fluide, le volume d'air à pulser est d'environ 3400 fois supérieur à celui de l'eau.

#### **8.3.3. Chauffage à air dans la maison MINERGIE**

L'exemple ci-contre démontre que dans une maison MINERGIE typique, le taux de renouvellement d'air de 120 m<sup>3</sup>/h ne suffit de loin pas pour le chauffage. Pour permettre un chauffage à air, une des mesures suivantes est au moins nécessaire:

- a) Augmenter la température de l'air pulsé.
- b) Augmenter le débit d'air pulsé.
- c) Réduire la puissance de chauffage nécessaire.

Ces trois mesures sont examinées ci-dessous.

#### **8.3.4. Augmentation de la température de l'air pulsé**

Pour transporter la chaleur nécessaire sans augmenter les débits d'air, il faudrait chauffer l'air pulsé à 120°C; ce qui n'est pas envisageable. Même dans un immeuble MINERGIE avec une puissance de chauffage de 2000 W par logement, une température de l'air pulsé de 70°C serait nécessaire. Cette solution n'entre pas non plus en ligne de compte. Les inconvénients sont trop importants:

- ▶ De l'air très chaud ne peut pas être introduit directement dans les pièces. Des faux plafonds ou des hypocaustes sont nécessaires. Le chauffage à air perd ainsi son principal atout, à savoir l'installation simple et économique.
- ▶ Les performances de tous les producteurs de chaleur et plus particulièrement celles des pompes à chaleur baissent quand la température de travail augmente.
- ▶ A des températures supérieures à 60°, les particules de poussières peuvent se carboniser. La suie ainsi naissante irrite les voies respiratoires et est même soupçonnée d'être cancérogène.

#### **8.3.5. Augmentation du débit d'air pulsé**

Cette solution se heurte aussi à plusieurs inconvénients:

- ▶ Pour un «chauffage à basse température» avec une température d'air pulsé à 40°C, un débit d'air d'environ 600 m<sup>3</sup>/h est nécessaire. Puisque la vitesse de l'air ne doit pas être augmentée (perte de charge, bruits), les sections des gaines devraient être multipliées par 5.
- ▶ Il faut des ventilateurs nettement plus grands, qui utilisent naturellement plus d'énergie.
- ▶ Un autre inconvénient des débits d'air augmentés réside dans le fait que les re-

#### **Chauffage à air dans la maison MINERGIE**

##### **Sans mesure particulière:**

##### **Puissance de chauffage insuffisante**

Exemple:

Villa familiale de 5<sup>1/2</sup> pièces, SRE = 160 m<sup>2</sup>  
 Installation de renouvellement d'air, 120 m<sup>3</sup>/h  
 Puissance maximale de chauffage (air pulsé à 40°): 800 W  
 Puissance spécifique de chauffage: 5 W/m<sup>2</sup>

##### **Mesure 1: Température de l'air plus élevée**

Puissance de chauffage nécessaire = 4000 W  
 Puissance spécifique de chauffage = 25 W/m<sup>2</sup>  
 Température de l'air pulsé à 120 m<sup>3</sup>/h 120°C (!)

##### **Mesure 2: Débit d'air augmenté**

Puissance de chauffage nécessaire = 4000 W  
 Puissance spécifique de chauffage = 25 W/m<sup>2</sup>  
 Débit d'air nécessaire à 40°C: 600 m<sup>3</sup>/h

##### **Mesure 3: Puissance de chauffage abaissée**

Puissance de chauffage nécessaire = 1200 W  
 Puissance spécifique de chauffage = 8 W/m<sup>2</sup>  
 Débit d'air nécessaire à 40°C: 180 m<sup>3</sup>/h

jets de chaleur sont également multipliés par 5; ce qui a également une certaine importance même avec une bonne récupération de chaleur.

- On peut éviter cet inconvénient en faisant recirculer une partie de cette masse d'air. Cette mesure entraîne un autre inconvénient: l'air pulsé n'est plus parfaitement frais. On peut comprendre que les habitants ne l'acceptent pas. Comment voudriez-vous introduire dans votre chambre à coucher l'air vicié qui a déjà circulé quatre fois dans la cuisine ou le WC? Et qu'en sera-t-il si, en plus, on fumait dans la salle de séjour?

### **8.3.6. Réduction de la puissance de chauffage nécessaire**

Pour pouvoir chauffer une maison type avec une température de 40°C et un débit d'air légèrement augmenté, les pertes de chaleur doivent être abaissées au tiers de celles du standard MINERGIE. En Allemagne, ce type de maison est appelé «maison passive» (Passivhaus). Pour le bâtiment cité dans l'exemple ci-contre (cf. encadré), il faudrait atteindre une puissance spécifique de chauffage d'environ 10 W/m<sup>2</sup>. Pour cela les exigences constructives à respecter seraient extrêmes:

Toit et façade: U = 0,1 W/m<sup>2</sup>K (épaisseur d'isolation d'env. 40 cm)

Plafond de la cave: U = 0,2

Vitrage: U = 0,5  
g = 52%

#### **Conclusion**

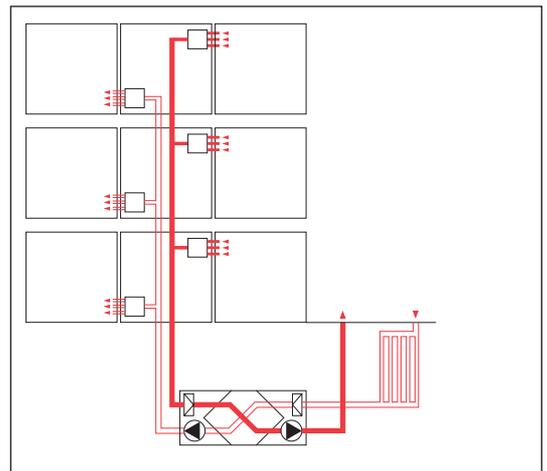
**On peut envisager d'utiliser l'installation de renouvellement d'air pour le chauffage à air à condition de respecter le standard de la «maison passive» (Passivhaus) (puissance spécifique de chauffage < 10W/m<sup>2</sup>).**

# 9. Les concepts les plus efficaces

## 9.1. Installations centrales

### Exemple 1

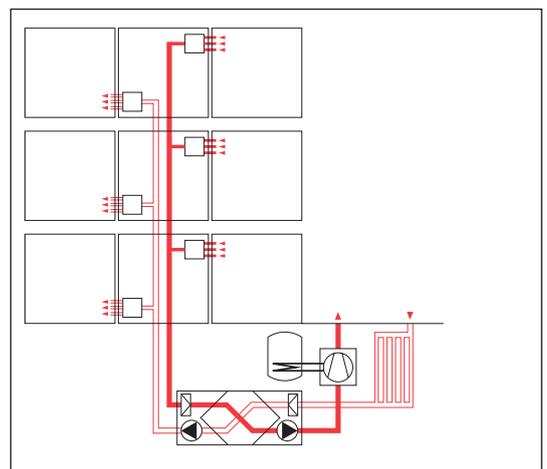
- Description
- ▶ Un appareil central pour le logement entier.
  - ▶ Air pulsé, air extrait. Echangeur à plaques. Puits canadien.
  - ▶ Le système le plus fréquemment réalisé.
  - ▶ En principe réalisable sans puits canadien.
- Application
- ▶ Cas courant pour les maisons individuelles, très fréquent pour les immeubles de logement.
  - ▶ Pour des constructions nouvelles et des rénovations importantes.
  - ▶ Equipement a posteriori dans les bâtiments existants possible seulement sous certaines conditions.
- Avantages
- ▶ Possibilité de faire un plus grand investissement au niveau technique que pour des installations décentralisées (meilleurs échangeurs, surveillance de filtre, régulation etc.), étant donné que les coûts se répartissent sur plusieurs appartements.
  - ▶ Le réglage et l'entretien peuvent être centralisés et assurés par du personnel formé.



1 Appareil central avec puits canadien

### Exemple 2

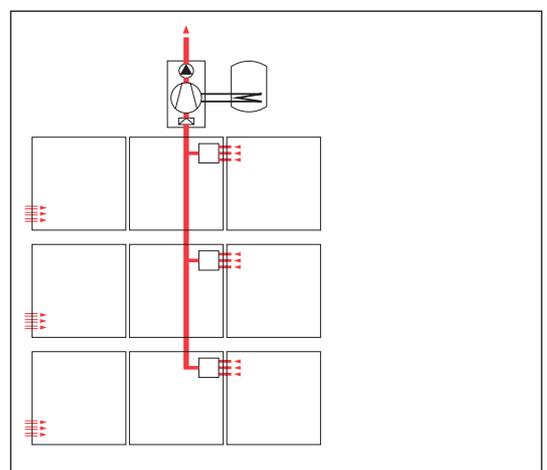
- Description
- ▶ Comme dans l'exemple 1. De plus:
  - ▶ Utilisation des rejets thermiques avec une pompe à chaleur pour le préchauffage d'eau sanitaire.
  - ▶ Possible seulement avec puits canadien.
- Application
- ▶ Réalisable partout où l'exemple 1 est possible.
  - ▶ Condition: préparation d'eau centralisée.
  - ▶ Nécessite une PAC de faible puissance (exploitation 24h/24).
- Avantages
- ▶ Comme dans l'exemple 1.
  - ▶ De plus: si un puits canadien existe, l'air extrait est une source de chaleur appropriée pour la pompe à chaleur chauffe-eau.



2 Appareil central avec puits canadien et utilisation des rejets thermiques

### Exemple 3

- Description
- ▶ Pure installation d'extraction d'air.
  - ▶ Air introduit dans les chambres à coucher par des entrées en façades.
  - ▶ Utilisation des rejets thermiques par la pompe à chaleur pour le préchauffage de l'eau sanitaire.
- Application
- ▶ Adapté pour les constructions existantes dans lesquelles l'intégration d'un réseau d'air pulsé n'est pas possible.
  - ▶ Condition: préparation d'eau centralisée.
- Avantages
- ▶ Réseau de pulsion pas nécessaire.
  - ▶ Solution simple et économique.
- Inconvénients
- ▶ Problèmes de confort liés à l'entrée d'air neuf froid.
  - ▶ Impossibilité de recourir à un puits canadien.

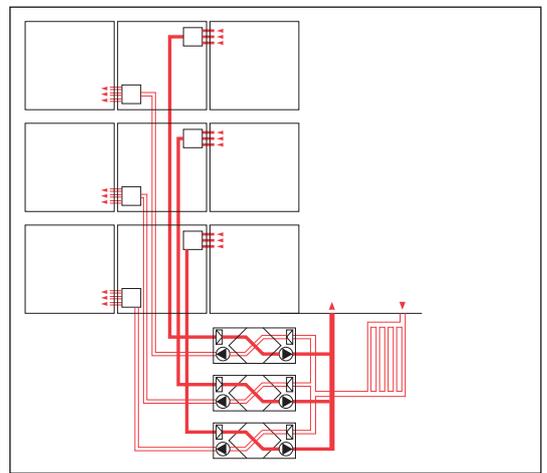


3 Installation d'extraction d'air avec utilisation des rejets thermiques

## 9.2. Installations individuelles

### Exemple 4

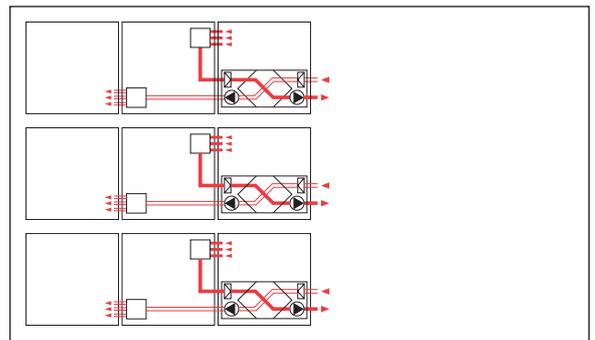
- Description
- ▶ Un appareil compact par logement.
  - ▶ Air pulsé, air extrait. Echangeur à plaques.
  - ▶ Puits canadien commun.
  - ▶ En principe réalisable sans puits canadien.
- Application
- ▶ Cas fréquent pour les immeubles de logement. Bonne alternative à l'exemple 1.
  - ▶ Pour des constructions nouvelles et des rénovations importantes.
  - ▶ Equipement a posteriori dans les bâtiments existants possible seulement sous certaines conditions.
- Avantages
- ▶ Fonctionnement individuel pour chaque appartement.
  - ▶ Aucuns frais administratifs. L'électricité est mesurée par le compteur de l'appartement, l'entretien est individuel.
  - ▶ Meilleure acceptation dans les logements en copropriété: chaque copropriétaire dispose de sa propre installation.
  - ▶ Appareil de série simple, convivial et bon marché.
  - ▶ Utilisation des rejets thermiques pour la préparation d'eau chaude également possible, comme dans l'exemple 2, pour autant qu'un puits canadien soit à disposition.
  - ▶ En principe pas plus coûteux que l'exemple 1.



4 Equipement individuel par appartement avec puits canadien

### Exemple 5

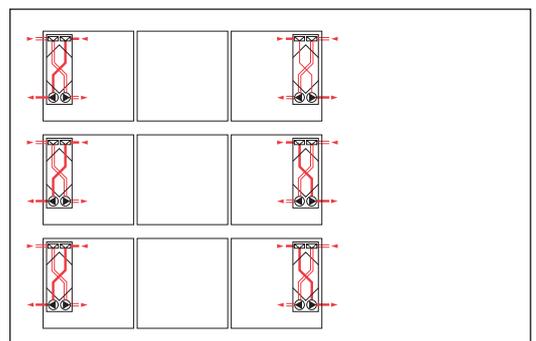
- Description
- ▶ Un appareil compact par logement.
  - ▶ Air pulsé, air extrait. Echangeur à plaques.
  - ▶ Entrées d'air extérieur et sortie d'air vicié en façades.
- Application
- ▶ Pour les constructions existantes, dans lesquelles l'aménagement d'une gaine technique n'est pas possible.
  - ▶ Une alternative à l'exemple 3.
- Avantages
- ▶ Comme dans l'exemple 4. De plus:
  - ▶ Une gaine technique n'est pas nécessaire.
  - ▶ Solution simple et économique.
- Inconvénients
- ▶ Impossibilité de recourir à un puits canadien.
  - ▶ Pas de possibilité d'utilisation des rejets thermiques.
  - ▶ Nécessité de prévoir des mesures de protection contre le gel.



5 Equipement individuel par appartement sans puits canadien

### Exemple 6

- Description
- ▶ Un appareil par pièce.
  - ▶ Air pulsé, air extrait. Echangeur à plaques.
  - ▶ Entrées d'air extérieur et sortie d'air vicié en façades.
- Application
- ▶ Equipement de constructions existantes, qui ne font pas simultanément l'objet d'une rénovation.
  - ▶ Equipement uniquement dans certaines pièces.
- Avantages
- ▶ Installation très simple.
  - ▶ Réalisation par étapes possible sans problèmes.
  - ▶ Pas d'encombrement par des conduits et des gaines techniques.
  - ▶ Solution très simple et bon marché.
- Inconvénients
- ▶ Circulation d'air en cascade impossible.
  - ▶ Impossibilité de recourir à un puits canadien.
  - ▶ Pas de possibilité d'utilisation des rejets thermiques.
  - ▶ Nécessité de prévoir des mesures de protection contre le gel.



6 Appareil individuel par pièce

## Littérature en langue française

- 1 R. Fraefel: *La maison MINERGIE. Guide de conception*. 1998
- 2 Recknagel-Sprenger-Hönmann: *Manuel pratique du génie climatique*. 2<sup>ème</sup> édition. PYC Edition, Paris, 1986
- 3 Norme SIA 382: *Installations de ventilation et de climatisation*
- 4 RAVEL: *Installations de ventilation énergétiquement performantes*. Bern 1993
- 5 Norme SIA 180: *Isolation thermique des bâtiments*
- 6 Hanspeter Bürgi & Peter Raaflaub: *Rénovation de bâtiments selon le standard MINERGIE*, 1998

## Littérature en langue allemande

- 1 CLIMA SUISSE: *Leitfaden Wohnungslüftung*. Zürich 1998
- 2 R. Fraefel: *Das MINERGIE-Haus. Planungshilfe für Baufachleute*. 1998
- 3 Recknagel-Sprenger-Schamek: *Taschenbuch Heizung und Klimatechnik*. Ausgabe 2000. Oldenbourg-Verlag, Berlin, 1999
- 4 Norm SIA 180: *Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau*. SIA Zürich 1999
- 5 DIN 1946-6: *Raumluftechnik*. Beuth-Verlag Berlin 1998
- 6 RAVEL: *Energieeffiziente Lüftungstechnische Anlagen*. Bern 1993
- 7 RAVEL: *Wärmerückgewinnung und Abwärmenutzung*. Bern 1993
- 8 B. Flückiger: *Mikrobielle Untersuchungen von Luftansaug-Erdregistern*. ETH Zürich 1997
- 9 SIB: *Bedarfsgerechte Wohnungslüftung*. Zürich 1999
- 10 Dr. J. Fehlmann: *Bedarfsgeregelte Lüftung in Räumen verschiedener Nutzung und Belegung*. Dissertation. ETH Zürich 1992



**G**