

## COMPORTEMENT EN OEUVRE DES SYSTEMES DE VENTILATION EN MAISON INDIVIDUELLE

Séminaire GEVRA - AFME - Lyon 21-22 Mars 1991

Jacques RIBERON, Jean-Georges VILLENAVE (CSTB)

### 1 - INTRODUCTION

Le CSTB a entrepris une étude visant à acquérir, au moyen d'enquêtes sur site, les connaissances permettant de mieux analyser les causes des désordres constatés sur les installations de ventilation en maisons individuelles, qu'il s'agisse de ventilation mécanique contrôlée (VMC) ou de ventilation par tirage naturel.

L'objectif de l'étude est d'identifier les points susceptibles d'être améliorés dans le domaine de la conception, de l'exécution ou de la mise en oeuvre des installations de ventilation.

On expose dans la présente communication les résultats de mesures effectuées sur des installations de VMC : mesures des débits et dépressions aux bouches d'extraction, du taux de fuite et des pertes de charge du réseau d'extraction. On a de plus procédé à la caractérisation aéraulique de certains composants de ventilation, prélevés dans quelques logements (bouches d'extraction, régulateurs de débit, extracteurs), afin d'évaluer l'effet de l'encrassement et du vieillissement.

A l'inverse de la VMC, les modalités de réalisation des installations de ventilation naturelle en habitat de construction récente sont peu connues ; aussi avons-nous établi une typologie de ces installations.

### 2 - INSTALLATIONS DE VMC

La VMC des logements en France a connu au cours des quinze dernières années un développement considérable : elle équipe aujourd'hui près des trois quarts des constructions neuves en habitat individuel. Au fil des années, elle a acquis une maturité incontestable, cependant quelques imperfections subsistent encore ici et là.

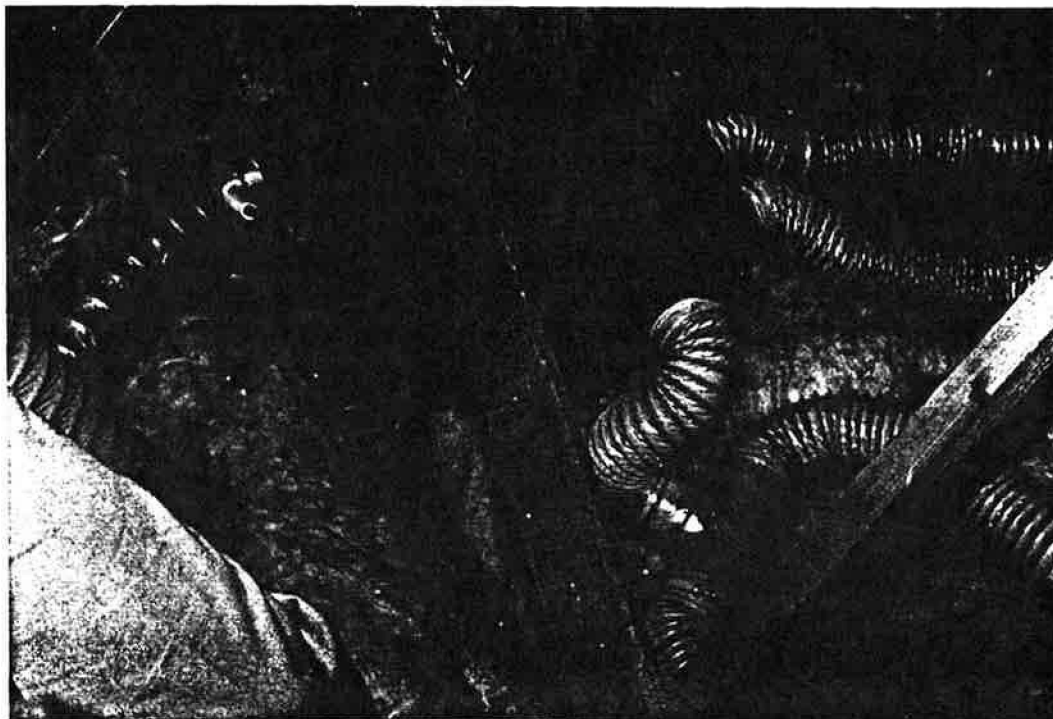
Des mesures ont été effectuées sur vingt pavillons, répartis sur neuf sites en région parisienne, tous construits entre 1980 et 1990, et tous en accession à la propriété.

#### 2.1 - Observations in situ des installations

La majorité des installations de VMC sont correctement réalisées ; toutefois certaines présentent des défauts de conception ou de mise en oeuvre préjudiciables à l'efficacité du système. Les principaux défauts rencontrés sont :

- non raccordement du conduit de refoulement en toiture, voire absence de conduit ou d'orifice en toiture, créant des désordres (condensations) ;
- choix inadapté du groupe d'extraction ; l'emploi d'un groupe à quatre piquages pour desservir cinq pièces techniques impose le raccordement de deux conduits sur un même piquage, les débits extraits s'en trouvent alors diminués (voir figure 1) ;
- longueur superflue de conduits souples, coudes nombreux et peu progressifs créant des pertes de charge excessives ;
- défaut de raccordement des conduits aux piquages de groupe conduisant à des fuites ;
- conduit constitué de plusieurs tronçons mal raccordés entre eux, donc perméable ;
- absence d'éléments régulateur de débit ;
- implantation inadaptée des bouches les rendant inaccessibles après installation du mobilier, d'où impossibilité de les nettoyer ;
- absence de manchette de raccordement entre le conduit et la bouche rendant cette dernière indémontable.

On a également observé sur une installation un défaut d'alimentation électrique du groupe : la ventilation ne fonctionnant pas, il en a résulté des condensations dans les conduits.



**Figure 1 : RESEAU DE VMC EN COMBLES**

- choix inadapté du groupe d'extraction imposant le raccordement de deux conduits sur un même piquage : dans la gamme de produits du fabricant comprenant des groupes de deux à cinq piquages sanitaires, l'installateur a retenu un groupe à trois piquages sanitaires
- conduits mal tendus
- conduit de refoulement non raccordé au groupe.

## **2.2 – Débits et dépressions aux bouches d'extraction**

Les résultats de mesures effectuées dans les logements font apparaître une grande dispersion des valeurs de débits rapportés aux valeurs réglementaires et de dépression qui peut être reliée à l'existence de défauts des installations (voir figures 2 et 3).

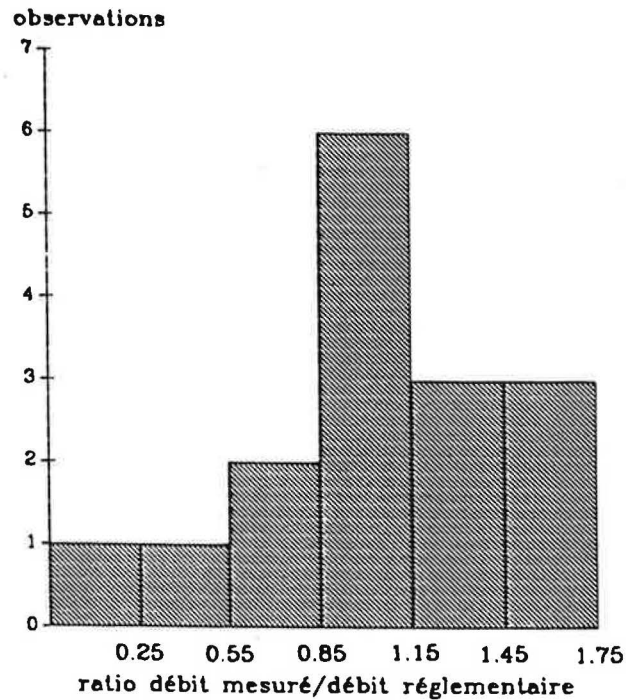
### **1) Débit total de ventilation**

Le débit minimal total d'extraction a été déterminé pour 16 logements. Dans les trois-quarts de ces logements, ce débit est conforme à l'exigence réglementaire. Dans certains logements, il est supérieur au minimum réglementaire de 45 à 60 %. En revanche, certaines installations particulièrement défectueuses n'assurent à peine un tiers du débit minimal total réglementaire, en raison essentiellement de défauts de mise en oeuvre.

On constate donc que, si des progrès étaient effectués dans la réalisation des installations, les débits réels de ventilation seraient supérieurs de 20 à 30 % à la valeur réglementaire. De ce point de vue, les Règles Th G ont tendance à sous-évaluer les déperditions réelles des logements.

### **2) Débit extrait dans les pièces de service**

L'analyse des débits par pièces de service montre des différences plus sensibles : ainsi, seulement une installation sur deux assure le débit minimal réglementaire en cuisine et en salle d'eau. Le débit de pointe réglementaire en cuisine n'est obtenu que dans un seul des 18 logements expérimentés. En revanche, le débit en WC est conforme à la réglementation dans 62 % des cas.

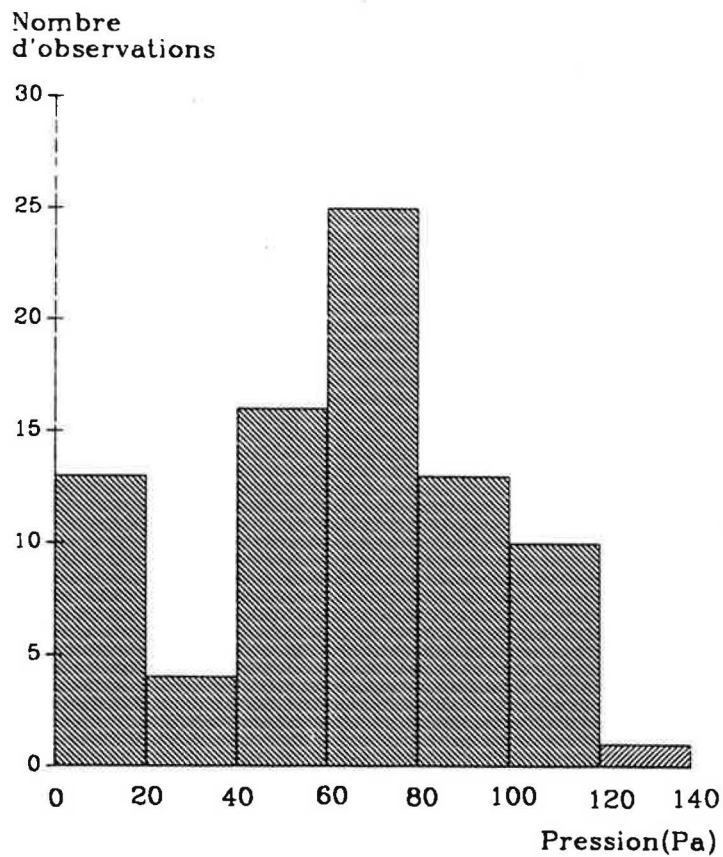


**Figure 2 :**

**DISTRIBUTION DES DEBITS EXTRAITS RAPPORTES AUX VALEURS MINIMALES REGLEMENTAIRES**

Débit total extrait des logements en allure réduite de fonctionnement de la VMC

Effectif : 16 pavillons.



**Figure 3**

**DISTRIBUTION DES PRESSIONS MEASUREES EN AVAL DES BOUCHES D'EXTRACTION  
DANS 19 PAVILLONS** La VMC fonctionne en allure réduite - Effectif : 82 mesures

### 2.3 – Pertes de charge des conduits

Les mesures de pertes de charge ont été effectuées sur 65 conduits dans 19 logements.

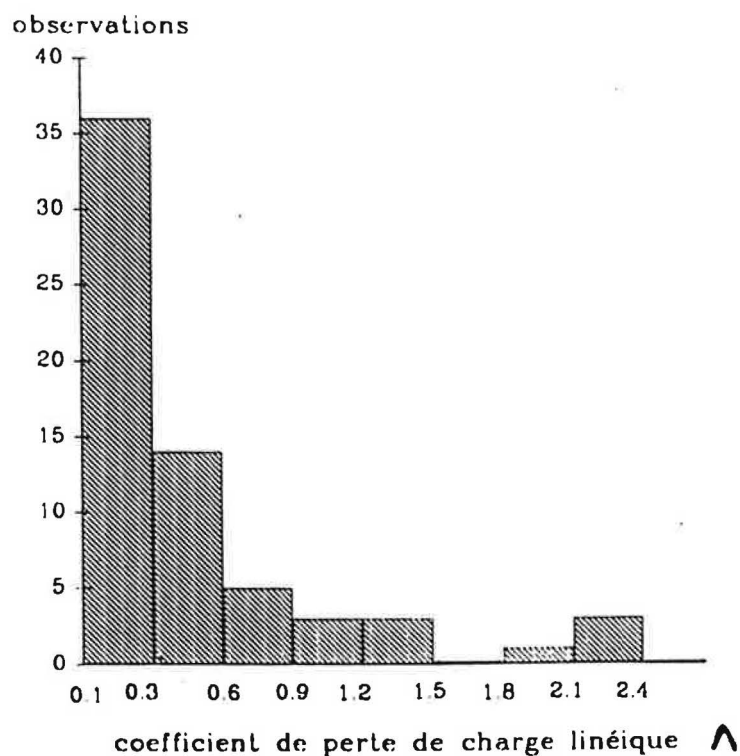
A partir de ces mesures, le coefficient de perte de charge linéique  $\Lambda$  de chaque conduit a été calculé, après estimation de ses caractéristiques dimensionnelles et du nombre de coudes présents. L'histogramme des distributions de ces valeurs fait l'objet de la figure 4. La valeur moyenne du coefficient de perte de charge linéique est égale à 0,5 ; l'écart-type est également voisin de 0,5, ce qui signifie que la dispersion de l'échantillon est importante.

Des mesures ont été effectuées en laboratoire sur des conduits souples semblables à ceux rencontrés sur site : lorsque le conduit est normalement tendu, le coefficient  $\Lambda$  est de l'ordre de 0,2 à 0,3, ce qui correspond à quatre à cinq fois la valeur d'un conduit lisse usuel.

On constate ainsi que dans 55 % des cas, la valeur du coefficient de perte de charge est comparable à celle mesurée en laboratoire, ce qui signifie que l'installation est correctement réalisée vis-à-vis de ce critère.

Les valeurs plus élevées peuvent s'expliquer par différentes raisons :

- d'abord une sous-estimation possible des dimensions du conduit et du nombre de coudes pour les installations difficilement accessibles (réseau sous laine de verre) ;
- les installations pour lesquelles le coefficient de perte de charge est environ le double de la valeur théorique ( $\Lambda = 0,6$ ) présentent des défauts de mise en oeuvre ou de conception : coudes à trop faible rayon de courbure, conduits mal tendus, sinuosités importantes, ...
- les valeurs de  $\Lambda$  voisines de 2 correspondent à un écrasement du conduit, par exemple par l'installateur, par les usagers, par des objets lourds, ...



**Figure 4**

DISTRIBUTION DES PERTES DE CHARGE DES CONDUITS DE VMC MESUREES DANS 19 PAVILLONS

Effectif : 65 mesures



## 2.4 – Taux de fuite des conduits

Les fuites des conduits d'extraction ont été mesurées sur 59 conduits dans 19 pavillons. Pour chaque conduit, on a ramené le débit de fuite à une différence de pression de 100 Pa à partir des résultats de mesures. Ces valeurs présentent toutefois une incertitude importante lorsqu'elles sont évaluées à partir de mesures de dépression très différentes de 100 Pa ; c'est notamment le cas des conduits très perméables.

On présente en figure 5 la distribution du taux de fuite, c'est-à-dire le rapport du débit de fuite au débit extrait déterminé pour la même dépression.

Au vu des résultats, on peut classer les conduits en trois catégories :

### 1) Conduits de ventilation étanches

Pour cette catégorie, qui représente 64 % de l'échantillon, les fuites sont très faibles : 0,7 à 3 m<sup>3</sup>/h sous 100 Pa. Le taux de fuite est compris entre 2 % et 12 %.

### 2) Conduits de ventilation peu étanches

Cette catégorie représente 24 % de l'échantillon. Les fuites sont ici comprises entre 3 et 10 m<sup>3</sup>/h sous 100 Pa. Le taux de fuite moyen est voisin de 30 %. Les fuites résultent généralement des défauts suivants :

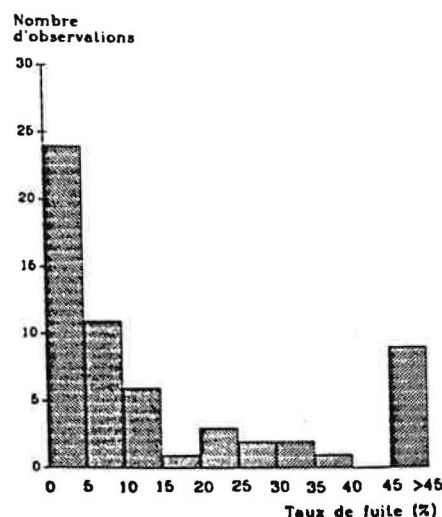
- conduits de VMC constitués de différents tronçons mis bout-à-bout et dont la jonction est mal étanchée,
- défauts d'étanchéité au niveau des piquages du groupe d'extraction,
- détérioration accidentelle du conduit, notamment lors de la mise en oeuvre ou lorsqu'il transite sans protection dans des pièces techniques sujettes à des interventions des occupants.

### 3) Conduits de ventilation très perméables

Dans 12 % des cas, soit 7 conduits, les fuites des conduits sont très importantes : 30 à 190 m<sup>3</sup>/h sous 100 Pa.

Les fuites sont ici si importantes que les débits d'air extraits aux bouches sont très faibles, voire nuls. La perméabilité des conduits résulte de diverses causes parmi lesquelles on peut citer :

- défauts d'étanchéité au raccordement entre le conduit souple et le piquage de l'extracteur, ou entre la bouche d'extraction et son conduit,
- défaut de jointement entre le conduit et la gaine technique desservant les pièces de service,
- détérioration importante du conduit souple due à une mauvaise conception ou mise en oeuvre de l'installation : elle peut résulter de tensions excessives exercées sur le conduit ou d'écrasement en combles ou dans les doublages de parois.



**Figure 5 : DISTRIBUTION DU TAUX DE FUITE DES CONDUITS DE VMC. Effectif : 65 conduits**

## 2.5 - Caractéristiques des composants de ventilation

Des bouches d'extraction, des régulateurs de débit et des groupes d'extraction ont été caractérisés en laboratoire.

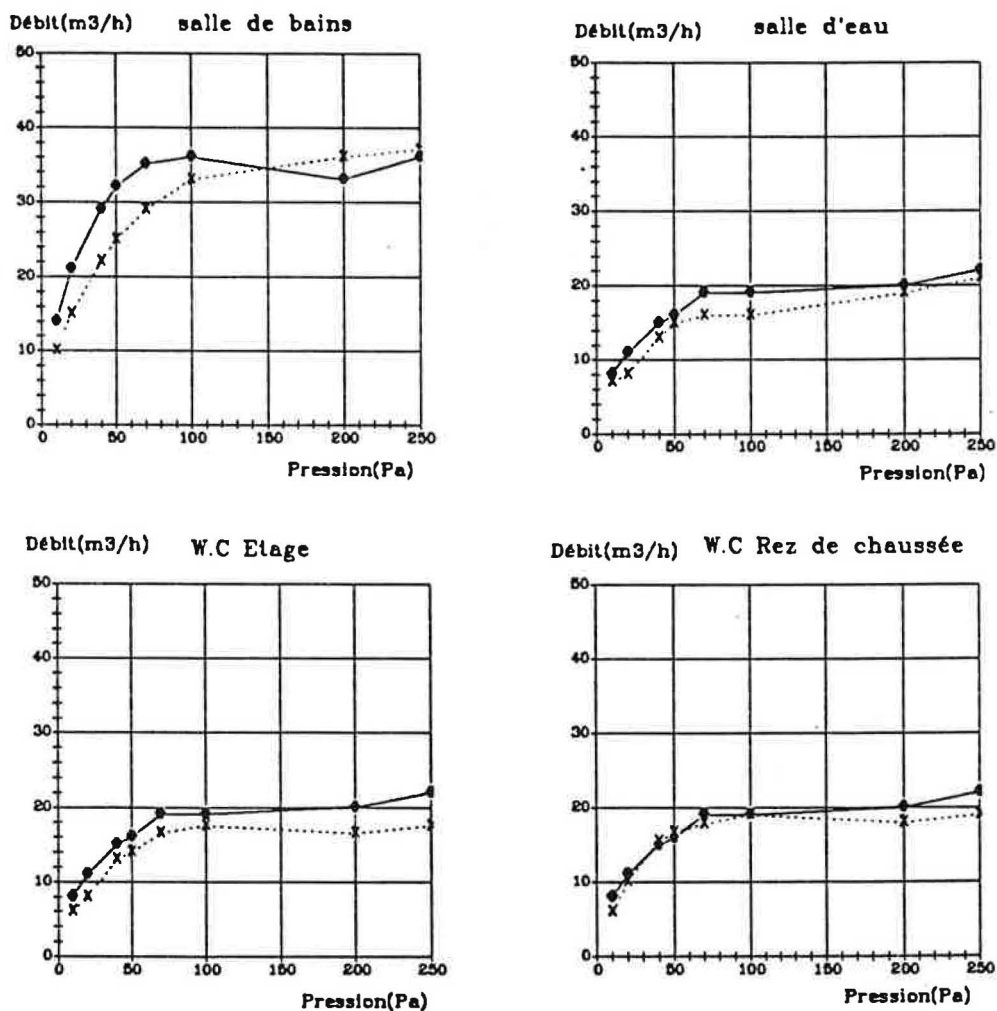
Il existe essentiellement deux type de bouches d'extraction : des bouches avec régulateur de débit et des bouches sans régulateur. Dans ce dernier cas, la stabilité des débits extraits est assurée par des organes de régulation placés dans les piquages du groupe d'extraction.

Dans la plupart des pavillons, les bouches d'extraction sont régulièrement nettoyées ; toutefois, l'entretien se limite souvent à la partie visible de la bouche, soit pour des raisons esthétiques, ou soit parce que la bouche n'est pas démontable.

Les régulateurs de débit placés derrière la bouche, et a fortiori ceux placés dans les piquages de l'extracteur, ne sont jamais nettoyés. Leur existence même est inconnue des usagers.

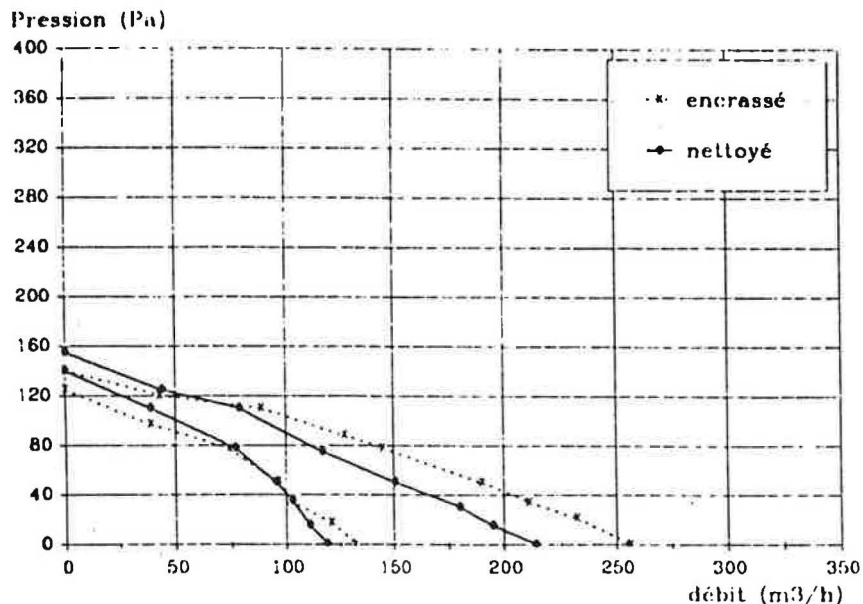
La bouche, sans son régulateur, présente une perte de charge sensiblement plus grande lorsqu'elle est encrassée ; toutefois, la présence du régulateur de débit, même encrassé, annule cet effet (voir figure 6).

Le nettoyage annuel de l'extracteur préconisé par les fabricants n'est jamais réalisé et on constate que l'extracteur est encrassé après quelques années de fonctionnement. Cependant, la caractéristique aéraulique du ventilateur (voir figure 7) n'est pas sensiblement modifiée par l'encrassement (variation des débits d'environ 10 %).



**Figure 6 : CARACTERISTIQUES DEBIT-PRESSION DE QUATRE BOUCHES D'EXTRACTION EQUIPEES DE REGULATEUR DE DEBIT**

—X— bouche et régulateur encrassés      —●— bouche et régulateur nettoyés



**Figure 7** : CARACTERISTIQUES DEBIT-PRESSION D'UN EXTRACTEUR ENCRASSE ET NETTOYE POUR LES DEUX ALLURES DE FONCTIONNEMENT (extracteur avec régulateurs de débit)

### 3 - INSTALLATIONS DE VENTILATION NATURELLE

Dans les nouveaux programmes de construction de maisons individuelles, la technique de ventilation par tirage naturel est très peu retenue : les pavillons en ventilation naturelle représente 3 % du parc national des logements ayant obtenu le Label Hautes Performances Energétiques. Ces pavillons sont préférentiellement situés dans le Sud de la France.

l'enquête typologique a porté sur quatre sites dont trois sont situés en Gironde (construction de 1985 à 1988) et un dans l'Oise (construction 1980 - réhabilitation 1988).

#### 3.1 - Typologie des installations

A l'issue des observations de terrain, il apparaît que sur la plupart des installations les entrées d'air sont sous-dimensionnées par rapport aux exigences réglementaires (de 10 % à 30 %) et les grilles d'extraction en cuisine ne possèdent pas de réglage pour obtenir le débit supplémentaire.

Les conduits de ventilation sont, soit des conduits rigides circulaires en PVC, soit des conduits souples, soit des conduits rectangulaires en fibro-ciment. Leur longueur est insuffisante pour bénéficier de l'effet du tirage thermique.

Les débouchés de conduit sont en général situés à mi-pente de la toiture, sans dépasser le faîtage (voir figure 8), ce qui ne permet pas de s'affranchir des risques de refoulement de l'air vicié.

#### 3.2 - Résultats de mesure

Les pertes de charge et les déperditions thermiques des conduits de ventilation ont été mesurées sur un nombre réduit d'installations.

Les pertes de charge du réseau (bouche d'extraction, conduit, débouché en toiture) sont de 6 à 12 Pa pour un débit de 100 m³/h. Les mesures effectuées sur le conduit seul ont montré que sa perte de charge est inférieure à 2 Pa.

Sur un seul site les conduits étaient implantés en dehors du volume habitable. Le coefficient de déperditions thermiques du conduit est de 7 W/m².°C.

**Figure 8 : DEBOUCHES EN TOITURE à CLERMONT et à ABZAC**

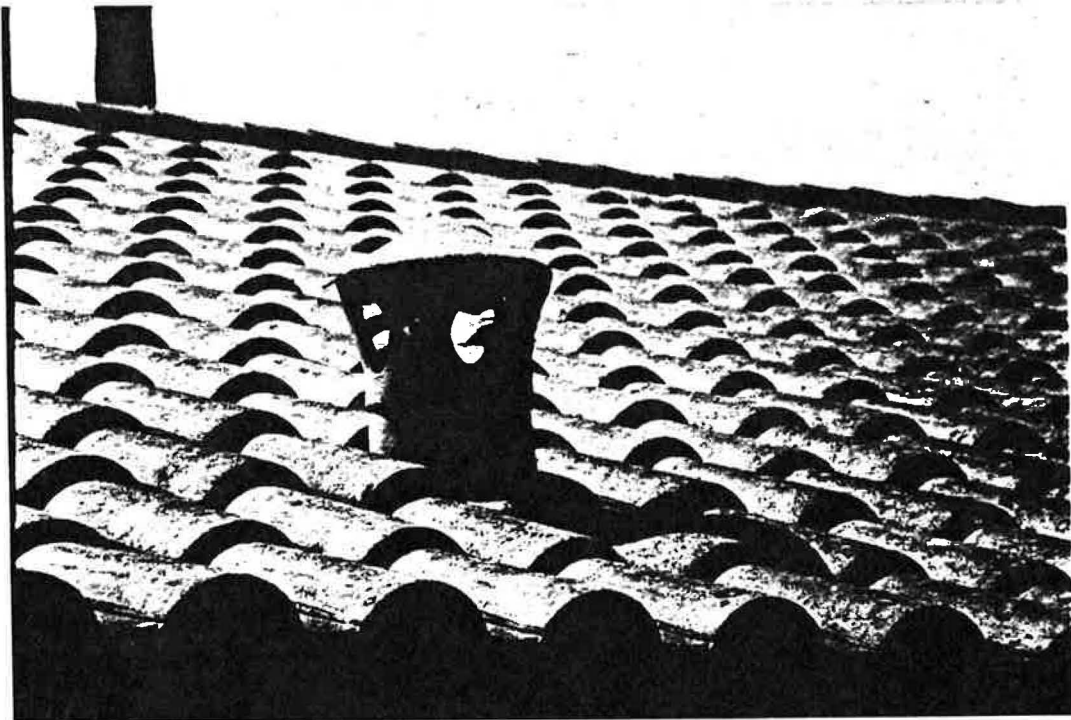


Photo du haut : débouchés de conduit à Clermont (Oise) - date de construction 1980  
 Photo du bas : débouché de conduit à Abzac (Gironde) - date de construction 1988  
 Le débouché de conduit sur le pavillon de construction récente s'intègre bien sur le plan esthétique à la toiture. On constate toutefois que :

- sa perte de charge est excessive,
- sa localisation peut conduire à des refoulements, si la toiture est exposée aux vents dominants.



## **4 - CONCLUSIONS**

### **4.1 - Ventilation mécanique**

La VMC en habitat individuel présente encore quelques défauts de réalisation qui ont pu être recensés et quantifiés par des enquêtes et mesures réalisées sur le terrain :

- L'exigence minimale réglementaire de débit total est satisfaite dans les trois quarts des logements. En revanche, la valeur réglementaire du débit de pointe en cuisine n'est obtenue que dans un seul des vingt logements expérimentés. L'insuffisance du débit de pointe en cuisine n'est généralement pas source d'insatisfaction pour les usagers, car les logements sont souvent équipés d'une hotte de cuisine motorisée à recyclage ou à rejet extérieur.
- Les fuites des conduits de ventilation sont généralement dues à des défauts de raccordement ou d'emboîtement, mais également à des détériorations du conduit consécutives à des mauvaises mises en oeuvre. Notons toutefois que dans 64 % des cas les fuites des conduits sont négligeables.
- 55 % des conduits testés ne présentent pas de pertes de charge excessive (coefficient de perte de charge  $\Delta$  compris entre 0,1 et 0,3). Les pertes de charge plus élevées des autres conduits sont dues à des mises en oeuvre peu soignées (nombreux coudes à trop faible rayon de courbure, conduit mal tendu, sinuosité du réseau, ...) ou à d'importants défauts de conception et de réalisation (conduits écrasés sous la laine de verre).

Le groupe d'extraction, placé dans des combles très difficilement accessibles, n'est de fait jamais entretenu par l'utilisateur. Cela pose problème surtout pour le groupe équipé de régulateurs de débit. Le nettoyage des régulateurs de débit pourrait être effectué par l'occupant s'ils étaient placés derrière les bouches d'extraction et non dans les combles.

### **4.2 - Ventilation naturelle**

Sur les pavillons de construction récente équipés en ventilation naturelle, on constate une nette insuffisance des règles de l'art, et notamment une inadéquation entre les exigences technologiques (hauteur de tirage, débouché de conduit dépassant le faîtage), et les contraintes architecturales et esthétiques (débouché du conduit).

Toutefois, les défauts de réalisation observés ne conduisent ni à des pathologies graves au niveau du bâti (condensations, moisissures), ni à des plaintes des occupants liés à la sous-ventilation.

La généralisation des hottes de cuisines (raccordées aux conduits de ventilation naturelle, ou bénéficiant d'une extraction propre), la ventilation par ouverture des ouvrants, pallient les défauts de la ventilation générale du logement.

Ces constatations renforcent l'idée émise par les professionnels qu'il serait souhaitable d'établir des règles de l'art qui permettent :

- aux architectes de concevoir des aménagements intérieurs permettant la mise en place de conduits de ventilation et d'intégrer les débouchés de toiture dans l'esthétique générale de la façade,
- aux bureaux d'étude et concepteurs de calculer l'installation (de l'entrée d'air au débouché de toiture),
- aux entrepreneurs de mettre en oeuvre cette technique.

**BIBLIOGRAPHIE****- EPEBat**

La ventilation mécanique contrôlée : fonctionnement des installations et satisfaction des usagers. Cahier du CSTB n° 2184, livraison 282, Septembre 1987.

**- CSTB, MELATT**

Solutions techniques pour le respect du règlement thermique en maison individuelle. Avril 1988.

**- J. RIBERON**

Installations de VMC en maisons individuelles. Observations in situ de leur fonctionnement. CSTB-GEC 88.4456(a), Champs-sur-Marne, Novembre 1988.

**- J. RIBERON, M. KILBERGER**

Pathologie des installations de ventilation mécanique et systèmes hygrorégulables. Séminaire "Ventilation et renouvellement d'air". AFME Sophia-Antipolis, 19 et 20 Septembre 1989.

**- J. RIBERON, JG. VILLENAVE, R. SIMEON**

Installations de ventilation naturelle. Conception et dimensionnement. CSTB-GEC 89.5022, Champs-sur-Marne, Novembre 1989.

**- J. RIBERON, JG. VILLENAVE, R. SIMEON**

Comportement en oeuvre des installations de ventilation en habitat individuel. CSTB GEC/DAC-91.6R, Champs-sur-Marne, Février 1991.