

**UN RENDEZ-VOUS C.S.T.B.**

**VENTILATION DES LOGEMENTS**

**SUIVI D'INSTALLATIONS EQUIPEES DE SYSTEMES  
HYGROREGLABLES**

**M.KILBERGER (CETE de Lyon)  
M.RIBERON (CSTB)  
M.GAILLARD (CETIAT)**



**LES RENDEZ-VOUS DU CSTB  
VENTILATION DES LOGEMENTS  
27 SEPTEMBRE 1990**

*Suivis d'installations équipées de systèmes hygroréglables*

M. KILBERGER (CETE de Lyon) J. RIBERON (CSTB), P. GAILLARD (CETIAT),



## **I - INTRODUCTION**

Les préoccupations énergétiques ont favorisé le développement de la ventilation hygroréglable. Quel que soit le procédé utilisé, le principe consiste à moduler automatiquement le renouvellement d'air en fonction de l'humidité relative des logements. Tous les systèmes sont complétés par des commandes qui permettent à l'occupant d'augmenter les débits s'il le souhaite.

Dès 1985 des travaux ont été effectués par des organismes (CETIAT, CSTB, CETE de Lyon, EDF les Renardières... etc) pour évaluer les performances et la fiabilité des trois différents systèmes commercialisés en France. Les essais et suivis réalisés sur des composants de première génération ont été riches d'enseignements. On dresse ici un résumé de ces travaux.

## **II - RESULTATS D'ESSAIS ET DE SUIVIS**

### **II - 1 - OPERATION DE NOISY-LE-ROI (SYSTEME N°1)**

Un suivi comparatif de système de ventilation classique et hygroréglable a été mené sur six pavillons situés en région parisienne : trois équipés en ventilation classique et trois en ventilation hygroréglable.

#### **II - 1.1. - Description du système**

Le système comprend un ventilateur monté dans un caisson qui comporte des piquages équipés de registres motorisés et d'orifices calibrés. La liaison avec la bouche d'extraction s'effectue par une gaine souple. Le pilotage des registres en cuisine et salle d'eau est indépendant : il est asservi à un hygrostat placé dans ces pièces. En cuisine, un bouton de commande permet d'obtenir le débit de pointe par l'ouverture de volets et la commutation de la grande vitesse du ventilateur. Pour le WC, l'ouverture du registre s'effectue par bouton poussoir, il en résulte un débit de  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  temporisé à 30 mm.

la modulation des débits par ce procédé est de type "tout ou peu". Lorsque l'humidité relative est inférieure au seuil de réglage de l'hygrostat, le registre est fermé, l'air est évacué par un orifice fixe. Lorsque l'humidité relative atteint la consigne de l'hygrostat, il commande l'ouverture du registre lui correspondant. En dessous du seuil de réglage la fermeture du registre est automatique. Les entrées d'air utilisées sont de type autoréglable.

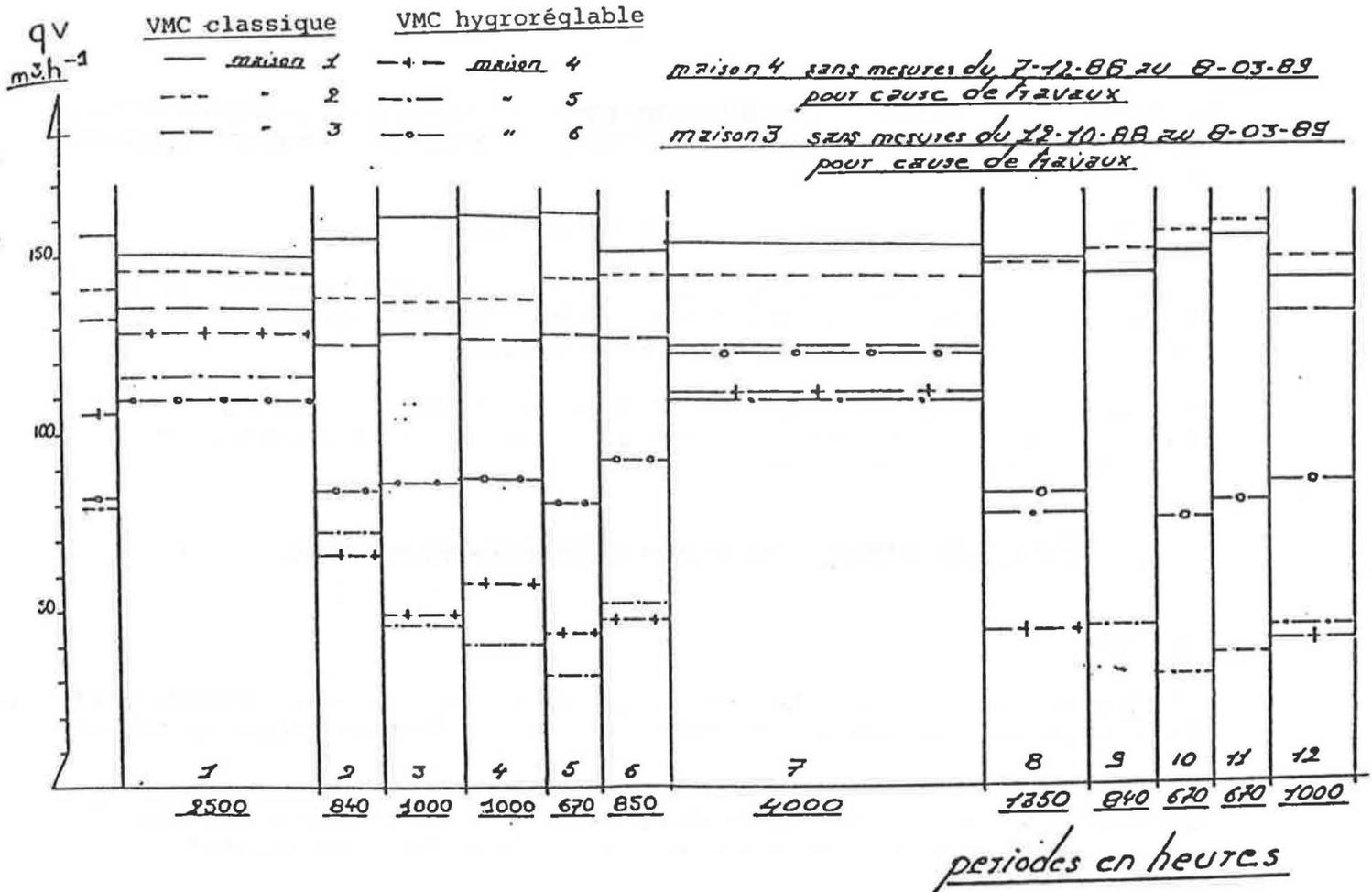
#### **II - 1.2. - Débits de ventilation et séquences de fonctionnement**

Les débits moyens extraits dans les 6 maisons pendant les diverses périodes du suivi sont représentés sur la figure n° 1. Ils sont calculés à partir des mesures de débits faites à l'issue de chaque période et de la durée de chaque séquence de fonctionnement (allures accélérée, réduite et hygroréglable).

En été, les débits moyens extraits par les systèmes hygroréglables sont inférieurs de 15 à 25 % à ceux extraits par les VMC classiques. Pendant les deux saisons de chauffage, les débits moyens extraits par les systèmes hygroréglables sont nettement plus faibles (de l'ordre de 50%) que ceux extraits par les systèmes de ventilation classiques (voir tableau 1).

Saison	été 1987		été 1988		chauffage 87-88		chauffage 88-89	
	classique	hygro	classique	hygro	classique	hygro	classique	hygro
débits moyens extraits (m <sup>3</sup> /h)	150	128	153	113	158	52	149	mesures non effectuées
	145	115	146	111	140	48	153	46
	134	109	126	125	126	85	mesures non effectuées	78

**Tableau 1** : débits moyens extraits dans les 6 pavillons



1	du 10-06-87 au 23-09-87
2	du 28-10-87 au 3-12-87
3	du 3-12-87 au 13-01-88
4	du 13-01-88 au 24-02-88
5	du 24-02-88 au 23-03-88
6	du 23-03-88 au 24-04-88
7	du 27-04-88 au 12-10-88
8	du 12-10-88 au 7-12-88
9	du 7-12-88 au 11-01-89
10	du 11-01-89 au 8-02-89
11	du 8-02-89 au 8-03-89
12	du 8-03-89 au 18-04-89

FIGURE N° 1

Evolution des débits moyens extraits pendant la campagne de mesure  
 d'avril 1987 à avril 1989

Les temps de fonctionnement des différentes allures de ventilation (accélérée, réduite hygro, ventilation WC) ont été périodiquement relevés. A l'examen des résultats, il apparaît que :

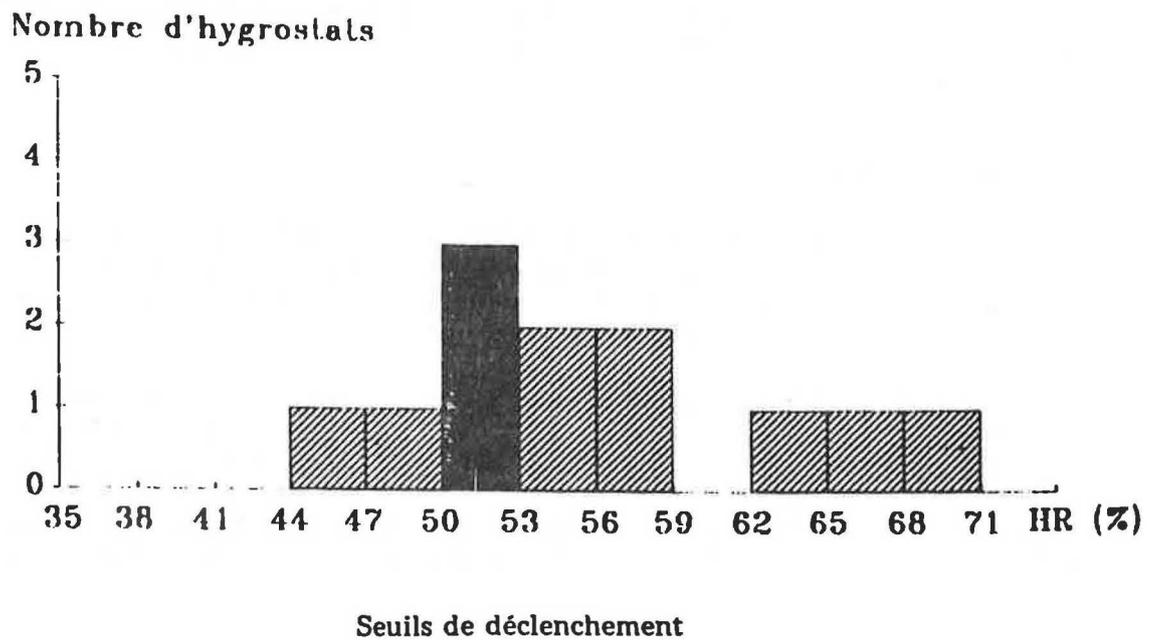
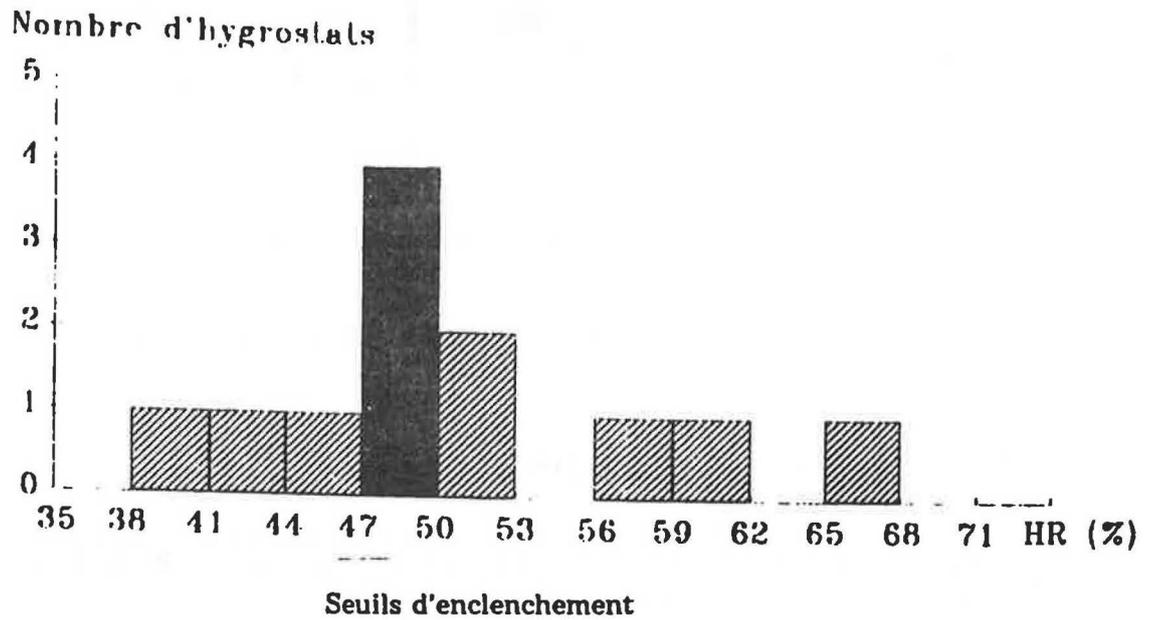
- la ventilation des WC est utilisée en moyenne 5 % du temps ;
- durant la saison de chauffage, les registres sont en position "hygro" pendant 60 à 90 % du temps dans deux logements sur trois, le temps de fonctionnement plus faible du troisième pouvant s'expliquer par une plus forte densité d'occupation ;
- pour les deux systèmes de ventilation, le temps de fonctionnement en allure accélérée est très variable (0 à 20 % du temps), les forts taux d'utilisation correspondant probablement à un oubli de l'arrêt de cette fonction.

### **II . 1.3. - Comportement en oeuvre des systèmes hygroréglables**

#### **HYGROSTATS**

Les hygrostats ont été caractérisés en laboratoire à l'état neuf, puis contrôlés après différentes périodes de vieillissement naturel sur site. les résultats d'essais ont mis en évidence :

- une importante dispersion des seuils d'enclenchement et de déclenchement (voir figure 2) mesurés dans l'état de livraison ce qui a nécessité un réglage des hygrostats avant installation ;
- une faible dérive (maximum 4 %) des seuils d'enclenchement et de déclenchement pendant le suivi (voir tableau 2) ; le différentiel de fonctionnement restant compris entre 2 % et 5 %.
- Aucune dérive significative des temps de réponse des hygrostats à des variations brusques d'humidité relative.



**FIGURE 2**

Distribution des seuils d'enclenchement et de déclenchement des hygromètres

à l'état neuf avant réglage

(La plage de réglage nominale figure en noir)

Seuils (% HR)	Avril 1987	octobre 1987	mai 1988	décembre 1988
Enclenchement (diminution d'humidité relative)	47 à 50 %	44 à 55 %	44 à 50 %	44 à 54 %
Déclenchement (augmentation d'humidité relative)	50 à 53 %	48 à 56 %	45 à 54 %	49 à 57 %

**Tableau 2 :** Evolution au cours du temps des seuils d'enclenchement et de déclenchement des hygromètres

### **GRUPE DE VENTILATION ET REGISTRES DE COMMANDE**

Un blocage des registres de débit accéléré en cuisine a été constaté sur deux installations. Pour remédier à ce défaut (dû à l'encrassement) le constructeur a augmenté le jeu entre les registres et les corps de registre.

Des essais en laboratoire ont mis en évidence une déformation des bilames de commande de registre, due à une puissance de chauffage excessive, empêchant ainsi la fermeture totale des registres. Il a été remédié à ce défaut en définissant la puissance de chauffage des bilames pour une tension de 230 V au lieu de 220 V.

#### **II . 1.4. - Entretien**

L'examen des systèmes de ventilation, effectué en fin de suivi a révélé un encrassement significatif des roues, des registres et des régulateurs de débit qui nécessitent un nettoyage pour maintenir les valeurs originelles des débits qui avaient chuté de 10 à 15 %, voire même 40 % sur un piquage sanitaire.

Ce système de ventilation hygroréglable présente une sensibilité à l'encrassement tout à fait comparable à celle des systèmes de VMC classique. Le nettoyage annuel préconisé par le constructeur doit permettre d'assurer une bonne qualité de service.

Après deux ans de fonctionnement, l'état de propreté des hygromètres est satisfaisant ; seul le nettoyage des fentes d'aération peut être nécessaire après une utilisation prolongée.

#### **II - 1.5. - Conclusion**

Le suivi comparatif a montré que ce procédé de ventilation hygroréglable procure des économies d'énergie importantes dans la mesure où le point de consigne des hygromètres est correctement réglé.

Une enquête a été réalisée auprès des occupants : ceux-ci sont satisfaits de leur système de ventilation et n'ont pas observé de désordre (moisissures, condensations) dans leur maison.

Les quelques problèmes mécaniques observés lors du suivi (blocage des registres, déformation des bilames) ont été résolus par le constructeur, et les opérations de contrôle mises en place en usine permettent de vérifier le réglage des hygrostats.

## **II - 2 - OPERATION DECHANTELOUP-LES-VIGNES (SYSTEME N°2)**

Ce suivi porte sur un ensemble de 28 pavillons, situés en région parisienne, répondant aux niveaux 3 et 4 étoiles du label HPE.

### **II - 2.1. - Description du système de ventilation hygroréglable**

Le système comprend des bouches d'extraction hygroréglables en cuisine et en salle d'eau : la modulation du débit extrait, proportionnelle à l'humidité dans une plage 30 % - 65 % est obtenue par le gonflement d'une membrane qui fait varier la section de passage de l'air. Les bouches de cuisine sont équipées d'un volet dont l'ouverture assure l'obtention du débit de pointe (135 m<sup>3</sup>/h).

les entrées d'air sont hygroréglables : elles comportent des volets mobiles permettant de faire varier la section de passage de l'air (5 à 30 cm<sup>2</sup>) en fonction de la position d'une tresse sensible à l'humidité.

Les WC sont équipés de bouche d'extraction temporisée de 30 m<sup>3</sup>/h sous 100 Pa.

### **II . 2.2. - Encrassement et vieillissement des bouches hygroréglables**

Les entrées d'air et les bouches d'extraction ont été caractérisées en laboratoire à l'état neuf, puis après une période de vieillissement sur site.

#### **ENTREES D'AIR HYGROREGLABLES**

On présente, à titre d'exemple, sur la figure 3 les courbes débit-pression d'une entrée d'air, pour différentes valeurs de l'humidité relative, à l'état neuf et après vieillissement. L'ensemble des résultats de caractérisations des entrées d'air à l'état neuf et après vieillissement est regroupé sur la figure 4 : on y présente pour chaque entrée d'air, l'amplitude de régulation du débit en fonction du débit moyen ; le débit moyen est défini comme étant la moyenne des débits d'air sous 10 Pa aux humidités extrêmes, l'amplitude de régulation comme la demi-différence de ces débits.

Les entrées d'air hygroréglables ne présentent pas de dérive importante de leurs caractéristiques aérauliques au cours du temps. A faible humidité (inférieure à 30 %), les débits d'air sous 10 Pa sont compris entre 4 et 6 m<sup>3</sup>/h à l'état neuf et entre 4 et 8,5 m<sup>3</sup>/h après 14 mois de vieillissement ; à forte humidité (supérieure à 70 %), ils sont compris entre 24,5 et 28,5 m<sup>3</sup>/h à l'état neuf entre 24,4 et 29 m<sup>3</sup>/h après vieillissement. Pour des humidités moyennes (50 %), la différence entre les caractéristiques avant et après vieillissement est légèrement plus importante ; elle peut atteindre 5 m<sup>3</sup>/h.

Les temps de réponse des entrées d'air neuves sont compris entre 6 et 16 minutes ou bien 9 à 31 minutes selon que l'on procède à une augmentation ou à une diminution de l'humidité relative. Ces valeurs ne sont pas sensiblement affectées par le vieillissement de l'entrée d'air.

### **BOUCHES D'EXTRACTION HYGROREGLABLES**

Vingt huit bouches d'extraction, caractérisées à l'état neuf, ont été installées dans une quinzaine de pavillons puis ont été contrôlées après une année de fonctionnement dans leur état naturel d'encrassement et également après nettoyage et remplacement du filtre.

Les courbes débit-pression d'une bouche hygroréglable sont données à titre d'exemple en figure 5. L'ensemble des résultats de caractérisation est montré en figure 6, les débits étant ici mesurés pour une différence de pression de 100 Pa.

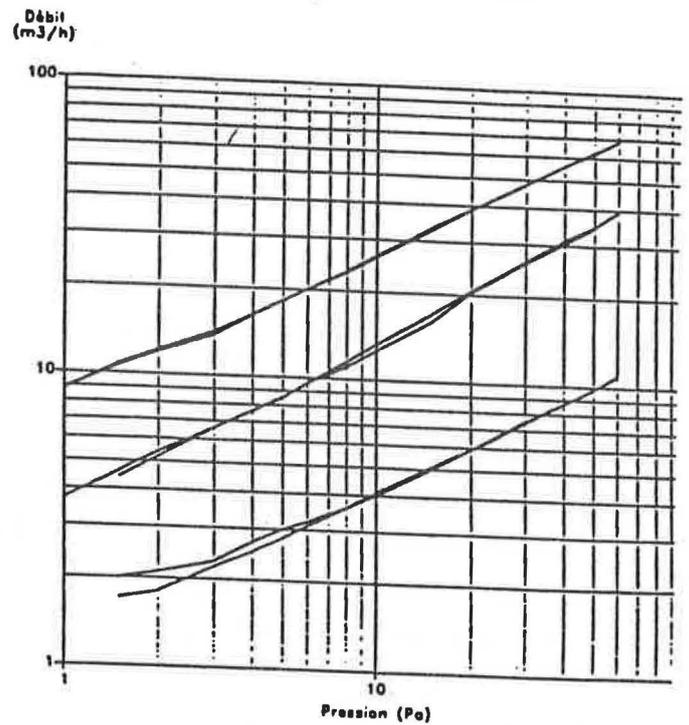
Après quelques mois de fonctionnement sur site, les bouches hygroréglables sont fortement encrassées ce qui a pour effet de réduire la plage de régulation du débit ou de bloquer le système, la bouche devenant insensible aux variations de l'humidité relative. Le débit est généralement voisin de 15 ou 25 m<sup>3</sup>/h.

Après nettoyage, les bouches retrouvent en général leurs caractéristiques originelles à 3 m<sup>3</sup>/h près ; on constate cependant, sur un quart de l'échantillon testé, une augmentation du débit aux faibles humidités de 15 m<sup>3</sup>/h en moyenne.

Le vieillissement du module de régulation n'affecte pas le temps de réponse de la bouche hygroréglable à une augmentation rapide de l'humidité relative qui est de l'ordre de 5 à 10 minutes. En revanche, le temps de réponse relatif à une diminution d'humidité, de l'ordre de 15 à 20 minutes pour une bouche neuve, est sensiblement accru par l'effet du vieillissement : sa valeur est approximativement doublée.

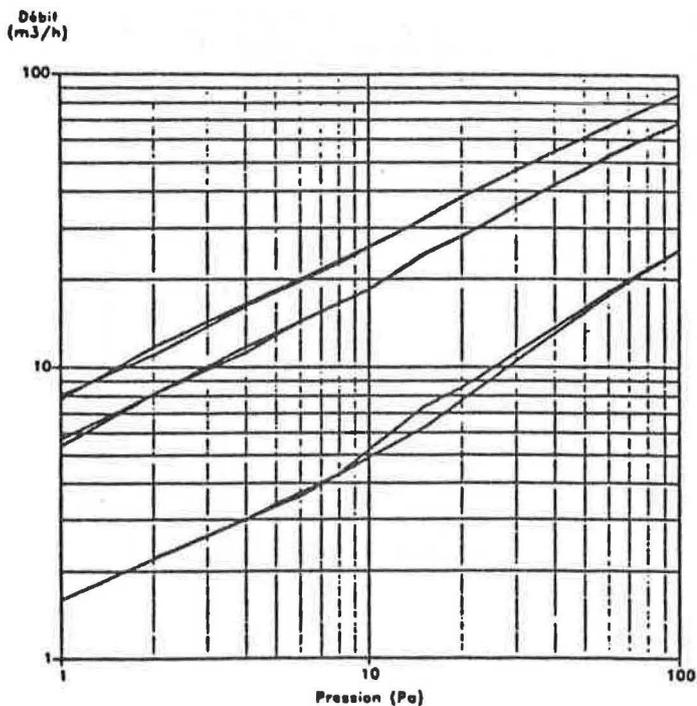
### CARACTERISTIQUES DEBIT PRESSION A L'ETAT NEUF

Entrée d'air hygroréglable  
HR 80% - 48% - 24%

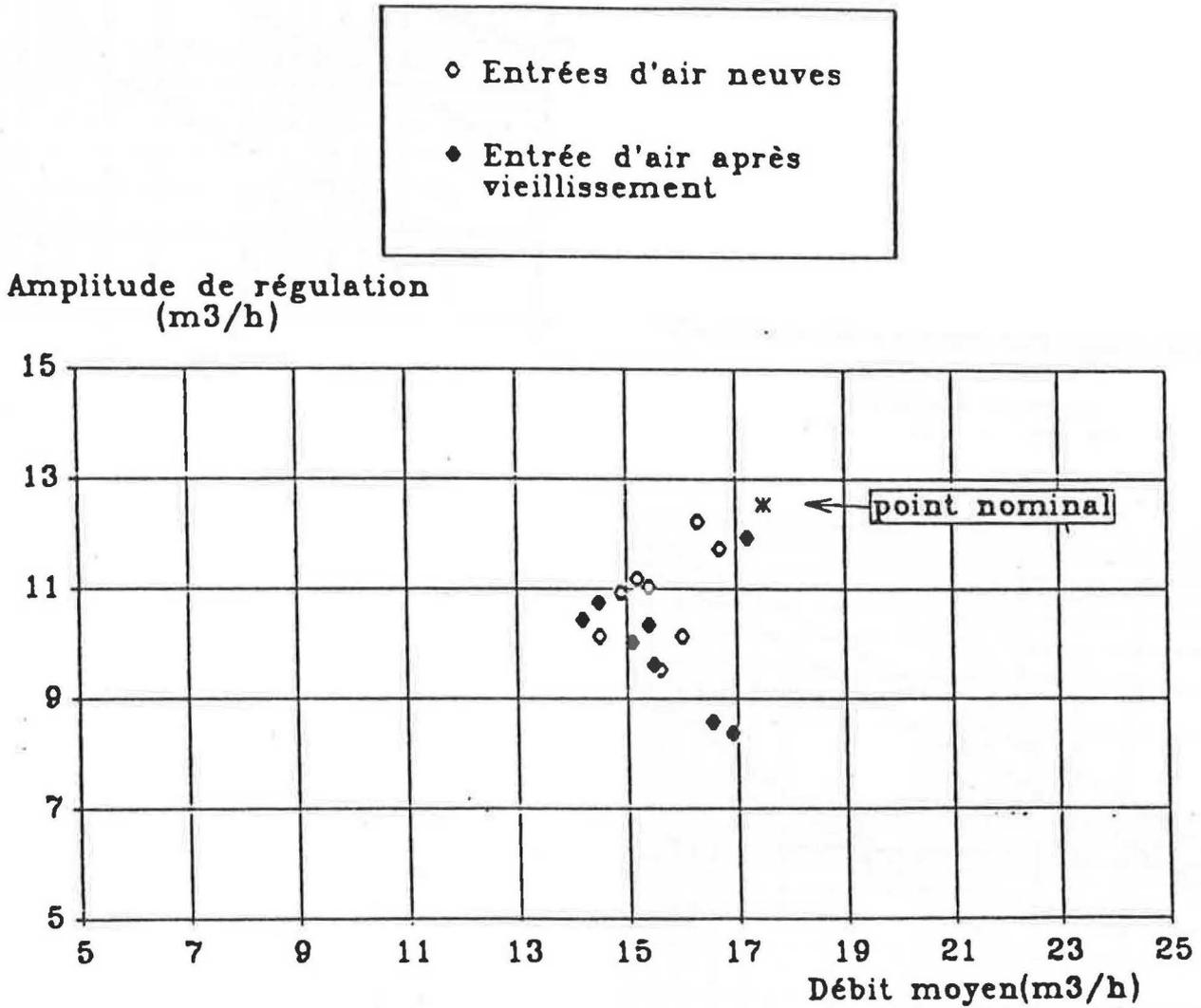


### CARACTERISTIQUES DEBIT PRESSION APRES VIEILLISSEMENT

Entrée d'air hygroréglable  
HR 29% - 49% - 81%



**Figure 3 :** Caractéristiques débit-pression d'une entrée d'air hygroréglable à l'état neuf et après vieillissement pour différentes valeurs de l'humidité relative.

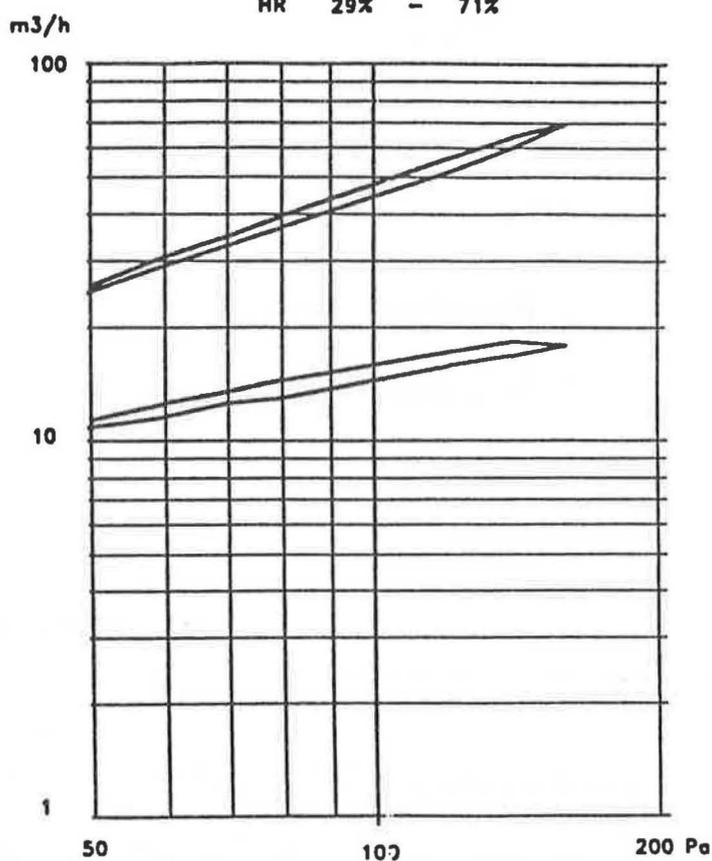


**Figure 4 :** Amplitude de régulation en débit des 8 entrées d'air hygroréglables avant et après vieillissement.

CARACTERISTIQUES DEBIT PRESSION A L'ETAT NEUF

Bouche d'extraction hygroréglable

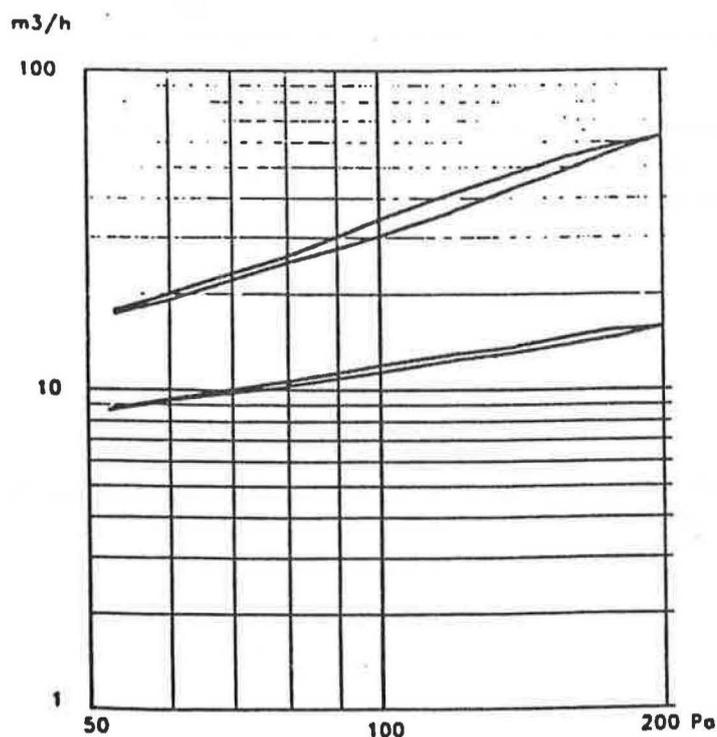
HR 29% - 71%



CARACTERISTIQUES DEBIT PRESSION APRES FONCTIONNEMENT

Bouche d'extraction hygroréglable

HR 31% - 72%



CARACTERISTIQUES DEBIT PRESSION APRES NETTOYAGE

Bouche d'extraction hygroréglable

HR 32% - 69%

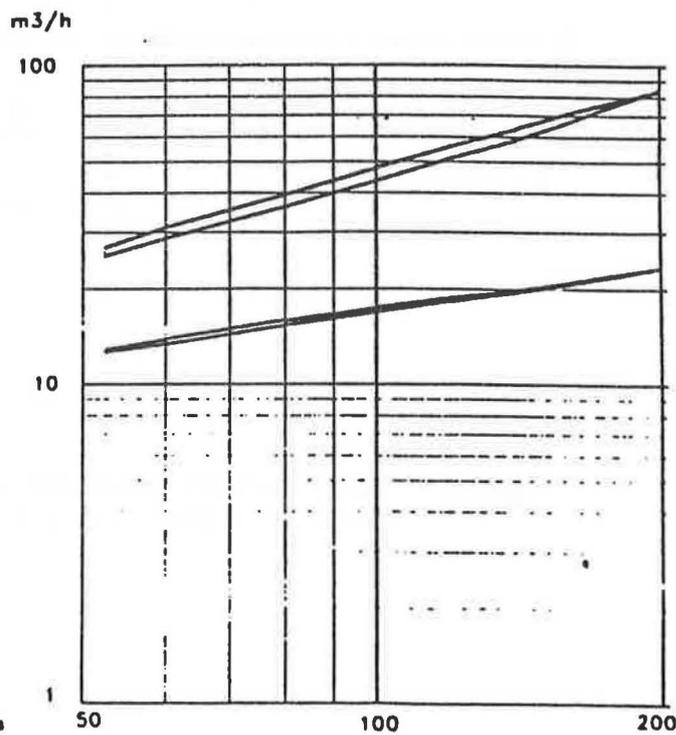
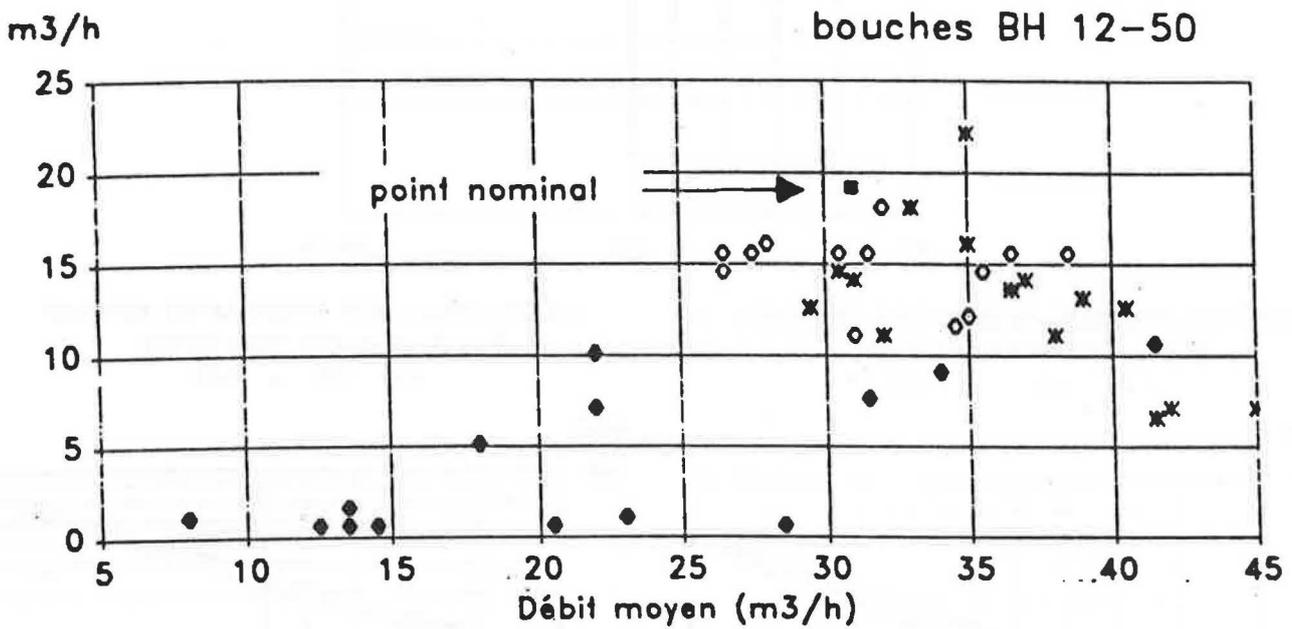


Figure 5 : Caractéristiques débit-pression d'une bouche hygroréglable pour différentes valeurs de l'humidité relative.

- ◊ Bouches neuves
- Bouches encrassées
- \* Bouches nettoyées



**Figure 6 :** Amplitude de régulation en débit des bouches hydrorégulables à l'état neuf, après vieillissement et après nettoyage.

### II . 2.3. - Comportement en oeuvre du système de ventilation

A l'issue de ce suivi, on a constaté que les installations observées ne présentaient pas de dysfonctionnements majeurs intrinsèques à ce type de ventilation. En revanche, sur plus d'un tiers des installations, on a noté des manifestations pathologiques dues à des défauts de mise en oeuvre ou de maintenance. Citons pour mémoire :

- défauts d'étanchéité des conduits de ventilation dus à des jointements mal réalisés ;
- pertes de charge excessives des conduits dues à des défauts de mise en oeuvre (sinuosité du réseau, compression des conduits, longueurs excessives,...) ;
- condensations dans les conduits non isolés lorsque les débits extraits sont faibles ;
- condensations excessives en salles de bains dues à une réduction de la ventilation consécutive à un manque d'entretien de la bouche d'extraction ;
- défauts de fermeture des bouches temporisées dus à une détérioration de la commande manuelle : le fabricant a rapidement réagi et équipe désormais ces bouches d'une commande pneumatique.

### II . 2.4. - Comportement des usagers

L'enquête a montré que les usagers sont assez satisfaits de leur système de ventilation. toutefois, le système est jugé parfois trop bruyant : sifflements aux bouches dus à des défauts de fermeture, vibrations transmises par l'extracteur lorsqu'il est mal installé,...

La ventilation est parfois jugée insuffisante en cuisine, en raison probablement d'un manque d'entretien des bouches et d'une utilisation peu efficace du système : l'utilisateur est mal, voire même pas du tout, informé sur le fonctionnement du système. En salle de bains, les débits sont parfois jugés insuffisants, un entretien correct des bouches permettrait de remédier partiellement à ce problème.

L'ouverture quotidienne des fenêtres est une pratique quasi-générale (voir tableau 3)

Ouverture des fenêtres	Hiver	Demi-saison
Chambres	89 %	100 %
Séjour	78 %	93 %
Cuisine	85 %	93 %
Salle-de-bains	63 %	74 %

Tableau 3

## **II . 2.5. - Temps de fonctionnement de la ventilation**

Les durées de fonctionnement du débit de pointe en cuisine et de la ventilation en WC de quinze pavillons ont été relevées tous les mois pendant environ une année.

La durée journalière d'utilisation du débit de pointe en cuisine varie, selon les usagers, entre 0,8 h/j et 15,5 h/j. Toutefois, pour 60% des usagers, cette durée est comprise entre 0,8 h/j et 3,4 h/j. Certains usagers utilisent régulièrement la commande de réglage du débit en cuisine, alors que d'autres en ont un usage très variable dans le temps.

Le volet du débit de pointe en cuisine est parfois maintenu excessivement en position d'ouverture, soit volontairement, soit par oubli.

contrairement à ce qui ressort des enquêtes, on constate à l'examen des relevés de compteurs que les usagers utilisent peu la ventilation dans les WC. Sur 24 bouches instrumentées, la durée journalière d'ouverture est comprise en 1 et 43 minutes ; elle est en moyenne voisine de 15 minutes ce qui, compte tenu de la temporisation de la bouche (durée d'ouverture 30 minutes) correspond à une utilisation de la commande en moyenne de un jour sur deux.

La ventilation est plus utilisée dans les WC situé à l'étage que dans ceux du rez-de-chaussée. Ceci pour différentes raisons, liées probablement aux habitudes des occupants et également au fait que les WC du rez-de-chaussée sont souvent inconfortables (isolation thermique insuffisante, ventilation autonome défectueuse).

Comme pour la cuisine, on constate une importante variabilité de l'usage de la commande manuelle de débit en vue selon les occupants.

On notera enfin que, vue sa fragilité, la commande manuelle de ce type de bouche s'avère assez rapidement défectueuse et le mécanisme n'assure plus alors la fermeture correcte de la bouche.

## **II . 2.6. - Conclusion**

Ce suivi a permis d'apprécier les performances et la fiabilité de ce système de ventilation hygroréglable et notamment sa sensibilité au vieillissement et à l'encrassement.

Si les caractéristiques des entrées d'air hygroréglables ne sont pas affectées par le vieillissement naturel des composants, il n'en est pas de même pour les bouches d'extraction. N'étant généralement pas nettoyées par les usagers, les bouches d'extraction se trouvent rapidement insensibles aux variations d'humidité ce qui réduit considérablement la plage de fonctionnement des débits extraits.

Devant ce constat, le fabricant a rapidement entamé le développement d'une seconde génération de bouches hygroréglables dans une conception améliorée. Ces bouches ont, à leur tour, fait l'objet d'un suivi, sur le même site (cf. ci-après : II . 4), mais nous présentons d'abord les résultats d'un suivi complémentaire avec mesure des débits effectué en 1985 - 1986 sur trois sites répartis dans la moitié sud de la France avec les bouches de première génération.

## **II . 3 – SUIVI SUR TROIS LOGEMENTS SITUÉS EN ZONE CLIMATIQUE H1 H2 ET H3 (SYSTEME N°2)**

Le suivi météorologique a porté sur un procédé d'aération hygrorégulée de première génération. Trois sites ont été choisis correspondant aux trois zones climatiques :

- . LA BUISSE (38) pavillon T5 pour la zone H1
- . CANEJAN (33) villa T3 pour la zone H2
- . LES MILLES (13) villa T5 pour la zone H3.

La perméabilité à l'air de ces trois logements est contrastée :

En effet les infiltrations d'air ramenées au m<sup>3</sup> habitable sont de 0,35 vol/h pour les zones H1 et H2 et de 0,19 vol/h pour la zone H3 ; ces résultats sont à comparer à la perméabilité moyenne des logements individuels (0,39 vol/h).

Le renouvellement d'air théorique de l'aération hygrorégulable a été déterminé à partir :

- de la température et de l'humidité de l'air extérieur du site (mesures),
- de la température de saturation déterminée en fonction de la paroi supposée la plus froide ( $K = 2,9 \text{ w/m}^2\text{°C}$ ),
- d'une production d'eau conventionnelle : soit 4.819 g/j pour les T3 et 6.950 g/j pour les T5,
- et d'une température intérieure de 19°C.

Ces valeurs (voir figure 7) sont à comparer aux mesures des débits extraits (mesure en continu après l'extracteur) :

Pour les trois sites, les débits théoriques hygrorégulés sont nettement inférieurs à ceux conventionnels d'une VMC classique.

Les débits mesurés en "H1" et "H3" sont en début d'occupation plus importants que ceux théoriques hygrorégulés puis ils sont ensuite devenus plus faibles. Plusieurs causes conjuguées ou non peuvent être à l'origine de ces écarts :

- les productions d'eau ne sont pas celles conventionnellement retenues : en particulier en début d'occupation l'eau de séchage des constructions (chapes, revêtements muraux, ...) s'est ajoutée à celle des occupants. L'enquête fait par ailleurs ressortir que des condensations se sont produites en début d'occupation pour disparaître ensuite. Le mobilier et l'immobilier jouent un rôle important de régulateur notamment lors des productions lentes et réparties dans le temps,

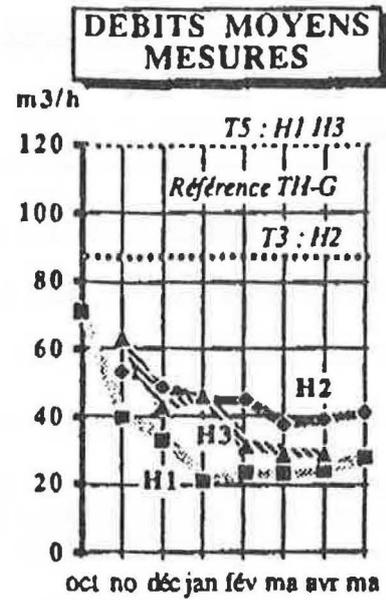
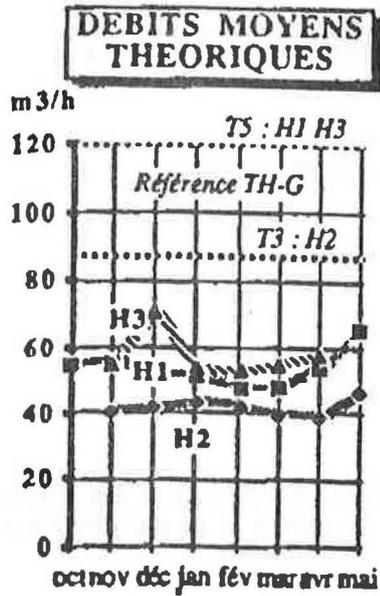


FIGURE 7 : débits d'air théoriques et mesurés pour les 3 zones climatiques

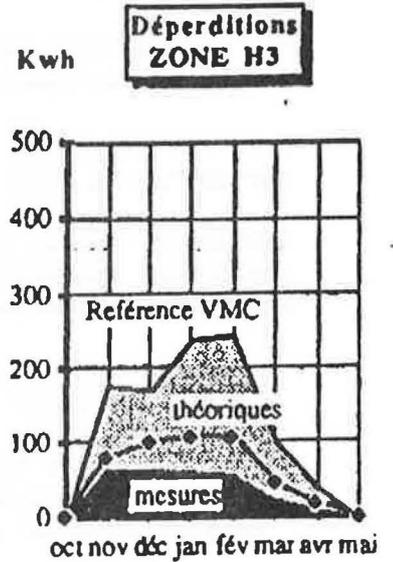
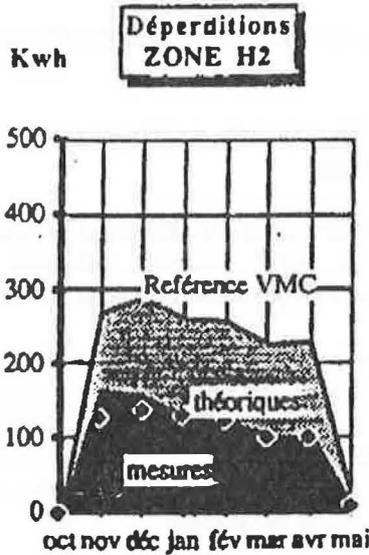
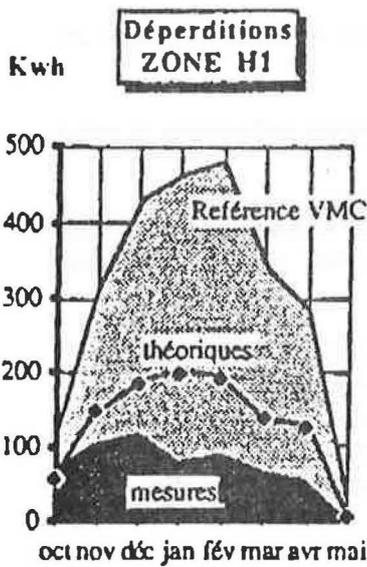
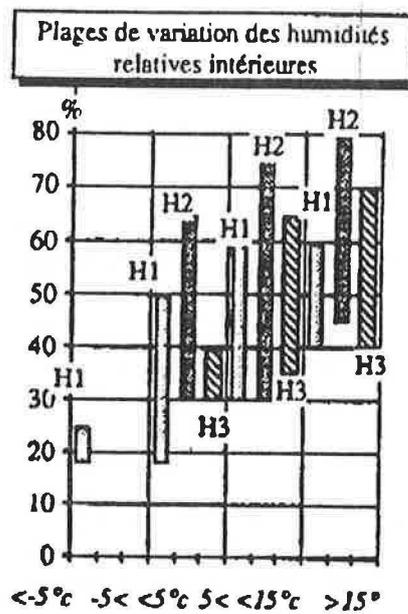


FIGURE 8 : déperditions par renouvellement d'air pour les 3 zones climatiques



**FIGURE 9** : plages de variation des humidités relatives intérieures

- l'aération transversale participe fortement à l'évacuation des productions d'eau,
- les températures intérieures et notamment au niveau des bouches de sortie d'air sont supérieures à 19°C, impliquant des humidités relatives plus faibles et conduisant ainsi à la diminution des débits,
- l'entretien des orifices de sortie d'air et des filtres est insuffisant, ce qui se traduit par un affaiblissement de l'hygrorégulation et des débits.

#### **LES DEPERDITIONS PAR RENOUVELLEMENT D'AIR SPECIFIQUE**

Les valeurs obtenues de débits d'air théoriques et mesurés peuvent être présentées en terme de déperditions thermiques (voir figure 8) :

Sur le plan théorique et en ne tenant pas compte de l'aération transversale, les gains sur les déperditions varient de 52% à 57% selon les zones par rapport à une VMC classique.

Les gains qui résultent des débits mesurés sont comparables aux gains théoriques en "zone H2" (48% pour 53% théoriques), et ils sont nettement supérieurs en "zone H1" (76% pour 57% théoriques) ou en zone "H3" (71% pour 52% théoriques).

#### **LES HUMIDITES RELATIVES INTERIEURES**

Les humidités relatives intérieures mesurées en continu sont pour toutes les zones fortement corrélées à la température extérieure : les plages de fonctionnement les plus observées sont montrées en figure 9.

Mesurées toutes les quinze secondes mais moyennées toutes les demi-heures, les variations d'humidités relatives liées à l'occupation se situent principalement entre 10% et 20% et ne sont que rarement supérieures à 30%. Des moyennes effectuées sur un pas de temps plus court feraient apparaître des variations plus fortes lors d'activités telles que la cuisine, la toilette, ....

L'analyse par demi-heure démontre cependant que le système complété éventuellement par les ouvertures manuelles des clapets par l'occupant, permet de ramener rapidement l'humidité relative à sa valeur moyenne.

En effectuant sur chacun des sites et pour trois séquences le calcul horaire du poids d'eau contenu dans l'air, on constate qu'il n'existe pas de variations importantes du poids de l'eau contenu dans l'air à certaines heures diurnes ou nocturnes.

Le risque de condensations superficielles a été évalué par analyses séquentielles sur les trois sites avec un pas de temps de la demi-heure et en considérant que le coefficient K de la paroi la plus froide est de 2,9 w/m<sup>2</sup>°C. Sur toutes les séquences analysées, la condensation ne s'est produite qu'une fois en "zone H2".

#### **LES MODIFICATIONS SOUHAITABLES**

Compte tenu des valeurs de températures et d'humidités relatives mesurées à proximité des bouches de sortie d'air, il est souhaitable de décaler de 5 à 10 points vers le bas la plage de régulation des bouches d'extraction.

Cette modification entraînera une légère augmentation du débit hygrorégulé et évitera qu'en saison froide le débit soit souvent à son minimum.

En cuisine, le clapet est parfois maintenu excessivement en position ouverte, soit volontairement soit par oubli : pour améliorer le bilan énergétique, il est souhaitable de le minuter. Une durée maximale d'une heure pourrait être retenue.

Le renouvellement d'air du WC, équipé d'une bouche 0-30 m<sup>3</sup>/h minutée, est entièrement confié à l'occupant. En cas de détérioration de la commande minutée, et lors des périodes de séchage de la construction, le renouvellement d'air n'est pas assuré. Nous proposons que ces bouches autorisent un débit de fuite en position fermée. Si une telle disposition était adoptée, on peut envisager soit de réduire à 15 mm la minuterie soit limiter le débit à 15 m<sup>3</sup>/h.

La présence d'eau dans les conduits a été signalée. Elle résulte de la condensation qui se produit dans tout conduit d'aération non isolé lorsque sont extraits des petits débits ou lorsque l'aération est rendu intermittente par l'occupant. Pour éviter cet inconvénient, les conduits doivent être isolés ou placés sous l'isolant.

Deux problèmes de maintenance se posent à court terme : l'entretien des orifices de sortie d'air et celui des filtres.

Les enquêtes montrent que seulement 57% des personnes nettoient les orifices de sortie d'air, et seulement 26% le font au moins tous les trois mois. L'entretien des orifices est donc insuffisant et le problème posé est plus important que sur une VMC classique : en effet les orifices sont plus petits et donc plus facilement obstrués.

Environ 69% des occupants n'entretiennent pas les filtres bien que 57% connaissent leur existence. Ce défaut d'entretien peut conduire à terme à la suppression de la modulation du débit en fonction de l'humidité. C'est ce qu'ont démontré les essais effectués par le CSTB.

Pour améliorer cette situation, il est souhaitable :

- d'améliorer l'information et d'assurer sa pérennité,
- que les nettoyages de l'orifice puisse s'effectuer sans démonter la bouche,
- d'installer la bouche de manière à ce que l'orifice soit facilement visible,
- de concentrer la section d'évacuation d'air,
- d'utiliser de préférence une technologie sans filtre ou au moins d'en limiter le nombre et d'en simplifier l'accès. Le filtre devrait être accessible sans démontage intermédiaire, et de donner la possibilité à l'occupant de choisir entre le nettoyage ou le remplacement des filtres, ce qui suppose qu'ils soient largement diffusés dans les commerces.

## **II . 4 – ESSAIS SUR BOUCHES DEUXIEME GENERATION (SYSTEME N°2)**

Les essais ont eu pour objet de déterminer les caractéristiques de fonctionnement hygroaérauliques des bouches en régime stationnaire :

- avant leur mise en service dans des logements à CHANTELOUP LES VIGNES le 23.03.88,
- après leur dépose des logements le 14.09.88 dans leur état d'encrassement,
- après leur nettoyage au laboratoire.

### **II . 4.1. – Description des bouches**

Une bouche d'extraction hygroréglable comprend :

- une embase de fixation en matière plastique,
- une membrane démontable pour le nettoyage dont la déformation règle la section de passage de l'air extrait,
- un module de commande comportant un capteur d'humidité (ruban) qui règle la dépression dans la membrane au moyen d'un tiroir,
- un filtre de protection de la prise de pression d'équilibre du tiroir (pression amont bouche),
- une prise de dépression du réseau, située sur la face arrière pour le modèle BHR 12-50/135, reliée au tiroir de réglage de la dépression dans la membrane,
- un registre à commande pneumatique pour le débit maximal.

La fixation de la bouche est assurée au moyen de bandes "VELCRO" adhésives fixées sur la face arrière de la bouche et sur le mur de fixation, l'étanchéité étant assurée par un joint à lèvres monté à la périphérie de l'embase.

### **II . 4.2 – résultats d'essai**

#### **Caractéristiques de fonctionnement hygroaérauliques des bouches d'extraction**

Les caractéristiques de fonctionnement hygroaérauliques des bouches sont déterminées en régime stationnaire à humidité relative croissante et décroissante pour une différence de pression de 100 Pa.

Le débit d'air des bouches pour la dépression retenue est relevé après un temps de stabilisation de l'humidité relative de l'air d'environ 45 minutes. L'humidité relative de l'air est stabilisée à  $\pm 3$  % des valeurs suivantes : 25, 32,5, 40, 47,5, 55, 62,5 et 70%. On trouvera un exemple de résultat à la figure 10.

La procédure adoptée pour le nettoyage des bouches était la suivante :

- démontage du module comportant la membrane et nettoyage avec de l'eau savonneuse
- nettoyage des fentes d'aération du module de régulation.

Les résultats d'essai suscitent les remarques suivantes :

avant nettoyage :

- le débit minimal a augmenté d'environ  $8 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$  sur les bouches N° 1, 2, 4 et 5
- le débit maximal des bouches N° 1, 2 et 4 les plus encrassées a diminué d'environ  $10 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$
- la plage de régulation (30 % - 60 % d'humidité relative) a peu variée sur toutes les bouches.

Après nettoyage

- le débit minimal des bouches N° 1, 2 et 4 reste plus grand ( $4 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ )
- le débit maximal des bouches N° 1, 2 et 6 tend à diminuer légèrement ( $4 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ ).

## **II . 4.3 - Conclusion**

Ces essais démontrent que le vieillissement des bouches n'altère pas de manière importante leurs caractéristiques de fonctionnement : la seconde génération de bouches présente une sensibilité au vieillissement très réduite par rapport à la version précédente.

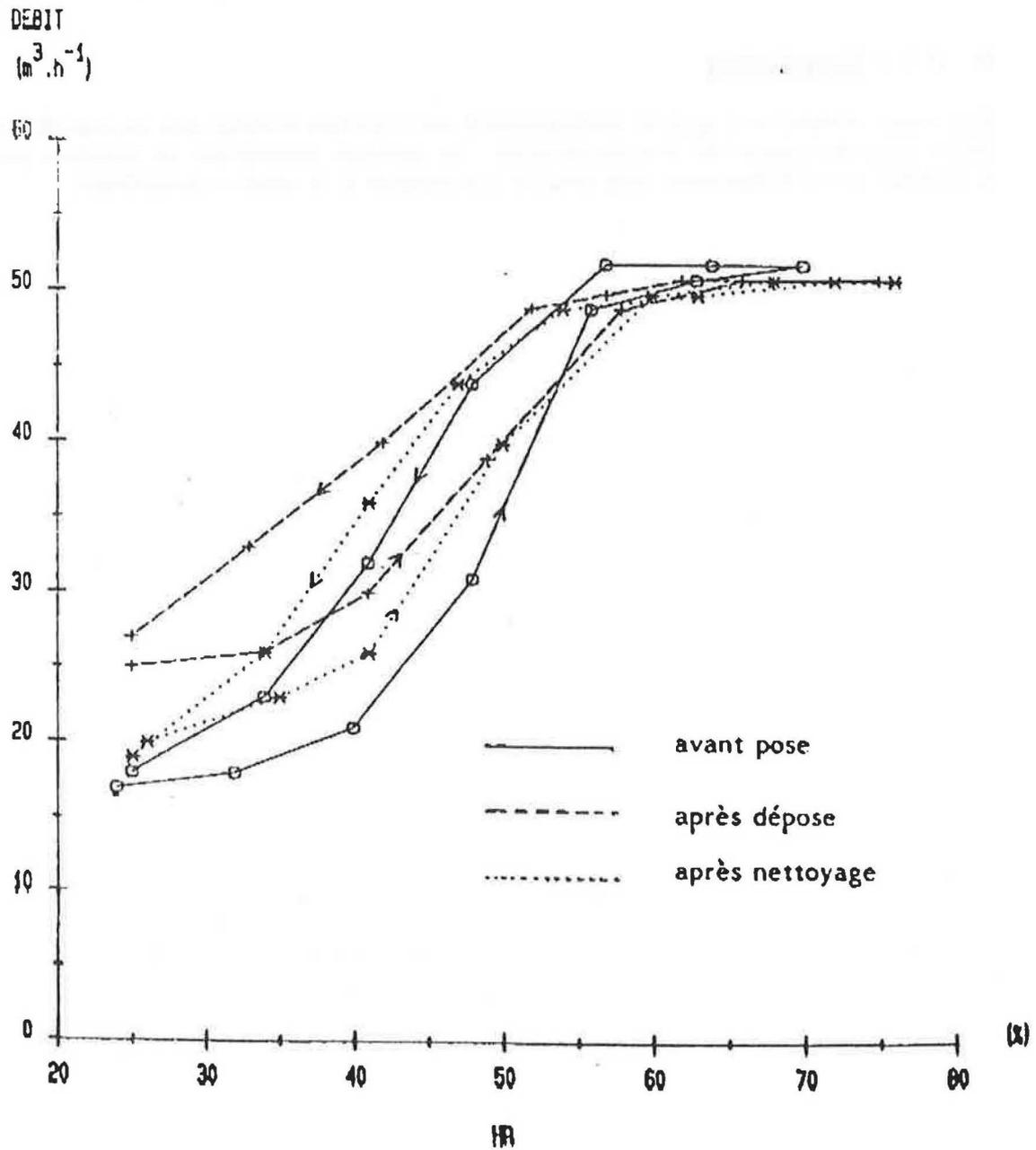
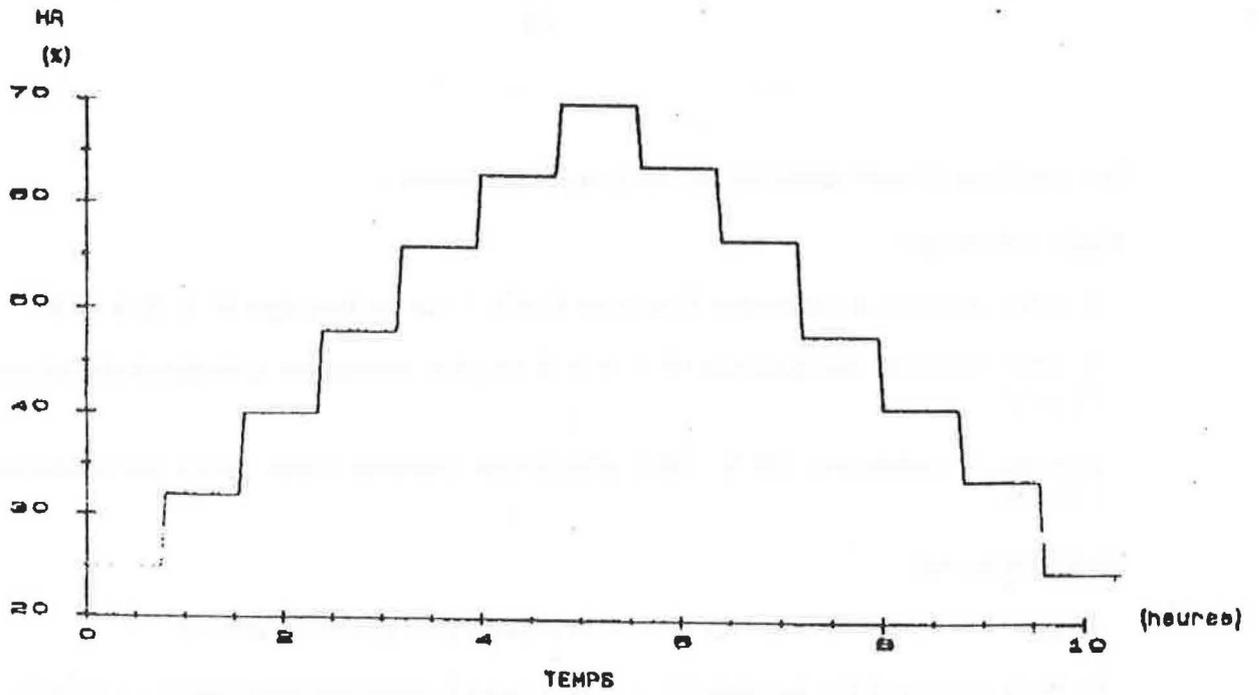


FIGURE 10 : bouche d'extraction hygroréglable n°5 courbes débit en fonction de HR pour  $\Delta p = 100 \text{ Pa}$   $T = 23^\circ\text{C}$

## **II . 5 - OPERATION EN REGION RHONE ALPES (SYSTEME N°3)**

Ce suivi avait essentiellement pour objet d'apprécier la sensibilité à l'encrassement des bouches d'extraction hygroréglables. Pour cela, une quinzaine de bouches caractérisées en laboratoire à l'état neuf ont été installées dans des logements situés en région Rhone Alpes puis contrôlées après neuf mois de fonctionnement.

### **II . 5.1. - Description du système**

Le système de ventilation comprend des entrées d'air autoréglables et des bouches d'extraction hygroréglables. Les bouches cuisine se composent de deux modules, l'un autoréglable et l'autre hygroréglable ; les bouches salle d'eau ne sont équipées que du module hygroréglable.

la modulation du débit en fonction de l'humidité est active dans une plage comprise entre 30 % et 65 % hr, en dehors de cette plage, les débits sont fixes.

Les bouches cuisine sont équipées d'un volet dont l'ouverture assure l'obtention du débit de pointe.

les bouches comportent deux positions hiver/été : en été, la bouche est toujours au débit maximum.

### **II . 5.2. - Caractérisation des bouches hygroréglables**

Un exemple de résultats de caractérisation est regroupé sur la figure 11 : on y présente pour chaque bouche, les valeurs des débits d'air sous 100 Pa pour un taux faible (35 %) et un taux élevé (70 %) d'humidité, mesurées à l'état neuf, après neuf mois de fonctionnement, puis après nettoyage de la bouche de remplacement du filtre. On présente également à titre d'exemple, sur la figure 12, les courbes débit-pression d'une bouche hygroréglable.

A l'exception de quelques bouches qui ont fait l'objet, de la part des utilisateurs, d'un entretien mensuel ou bimestriel ; la plupart des matériels testés après neuf mois de fonctionnement sont insensibles à l'humidité relative : le débit extrait à faible humidité est proche du débit nominal maximal ; en revanche, à forte humidité, le débit extrait est peu différent de la valeur mesurée à l'état neuf.

L'augmentation du débit extrait à faible humidité est due à l'encrassement du filtre. On constate également sur certaines bouches des dépôts gras qui ont pour effet de maintenir le volet "*mobile*" collé au canal de passage d'air qui, en conséquence, ne peut plus réduire la section de passage lorsque l'humidité est faible.

Une fois nettoyées, les bouches retrouvent leurs caractéristiques originelles à 3 m<sup>3</sup>/h. près.

La réponse en débit à des variations rapides du taux d'humidité entre 35 % et 75 % a été déterminée sur des bouches neuves puis après vieillissement (bouches nettoyées équipées d'un filtre neuf).

les résultats des essais montrent que le temps de réponse à une augmentation de l'humidité relative de l'air environ 5 minutes n'est pas sensiblement modifié par le vieillissement de l'organe régulateur de la bouche. En revanche, pour une diminution rapide du taux d'humidité, la bouche d'extraction voit son temps de réponse augmenter par rapport à sa caractéristique originelle : le temps de réponse, de l'ordre de 40 minutes, est approximativement trois fois plus long que celui d'une bouche neuve.

### **II - 5.3. - Observations in-situ et enquête auprès des usagers**

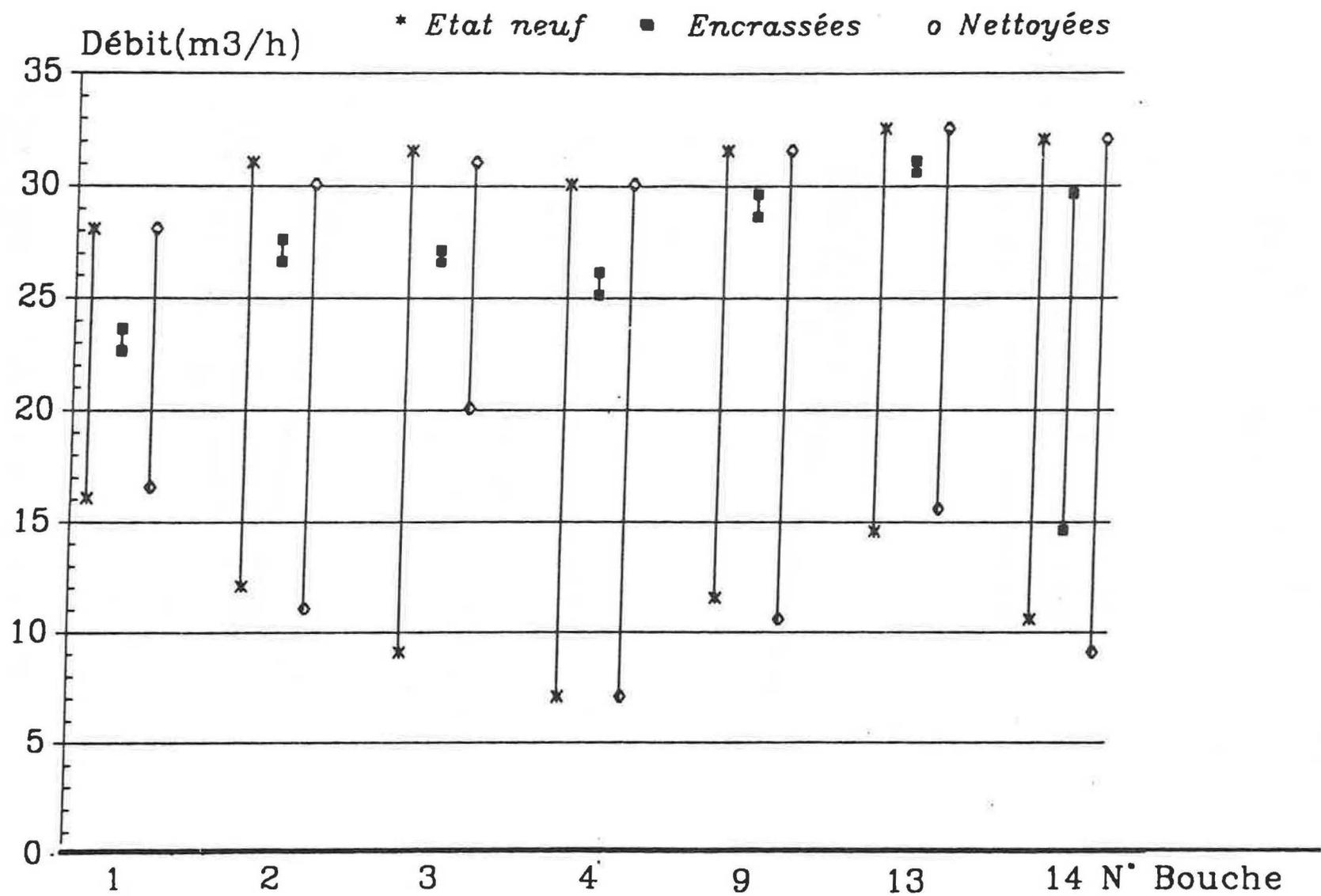
Les observations faites sur site et l'enquête auprès des usagers ont permis d'apprécier le fonctionnement en oeuvre du système et de connaître le comportement des occupants.

Comme pour les suivis précédents, on retrouve ici les pathologies classiques de la ventilation qui ne sont pas spécifiques au procédé hygroréglable : entrées d'air obturées, bouches mal positionnées, mal entretenues, trop forte dépression dans les conduits,... On notera également que les causes d'insatisfactions sont principalement les salissures créées par les entrées d'air et le bruit (sifflement aux bouches).

### **5.4. - Conclusion**

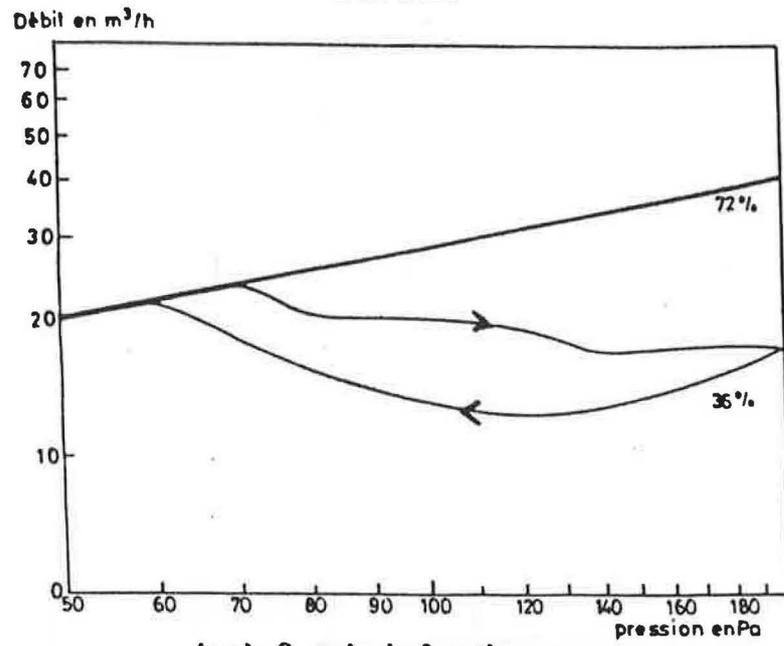
Les bouches hygroréglables sont, après quelques mois de fonctionnement dans un fort état d'encrassement car l'entretien, bien que décrit dans la notice d'utilisation, n'est pas réalisé par les usagers. Cet encrassement a principalement pour effet d'augmenter le débit extrait à faible humidité élevée, le débit extrait reste pratiquement inchangé.

Après nettoyage, les bouches retrouvent pratiquement leurs caractéristiques débit-pression originelles. Toutefois, ce nettoyage doit être effectué avec un soin particulier de façon à éviter une possible détérioration de la bouche : il convient, avec une périodicité trimestrielle, de remplacer le filtre et de nettoyer la bouche spécialement le canal de passage d'air.

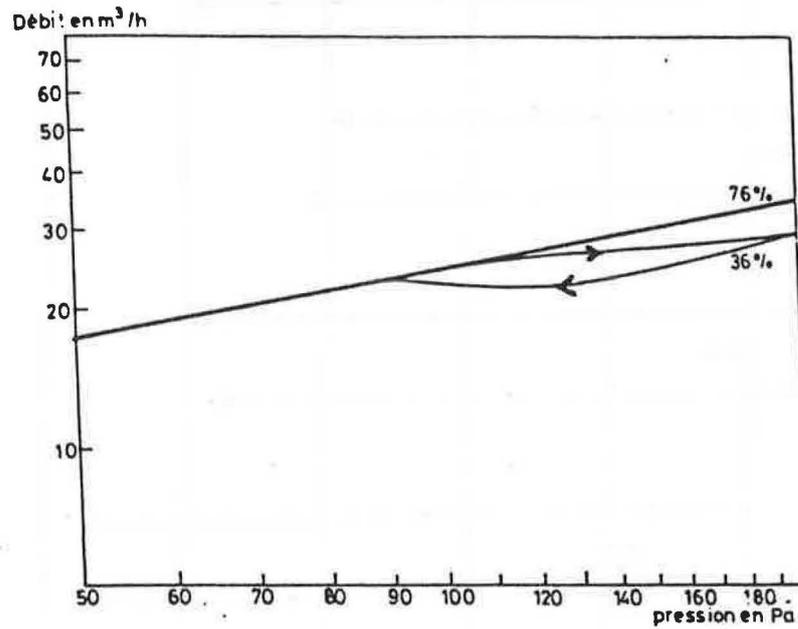


- Figure 11 - Débits d'air mesurés sous 100 Pa à faible et forte humidités  
Bouches hygroréglables 5-30 m<sup>3</sup>/h

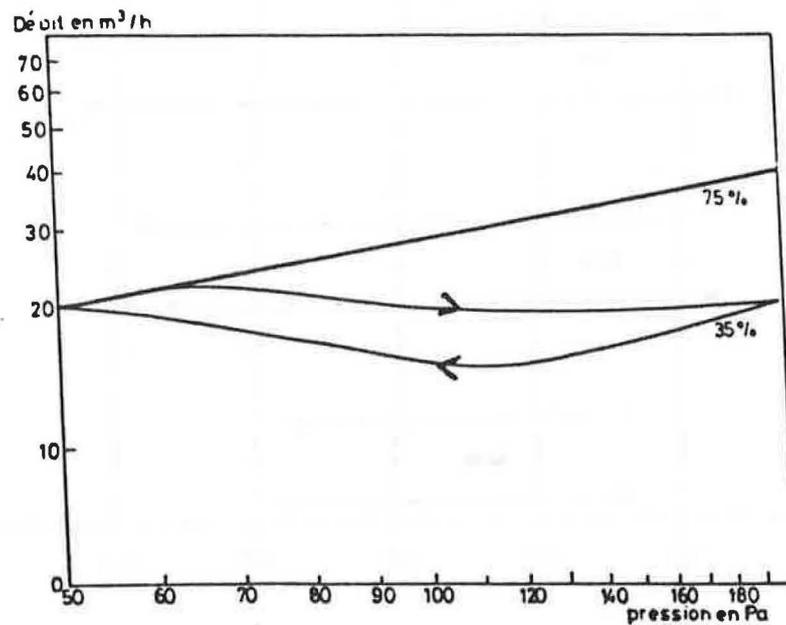
## Etat neuf



## Après 9 mois de fonctionnement



## Après nettoyage



- Figure 12 - Caractéristiques débit-pression d'une bouche hygoréglable

## II . 6 - SUIVI SUR UN LOGEMENT SITUE EN ZONE CLIMATIQUE H1 (SYSTEME N°3)

Le suivi a été réalisé sur un logement de type 4 situé à St-ALBAN de ROCHE (38) entre octobre 1987 et mai 1988.

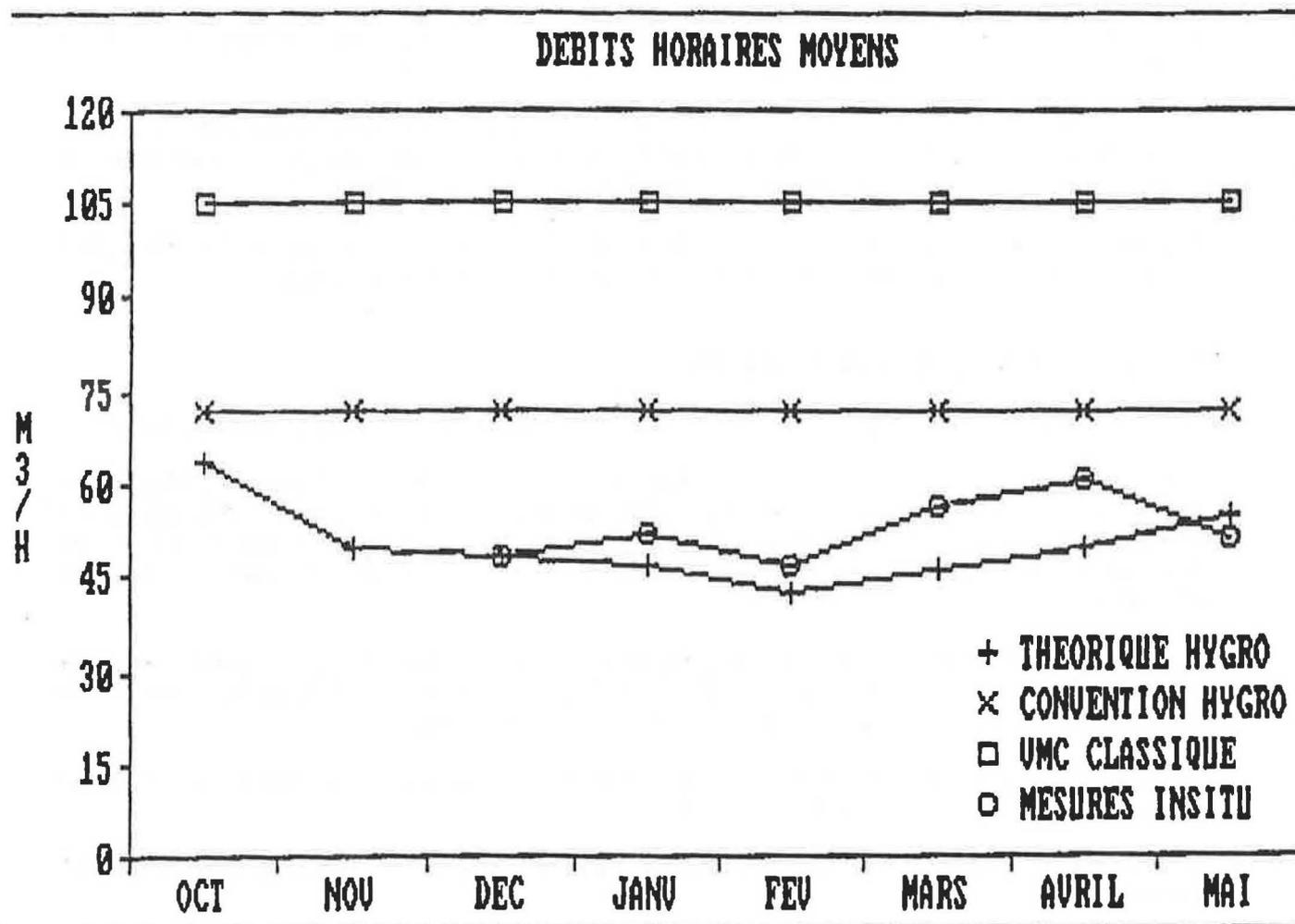
Il est à noter que ce logement présentait une perméabilité à l'air importante

### II . 6.1 - Renouvellement d'air spécifique

Pour un logement de type 4, on peut distinguer quatre renouvellements d'air spécifiques.

- . Le renouvellement d'air conventionnel retenu pour le calcul des déperditions.
- . Le renouvellement d'air hygrorégulé théorique déterminé par application d'un code de calcul.
- . Le renouvellement d'air conventionnel retenu pour le calcul des déperditions d'un logement de type 4 équipé d'une V.M.C. classique.
- . Le renouvellement d'air mesuré.

l'évolution horaire moyenne des différents renouvellements d'air est présentée dans le graphe ci-après.



On constate, qu'il existe une assez bonne corrélation entre les débits théoriques hygrorégulés et les débits mesurés.

Le débit conventionnel d'une aération hygrorégulée s'avère toujours supérieur à celui mesuré et au théorique calculé.

Les valeurs mensuelles de débits moyens ont été utilisées pour calculer les déperditions énergétiques par renouvellement d'air : il en ressort que les économies par rapport à une ventilation classique sont, d'après les mesures de 49 %, alors que les économies retenues dans les calculs conventionnels ne sont que de 30 %.

## **II . 6.2 - Humidités relatives intérieures**

Les humidités relatives intérieures mesurées en continu sont fortement corrélées à la température extérieure. Aux températures extérieures les plus basses correspondent les humidités intérieures les plus faibles et réciproquement.

Mesurées toutes les quinze secondes mais moyennées toutes les demi-heures, les variations d'humidités relatives liées à l'occupation se situent principalement entre 10 et 20 %. Des moyennes effectuées sur un pas de temps plus court feraient apparaître des variations plus fortes lors de certaines activités (douches, bains, cuisine, etc...).

L'analyse par demi-heures démontre, dans ce logement, que le système complété de quelques actions de l'occupant (ouvertures des clapets et/ou des fenêtres) permet de ramener très rapidement l'humidité relative à sa valeur moyenne.

Le risque de condensations superficielles a été évalué en considérant passagères celles qui se produisent pendant moins d'une demi-heure et en supposant que le coefficient de déperditions surfaciques K de la paroi de la plus froide est de  $2,9 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

A partir de ces hypothèses, le risque de condensation a été observé 10 fois sur 2000 données enregistrées au cours de 42 journées (une donnée par demi-heure).

## **II . 6.3 - Améliorations souhaitables**

Les réflexions portent sur le système qui a fait l'objet du suivi et sur sa mise en oeuvre.

Une meilleure information des installateurs est nécessaire. Sur l'opération, la bouche en salle d'eau n'était pas équipée d'une pièce d'adaptation pour le montage en plafond, ce qui perturbait la régulation. Le groupe d'extraction comportait des pièces qui devaient être supprimées pour assurer une bonne répartition de la dépression derrière les bouches d'extraction.

La régulation du système doit être améliorée pour limiter la dispersion des débits d'air aux différentes valeurs d'humidité relative. Pour améliorer la situation, l'industriel a fait passer le temps d'étuvage des capteurs d'humidité de deux à sept jours.

L'encrassement des bouches ne devrait pas provoquer le blocage de certaines pièces. Celui du volet de réglage du débit a été constaté.

Pour limiter ce phénomène, les jeux entre pièces feront l'objet d'un meilleur suivi et seront légèrement augmentés.

La technologie du système mérite d'être simplifiée afin de limiter les nombreuses pièces en mouvement qui assurent la fonction régulation de la bouche.

A titre indicatif, la soupape à bascule a été déformée par l'occupant lors d'un nettoyage. L'industriel prévoit de la modifier pour qu'elle soit moins fragile. Sa déformation perturbe considérablement la régulation du débit.

En cuisine, le clapet du débit complémentaire est parfois maintenu excessivement en position ouverte, soit volontairement, soit, par oubli. Pour améliorer le bilan énergétique il est souhaitable de le minuter. Une durée maximale d'une heure pourrait être retenue. Cette amélioration est également en cours de réalisation.

### **III . 1 - SYNTHESE GENERALE**

La ventilation hygroréglable vise à optimiser le renouvellement d'air des logements en fonction de leur humidité relative. Elle doit permettre :

- de limiter la dépense énergétique liée à l'aération
- de prendre en compte l'occupation de préserver le bâti des condensations.

Des commandes mises à disposition de l'occupant permettent d'augmenter le renouvellement d'air.

Quel que soit le procédé, les suivis effectués en logement occupés montrent que les économies effectives d'énergie sont égales, et même parfois supérieures, aux valeurs théoriques.

Les mesures des humidités relatives intérieures démontrent par ailleurs que le risque de condensation superficielle est très faible.

Enfin les suivis de vieillissement ont montré, qu'après correction par les industriels des "défauts de jeunesse" qui concernaient certains des matériels de première génération, les bouches actuellement commercialisées en France présentent dans l'ensemble une bonne résistance vis-à-vis des risques de vieillissement.

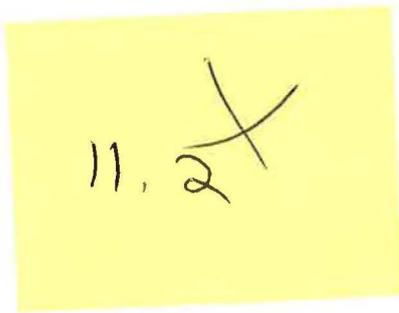
Les préoccupations actuelles des industriels concernent à la fois :

- la limitation et la simplification de la maintenance,
- l'amélioration de la durabilité,
- la préconisation de règles pour la mise en oeuvre,
- l'information des occupants.



**BIBLIOGRAPHIE**

- M. KILBERGER  
Analyse de dix logements équipés d'une aération hygrorégulée, système ALDES. CETE de Lyon, HEB - Janvier 1986
- P. GAILLARD  
Etude du vieillissement, de la fiabilité et de la maintenance de la ventilation hygroréglable. CETIAT rapport n° 32.4018, Orsay - Février 1987
- CETE de Lyon  
L'aération hygroréglable, système ALDES : suivi de trois logements - Avril 1987
- P. GAILLARD , P. MICHELI  
Détermination des caractéristiques de fonctionnement de bouches d'extraction hygroréglables de marque ALDES . CETIAT rapport n°88.0051-3, Orsay - Mars 1988
- J. RIBERON  
Etude du vieillissement des hygrostats RANCO. CSTB, GEC n°89-4702, Champs-sur-Marne - Février 1989
- M. KILBERGER, H. NAHORNYJ  
Suivi in-situ du système d'aération hygroréglable de marque ANJOS. CETE de Lyon - Février 1989
- J. RIBERON, R. SIMEON  
Etude expérimentale du vieillissement de bouches d'extraction hygroréglables. CSTB, GEC n°89-4893 - Septembre 1989
- J. RIBERON, R. SIMEON  
Suivi d'installations de ventilation hygroréglable : opération pilote de Chanteloup-les-Vignes. CSTB, GEC n°89-4981 - Décembre 1989
- P. GAILLARD  
Suivi comparatif de systèmes de ventilation classiques et hygroréglés de marque AEROPLAST. CETIAT, Orsay - Juillet 1990
- M. KILBERGER  
L'assainissement du débit d'aération à l'hygrométrie dans les bâtiments d'habitation Bâtiment Energie n°31 Février-Mars 1984.



11, 2







UN RENDEZ-VOUS C.S.T.B.

VENTILATION DES LOGEMENTS

SUIVI D'INSTALLATIONS EQUIPEES DE SYSTEMES  
HYGROREGLABLES

M.KILBERGER (CETE de Lyon)  
M.RIBERON (CSTB)  
M.GAILLARD (CETIAT)



**LES RENDEZ-VOUS DU CSTB  
VENTILATION DES LOGEMENTS  
27 SEPTEMBRE 1990**

*Suivis d'installations équipées de systèmes hygroréglables*

M. KILBERGER (CETE de Lyon) J. RIBERON (CSTB), P. GAILLARD (CETIAT),



## **I - INTRODUCTION**

Les préoccupations énergétiques ont favorisé le développement de la ventilation hygroréglable. Quel que soit le procédé utilisé, le principe consiste à moduler automatiquement le renouvellement d'air en fonction de l'humidité relative des logements. Tous les systèmes sont complétés par des commandes qui permettent à l'occupant d'augmenter les débits s'il le souhaite.

Dès 1985 des travaux ont été effectués par des organismes (CETIAT, CSTB, CETE de Lyon, EDF les Renardières... etc) pour évaluer les performances et la fiabilité des trois différents systèmes commercialisés en France. Les essais et suivis réalisés sur des composants de première génération ont été riches d'enseignements. On dresse ici un résumé de ces travaux.

## **II - RESULTATS D'ESSAIS ET DE SUIVIS**

### **II - 1 - OPERATION DE NOISY-LE-ROI (SYSTEME N°1)**

Un suivi comparatif de système de ventilation classique et hygroréglable a été mené sur six pavillons situés en région parisienne : trois équipés en ventilation classique et trois en ventilation hygroréglable.

#### **II - 1.1. - Description du système**

Le système comprend un ventilateur monté dans un caisson qui comporte des piquages équipés de registres motorisés et d'orifices calibrés. La liaison avec la bouche d'extraction s'effectue par une gaine souple. Le pilotage des registres en cuisine et salle d'eau est indépendant : il est asservi à un hygrostat placé dans ces pièces. En cuisine, un bouton de commande permet d'obtenir le débit de pointe par l'ouverture de volets et la commutation de la grande vitesse du ventilateur. Pour le WC, l'ouverture du registre s'effectue par bouton poussoir, il en résulte un débit de 30 m<sup>3</sup>/h temporisé à 30 mm.

la modulation des débits par ce procédé est de type "tout ou peu". Lorsque l'humidité relative est inférieure au seuil de réglage de l'hygrostat, le registre est fermé, l'air est évacué par un orifice fixe. Lorsque l'humidité relative atteint la consigne de l'hygrostat, il commande l'ouverture du registre lui correspondant. En dessous du seuil de réglage la fermeture du registre est automatique. Les entrées d'air utilisées sont de type autoréglable.

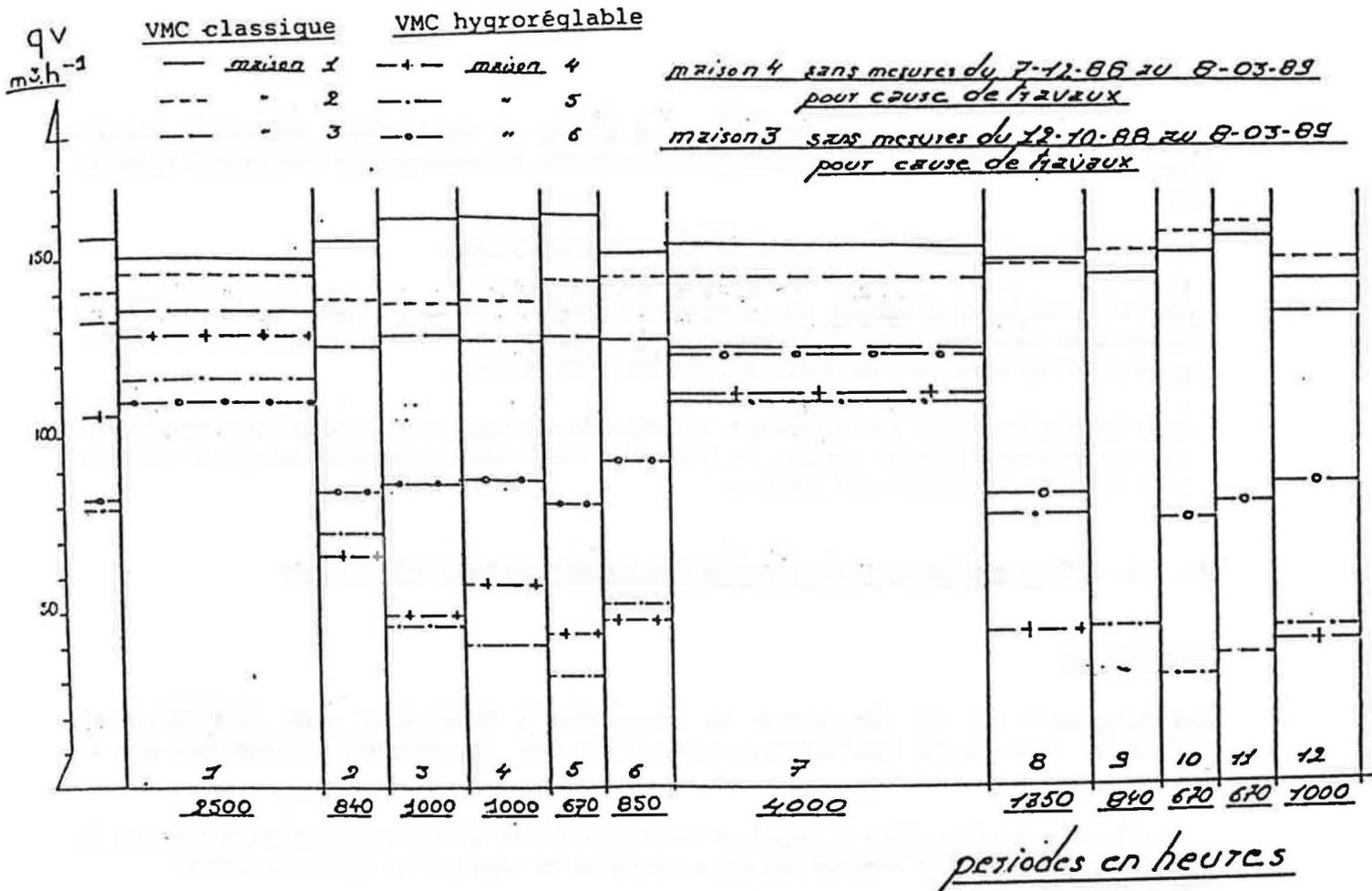
#### **II - 1.2. - Débits de ventilation et séquences de fonctionnement**

Les débits moyens extraits dans les 6 maisons pendant les diverses périodes du suivi sont représentés sur la figure n° 1. Ils sont calculés à partir des mesures de débits faites à l'issue de chaque période et de la durée de chaque séquence de fonctionnement (allures accélérée, réduite et hygroréglable).

En été, les débits moyens extraits par les systèmes hygroréglables sont inférieurs de 15 à 25 % à ceux extraits par les VMC classiques. Pendant les deux saisons de chauffage, les débits moyens extraits par les systèmes hygroréglables sont nettement plus faibles (de l'ordre de 50%) que ceux extraits par les systèmes de ventilation classiques (voir tableau 1).

Saison	été 1987		été 1988		chauffage 87-88		chauffage 88-89	
	classique	hygro	classique	hygro	classique	hygro	classique	hygro
VMC débits moyens extraits (m <sup>3</sup> /h)	150	128	153	113	158	52	149	mesures non effectuées
	145	115	146	111	140	48	153	46
	134	109	126	125	126	85	mesures non effectuées	78

**Tableau 1** : débits moyens extraits dans les 6 pavillons



1	du 10-06-87 au 23-09-87
2	du 28-10-87 au 3-12-87
3	du 3-12-87 au 13-01-88
4	du 13-01-88 au 24-02-88
5	du 24-02-88 au 23-03-88
6	du 23-03-88 au 24-04-88
7	du 27-04-88 au 12-10-88
8	du 12-10-88 au 7-12-88
9	du 7-12-88 au 11-01-89
10	du 11-01-89 au 8-02-89
11	du 8-02-89 au 8-03-89
12	du 8-03-89 au 18-04-89

FIGURE N° 1

Evolution des débits moyens extraits pendant la campagne de mesure  
 d'avril 1987 à avril 1989

Les temps de fonctionnement des différentes allures de ventilation (accélérée, réduite hygro, ventilation WC) ont été périodiquement relevés. A l'examen des résultats, il apparaît que :

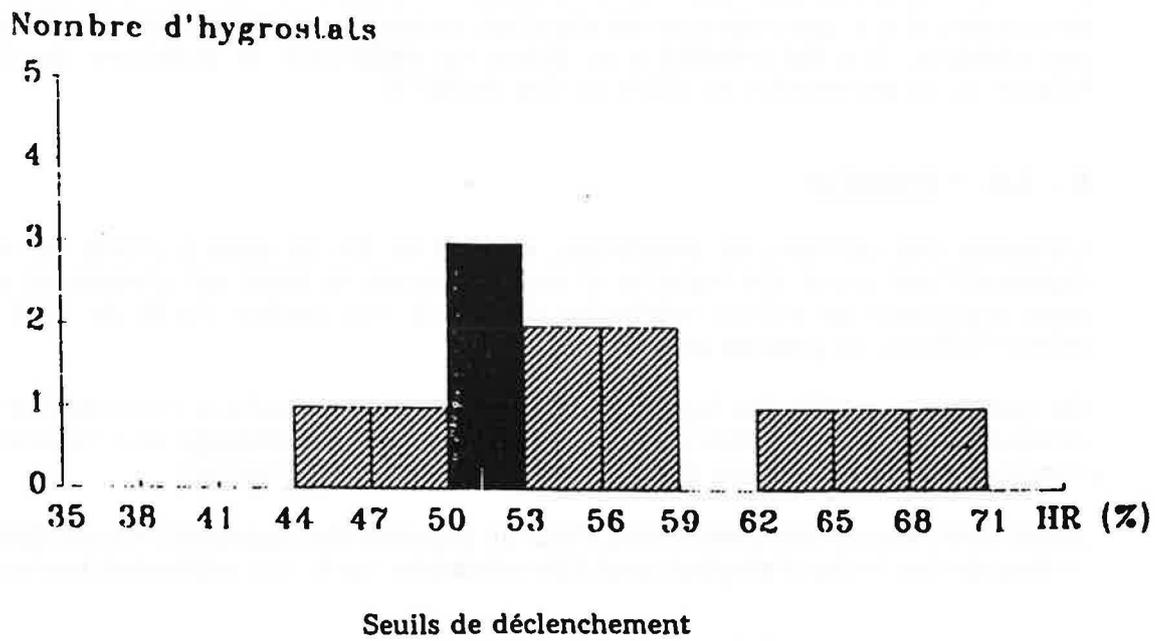
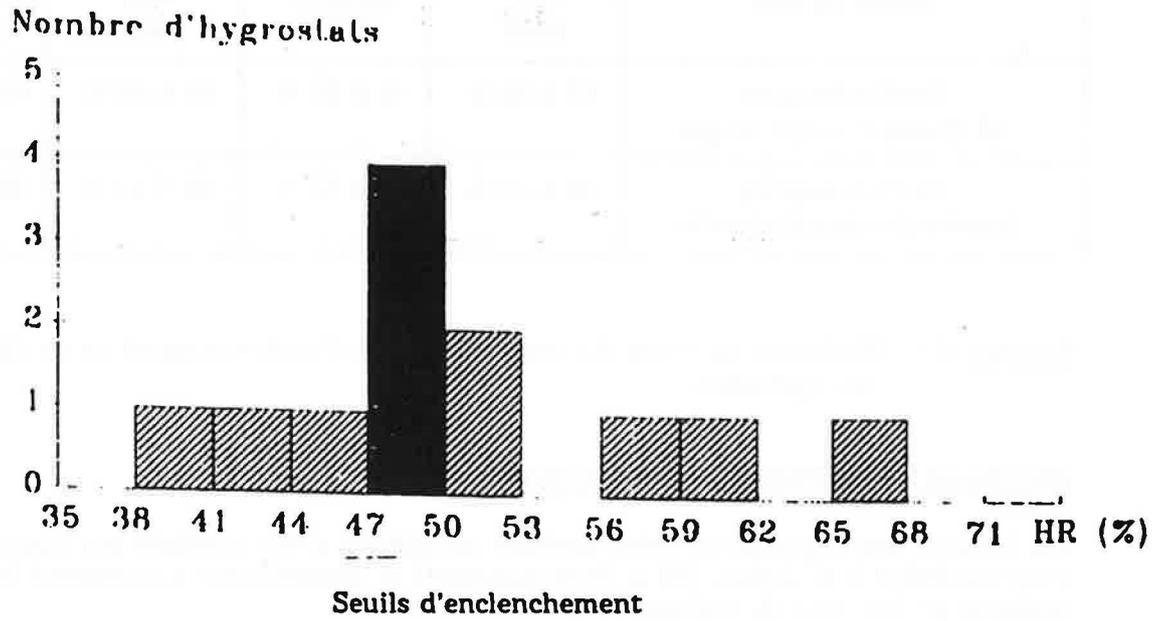
- la ventilation des WC est utilisée en moyenne 5 % du temps ;
- durant la saison de chauffage, les registres sont en position "hygro" pendant 60 à 90 % du temps dans deux logements sur trois, le temps de fonctionnement plus faible du troisième pouvant s'expliquer par une plus forte densité d'occupation ;
- pour les deux systèmes de ventilation, le temps de fonctionnement en allure accélérée est très variable (0 à 20 % du temps), les forts taux d'utilisation correspondant probablement à un oubli de l'arrêt de cette fonction.

### **II . 1.3. - Comportement en oeuvre des systèmes hygroréglables**

#### **HYGROSTATS**

Les hygrostats ont été caractérisés en laboratoire à l'état neuf, puis contrôlés après différentes périodes de vieillissement naturel sur site. les résultats d'essais ont mis en évidence :

- une importante dispersion des seuils d'enclenchement et de déclenchement (voir figure 2) mesurés dans l'état de livraison ce qui a nécessité un réglage des hygrostats avant installation ;
- une faible dérive (maximum 4 %) des seuils d'enclenchement et de déclenchement pendant le suivi (voir tableau 2) ; le différentiel de fonctionnement restant compris entre 2 % et 5 %.
- Aucune dérive significative des temps de réponse des hygrostats à des variations brusques d'humidité relative.



**FIGURE 2**

Distribution des seuils d'enclenchement et de déclenchement des hygromètres

à l'état neuf avant réglage

(La plage de réglage nominale figure en noir)

Seuils (% HR)	Avril 1987	octobre 1987	mai 1988	décembre 1988
Enclenchement (diminution d'humidité relative)	47 à 50 %	44 à 55 %	44 à 50 %	44 à 54 %
Déclenchement (augmentation d'humidité relative)	50 à 53 %	48 à 56 %	45 à 54 %	49 à 57 %

**Tableau 2 :** Evolution au cours du temps des seuils d'enclenchement et de déclenchement des hygrostats

### **GROUPE DE VENTILATION ET REGISTRES DE COMMANDE**

Un blocage des registres de débit accéléré en cuisine a été constaté sur deux installations. Pour remédier à ce défaut (dû à l'encrassement) le constructeur a augmenté le jeu entre les registres et les corps de registre.

Des essais en laboratoire ont mis en évidence une déformation des bilames de commande de registre, due à une puissance de chauffage excessive, empêchant ainsi la fermeture totale des registres. Il a été remédié à ce défaut en définissant la puissance de chauffage des bilames pour une tension de 230 V au lieu de 220 V.

#### **II . 1.4. - Entretien**

L'examen des systèmes de ventilation, effectué en fin de suivi a révélé un encrassement significatif des roues, des registres et des régulateurs de débit qui nécessitent un nettoyage pour maintenir les valeurs originelles des débits qui avaient chuté de 10 à 15 %, voire même 40 % sur un piquage sanitaire.

Ce système de ventilation hygroréglable présente une sensibilité à l'encrassement tout à fait comparable à celle des systèmes de VMC classique. Le nettoyage annuel préconisé par le constructeur doit permettre d'assurer une bonne qualité de service.

Après deux ans de fonctionnement, l'état de propreté des hygrostats est satisfaisant ; seul le nettoyage des fentes d'aération peut être nécessaire après une utilisation prolongée.

#### **II - 1.5. - Conclusion**

Le suivi comparatif a montré que ce procédé de ventilation hygroréglable procure des économies d'énergie importantes dans la mesure où le point de consigne des hygrostats est correctement réglé.

Une enquête a été réalisée auprès des occupants : ceux-ci sont satisfaits de leur système de ventilation et n'ont pas observé de désordre (moisissures, condensations) dans leur maison.

Les quelques problèmes mécaniques observés lors du suivi (blocage des registres, déformation des bilames) ont été résolus par le constructeur, et les opérations de contrôle mises en place en usine permettent de vérifier le réglage des hygrostats.

## **II - 2 - OPERATION DE CHANTELOUP-LES-VIGNES (SYSTEME N°2)**

Ce suivi porte sur un ensemble de 28 pavillons, situés en région parisienne, répondant aux niveaux 3 et 4 étoiles du label HPE.

### **II - 2.1. - Description du système de ventilation hygroréglable**

Le système comprend des bouches d'extraction hygroréglables en cuisine et en salle d'eau : la modulation du débit extrait, proportionnelle à l'humidité dans une plage 30 % - 65 % est obtenue par le gonflement d'une membrane qui fait varier la section de passage de l'air. Les bouches de cuisine sont équipées d'un volet dont l'ouverture assure l'obtention du débit de pointe ( $135 \text{ m}^3/\text{h}$ ).

les entrées d'air sont hygroréglables : elles comportent des volets mobiles permettant de faire varier la section de passage de l'air ( $5 \text{ à } 30 \text{ cm}^2$ ) en fonction de la position d'une tresse sensible à l'humidité.

Les WC sont équipés de bouche d'extraction temporisée de  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  sous 100 Pa.

### **II . 2.2. - Encrassement et vieillissement des bouches hygroréglables**

Les entrées d'air et les bouches d'extraction ont été caractérisées en laboratoire à l'état neuf, puis après une période de vieillissement sur site.

#### **ENTREES D'AIR HYGROREGLABLES**

On présente, à titre d'exemple, sur la figure 3 les courbes débit-pression d'une entrée d'air, pour différentes valeurs de l'humidité relative, à l'état neuf et après vieillissement. L'ensemble des résultats de caractérisations des entrées d'air à l'état neuf et après vieillissement est regroupé sur la figure 4 : on y présente pour chaque entrée d'air, l'amplitude de régulation du débit en fonction du débit moyen ; le débit moyen est défini comme étant la moyenne des débits d'air sous 10 Pa aux humidités extrêmes, l'amplitude de régulation comme la demi-différence de ces débits.

Les entrées d'air hygroréglables ne présentent pas de dérive importante de leurs caractéristiques aérauliques au cours du temps. A faible humidité (inférieure à 30 %), les débits d'air sous 10 Pa sont compris entre 4 et 6 m<sup>3</sup>/h à l'état neuf et entre 4 et 8,5 m<sup>3</sup>/h après 14 mois de vieillissement ; à forte humidité (supérieure à 70 %), ils sont compris entre 24,5 et 28,5 m<sup>3</sup>/h à l'état neuf entre 24,4 et 29 m<sup>3</sup>/h après vieillissement. Pour des humidités moyennes (50 %), la différence entre les caractéristiques avant et après vieillissement est légèrement plus importante ; elle peut atteindre 5 m<sup>3</sup>/h.

Les temps de réponse des entrées d'air neuves sont compris entre 6 et 16 minutes ou bien 9 à 31 minutes selon que l'on procède à une augmentation ou à une diminution de l'humidité relative. Ces valeurs ne sont pas sensiblement affectées par le vieillissement de l'entrée d'air.

### **BOUCHES D'EXTRACTION HYGROREGLABLES**

Vingt huit bouches d'extraction, caractérisées à l'état neuf, ont été installées dans une quinzaine de pavillons puis ont été contrôlées après une année de fonctionnement dans leur état naturel d'encrassement et également après nettoyage et remplacement du filtre.

Les courbes débit-pression d'une bouche hygroréglable sont données à titre d'exemple en figure 5. L'ensemble des résultats de caractérisation est montré en figure 6, les débits étant ici mesurés pour une différence de pression de 100 Pa.

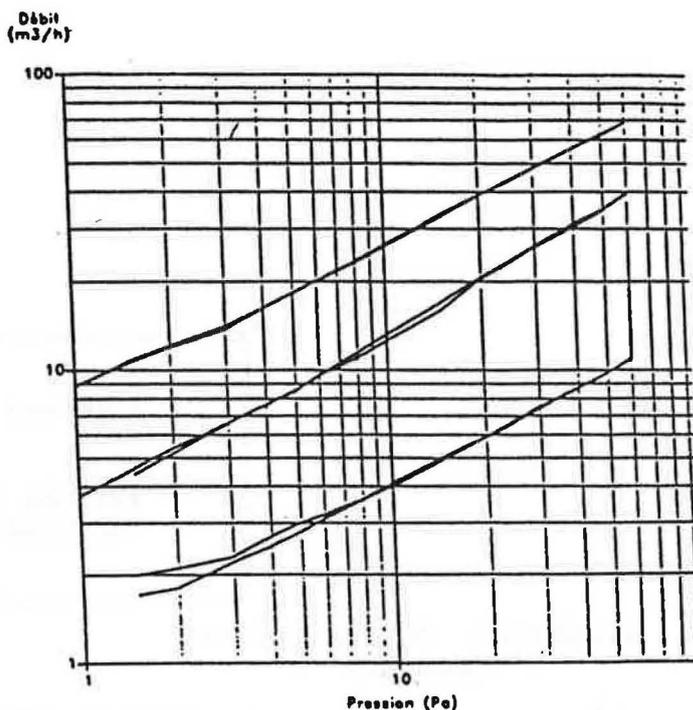
Après quelques mois de fonctionnement sur site, les bouches hygroréglables sont fortement encrassées ce qui a pour effet de réduire la plage de régulation du débit ou de bloquer le système, la bouche devenant insensible aux variations de l'humidité relative. Le débit est généralement voisin de 15 ou 25 m<sup>3</sup>/h.

Après nettoyage, les bouches retrouvent en général leurs caractéristiques originelles à 3 m<sup>3</sup>/h près ; on constate cependant, sur un quart de l'échantillon testé, une augmentation du débit aux faibles humidités de 15 m<sup>3</sup>/h en moyenne.

Le vieillissement du module de régulation n'affecte pas le temps de réponse de la bouche hygroréglable à une augmentation rapide de l'humidité relative qui est de l'ordre de 5 à 10 minutes. En revanche, le temps de réponse relatif à une diminution d'humidité, de l'ordre de 15 à 20 minutes pour une bouche neuve, est sensiblement accru par l'effet du vieillissement : sa valeur est approximativement doublée.

CARACTERISTIQUES DEBIT PRESSION A L'ETAT NEUF

Entrée d'air hygro-réglable  
 HR 80% - 48% - 24%



CARACTERISTIQUES DEBIT PRESSION APRES VIEILLISSEMENT

Entrée d'air hygro-réglable  
 HR 29% - 49% - 81%

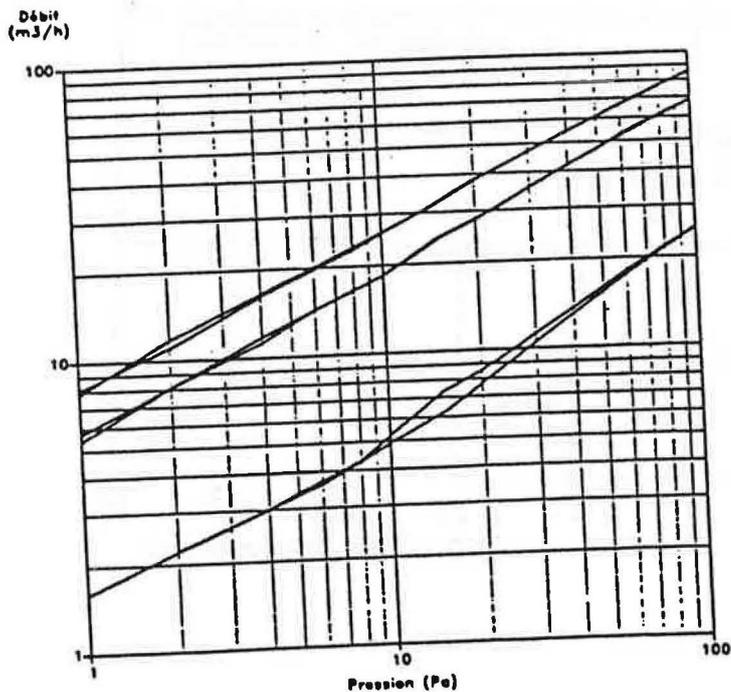
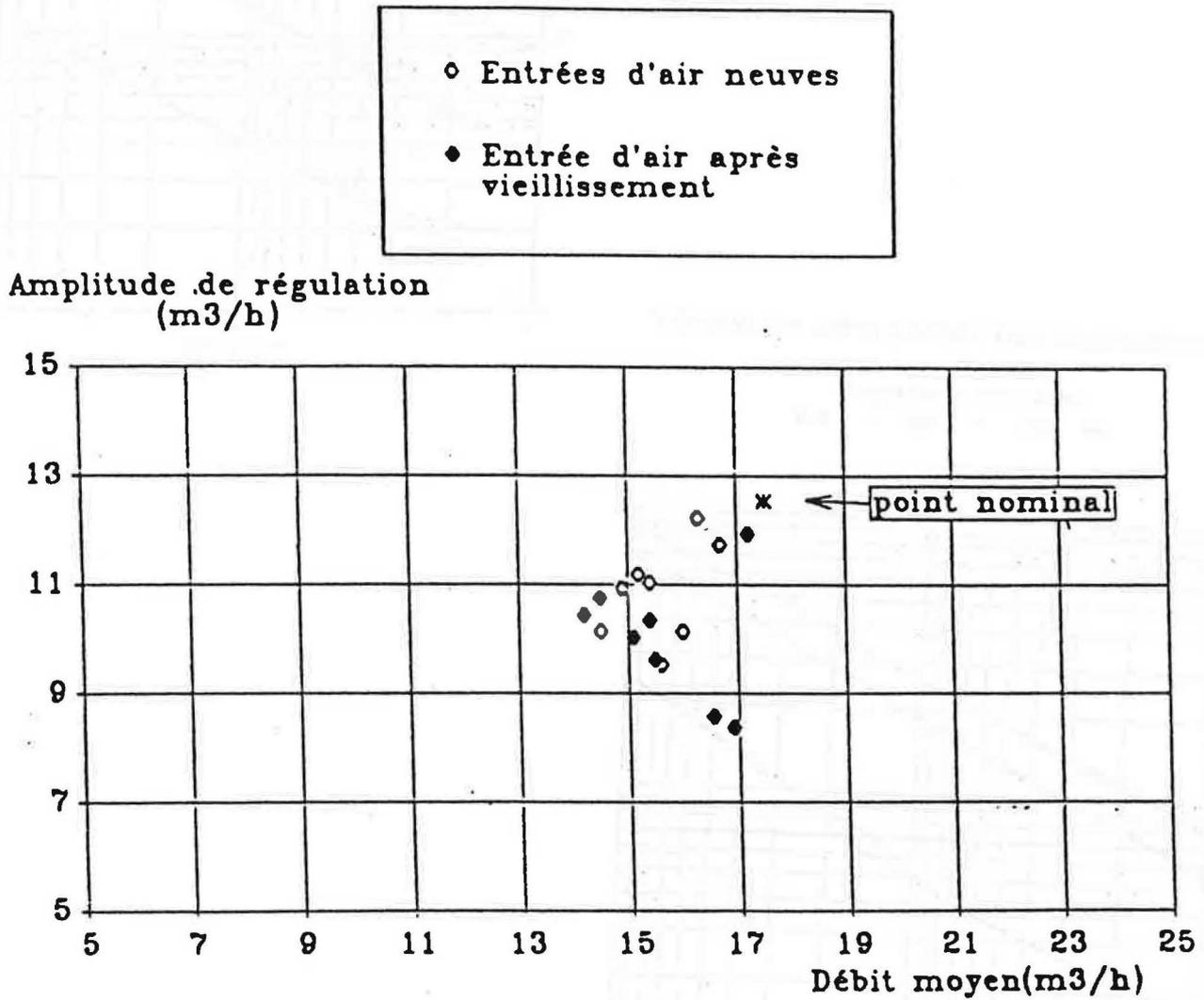


Figure 3 : Caractéristiques débit-pression d'une entrée d'air hygro-réglable à l'état neuf et après vieillissement pour différentes valeurs de l'humidité relative.

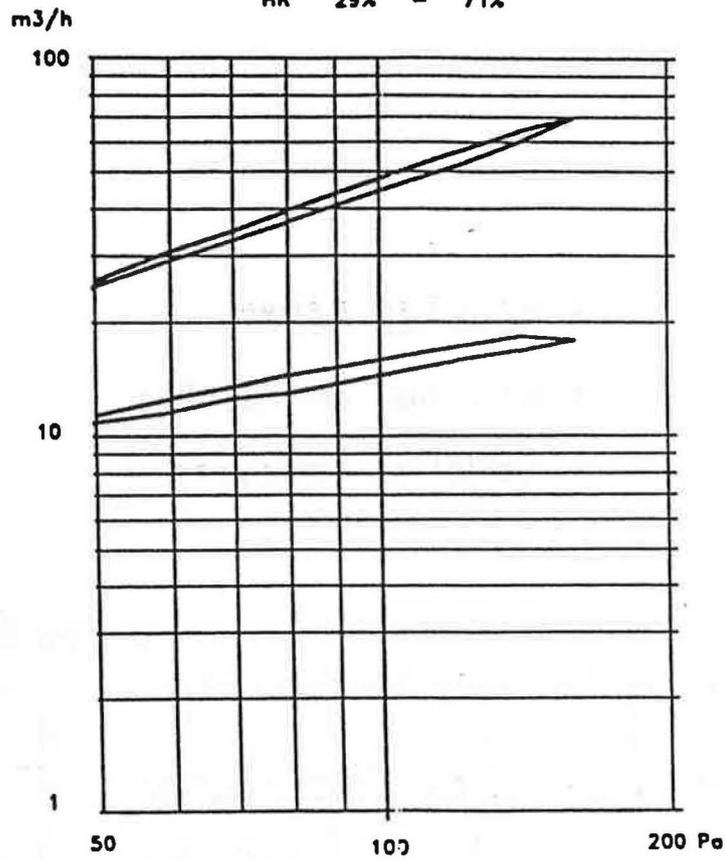


**Figure 4 :** Amplitude de régulation en débit des 8 entrées d'air hygroréglables avant et après vieillissement.

CARACTERISTIQUES DEBIT PRESSION A L'ETAT NEUF

Bouche d'extraction hygroréglable

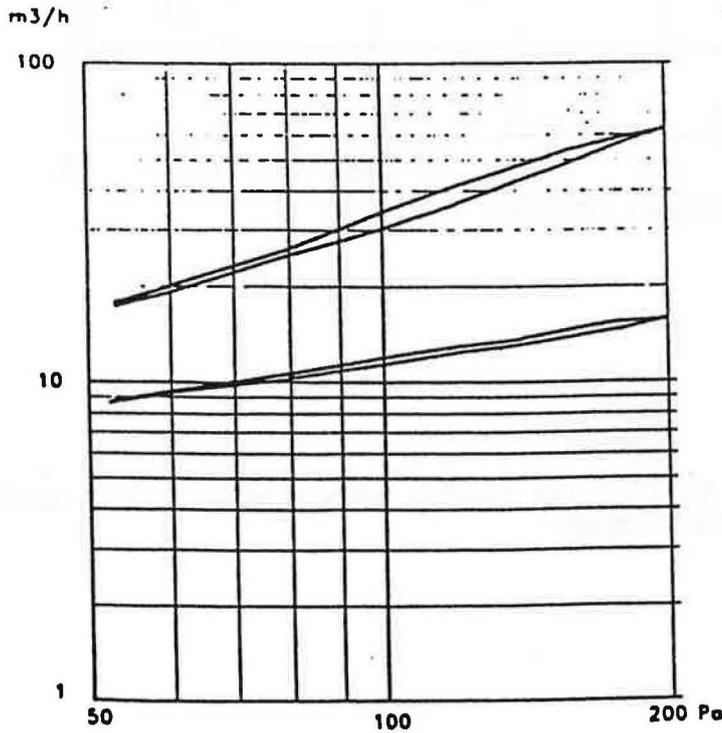
HR 29% - 71%



CARACTERISTIQUES DEBIT PRESSION APRES FONCTIONNEMENT

Bouche d'extraction hygroréglable

HR 31% - 72%



CARACTERISTIQUES DEBIT PRESSION APRES NETTOYAGE

Bouche d'extraction hygroréglable

HR 32% - 69%

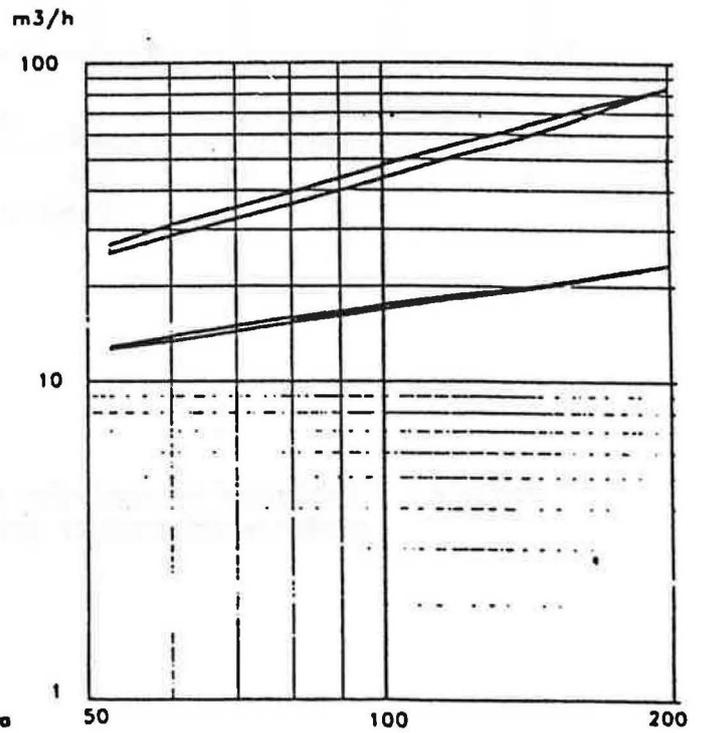
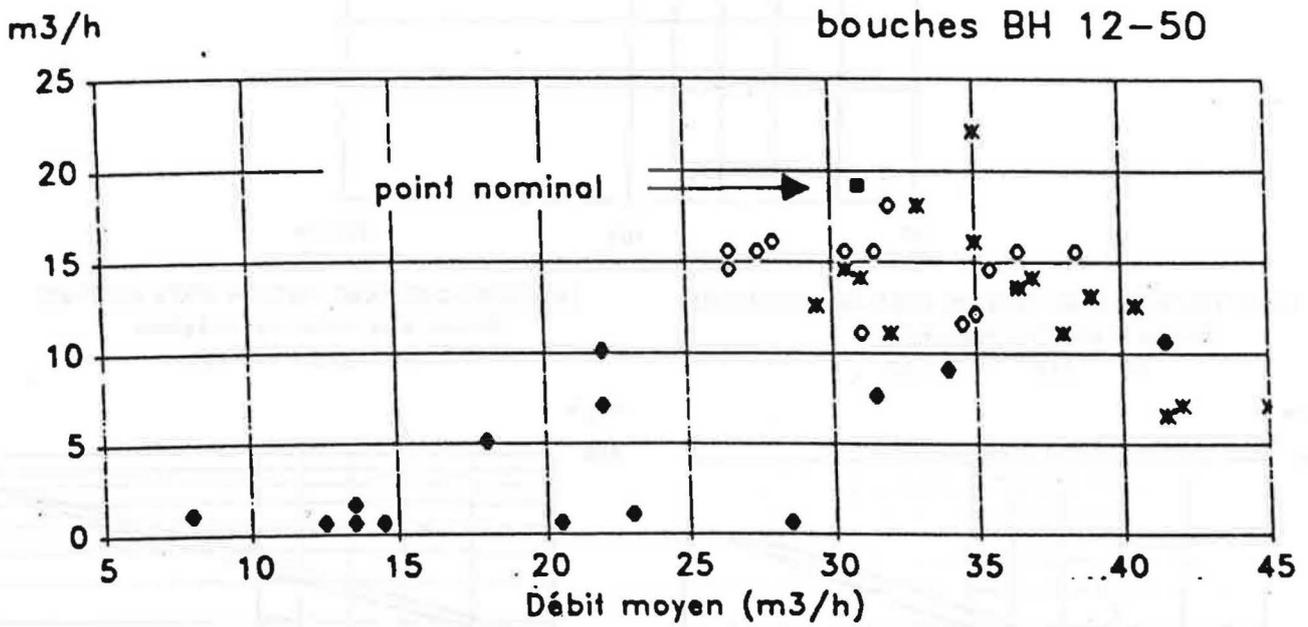


Figure 5 : Caractéristiques débit-pression d'une bouche hygroréglable pour différentes valeurs de l'humidité relative.



**Figure 6 :** Amplitude de régulation en débit des bouches hydrorégulables à l'état neuf, après vieillissement et après nettoyage.

### II . 2.3. - Comportement en oeuvre du système de ventilation

A l'issue de ce suivi, on a constaté que les installations observées ne présentaient pas de dysfonctionnements majeurs intrinsèques à ce type de ventilation. En revanche, sur plus d'un tiers des installations, on a noté des manifestations pathologiques dues à des défauts de mise en oeuvre ou de maintenance. Citons pour mémoire :

- défauts d'étanchéité des conduits de ventilation dus à des jointements mal réalisés ;
- pertes de charge excessives des conduits dues à des défauts de mise en oeuvre (sinuosité du réseau, compression des conduits, longueurs excessives,...) ;
- condensations dans les conduits non isolés lorsque les débits extraits sont faibles ;
- condensations excessives en salles de bains dues à une réduction de la ventilation consécutive à un manque d'entretien de la bouche d'extraction ;
- défauts de fermeture des bouches temporisées dus à une détérioration de la commande manuelle : le fabricant a rapidement réagi et équipe désormais ces bouches d'une commande pneumatique.

### II . 2.4. - Comportement des usagers

L'enquête a montré que les usagers sont assez satisfaits de leur système de ventilation. toutefois, le système est jugé parfois trop bruyant : sifflements aux bouches dus à des défauts de fermeture, vibrations transmises par l'extracteur lorsqu'il est mal installé,...

La ventilation est parfois jugée insuffisante en cuisine, en raison probablement d'un manque d'entretien des bouches et d'une utilisation peu efficace du système : l'utilisateur est mal, voire même pas du tout, informé sur le fonctionnement du système. En salle de bains, les débits sont parfois jugés insuffisants, un entretien correct des bouches permettrait de remédier partiellement à ce problème.

L'ouverture quotidienne des fenêtres est une pratique quasi-générale (voir tableau 3)

Ouverture des fenêtres	Hiver	Demi-saison
Chambres	89 %	100 %
Séjour	78 %	93 %
Cuisine	85 %	93 %
Salle-de-bains	63 %	74 %

Tableau 3

## **II . 2.5. - Temps de fonctionnement de la ventilation**

Les durées de fonctionnement du débit de pointe en cuisine et de la ventilation en WC de quinze pavillons ont été relevées tous les mois pendant environ une année.

La durée journalière d'utilisation du débit de pointe en cuisine varie, selon les usagers, entre 0,8 h/j et 15,5 h/j. Toutefois, pour 60% des usagers, cette durée est comprise entre 0,8 h/j et 3,4 h/j. Certains usagers utilisent régulièrement la commande de réglage du débit en cuisine, alors que d'autres en ont un usage très variable dans le temps.

Le volet du débit de pointe en cuisine est parfois maintenu excessivement en position d'ouverture, soit volontairement, soit par oubli.

contrairement à ce qui ressort des enquêtes, on constate à l'examen des relevés de compteurs que les usagers utilisent peu la ventilation dans les WC. Sur 24 bouches instrumentées, la durée journalière d'ouverture est comprise en 1 et 43 minutes ; elle est en moyenne voisine de 15 minutes ce qui, compte tenu de la temporisation de la bouche (durée d'ouverture 30 minutes) correspond à une utilisation de la commande en moyenne de un jour sur deux.

La ventilation est plus utilisée dans les WC situé à l'étage que dans ceux du rez-de-chaussée. Ceci pour différentes raisons, liées probablement aux habitudes des occupants et également au fait que les WC du rez-de-chaussée sont souvent inconfortables (isolation thermique insuffisante, ventilation autonome défectueuse).

Comme pour la cuisine, on constate une importante variabilité de l'usage de la commande manuelle de débit en vue selon les occupants.

On notera enfin que, vue sa fragilité, la commande manuelle de ce type de bouche s'avère assez rapidement défectueuse et le mécanisme n'assure plus alors la fermeture correcte de la bouche.

## **II . 2.6. - Conclusion**

Ce suivi a permis d'apprécier les performances et la fiabilité de ce système de ventilation hygroréglable et notamment sa sensibilité au vieillissement et à l'encrassement.

Si les caractéristiques des entrées d'air hygroréglables ne sont pas affectées par le vieillissement naturel des composants, il n'en est pas de même pour les bouches d'extraction. N'étant généralement pas nettoyées par les usagers, les bouches d'extraction se trouvent rapidement insensibles aux variations d'humidité ce qui réduit considérablement la plage de fonctionnement des débits extraits.

Devant ce constat, le fabricant a rapidement entamé le développement d'une seconde génération de bouches hygroréglables dans une conception améliorée. Ces bouches ont, à leur tour, fait l'objet d'un suivi, sur le même site (cf. ci-après : II . 4), mais nous présentons d'abord les résultats d'un suivi complémentaire avec mesure des débits effectué en 1985 - 1986 sur trois sites répartis dans la moitié sud de la France avec les bouches de première génération.

## **II . 3 - SUIVI SUR TROIS LOGEMENTS SITUES EN ZONE CLIMATIQUE H1 H2 ET H3 (SYSTEME N°2)**

Le suivi métrologique a porté sur un procédé d'aération hygrorégulée de première génération. Trois sites ont été choisis correspondant aux trois zones climatiques :

- . LA BUISSE (38) pavillon T5 pour la zone H1
- . CANEJAN (33) villa T3 pour la zone H2
- . LES MILLES (13) villa T5 pour la zone H3.

La perméabilité à l'air de ces trois logements est contrastée :

En effet les infiltrations d'air ramenées au m<sup>3</sup> habitable sont de 0,35 vol/h pour les zones H1 et H2 et de 0,19 vol/h pour la zone H3 ; ces résultats sont à comparer à la perméabilité moyenne des logements individuels (0,39 vol/h).

Le renouvellement d'air théorique de l'aération hygroréglable a été déterminé à partir :

- de la température et de l'humidité de l'air extérieur du site (mesures),
- de la température de saturation déterminée en fonction de la paroi supposée la plus froide ( $K = 2,9 \text{ w/m}^2\text{°C}$ ),
- d'une production d'eau conventionnelle : soit 4.819 g/j pour les T3 et 6.950 g/j pour les T5,
- et d'une température intérieure de 19°C.

Ces valeurs (voir figure 7) sont à comparer aux mesures des débits extraits (mesure en continu après l'extracteur) :

Pour les trois sites, les débits théoriques hygrorégulés sont nettement inférieurs à ceux conventionnels d'une VMC classique.

Les débits mesurés en "H1" et "H3" sont en début d'occupation plus importants que ceux théoriques hygrorégulés puis ils sont ensuite devenus plus faibles. Plusieurs causes conjuguées ou non peuvent être à l'origine de ces écarts :

- les productions d'eau ne sont pas celles conventionnellement retenues : en particulier en début d'occupation l'eau de séchage des constructions (chapes, revêtements muraux, ...) s'est ajoutée à celle des occupants. L'enquête fait par ailleurs ressortir que des condensations se sont produites en début d'occupation pour disparaître ensuite. Le mobilier et l'immobilier jouent un rôle important de régulateur notamment lors des productions lentes et réparties dans le temps,

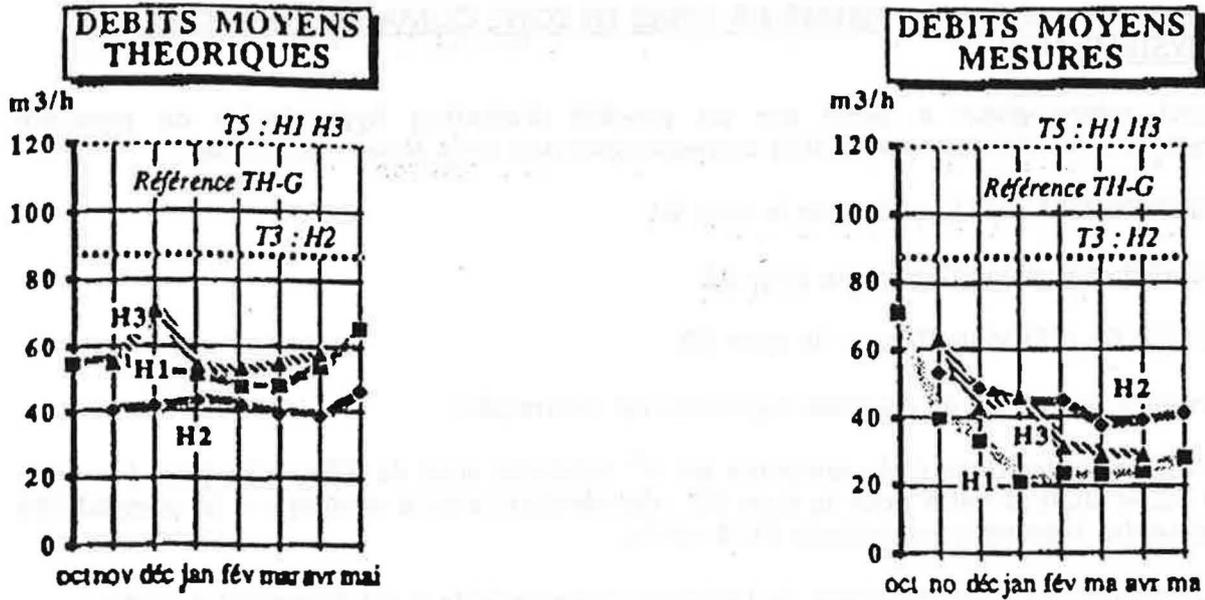


FIGURE 7 : débits d'air théoriques et mesurés pour les 3 zones climatiques

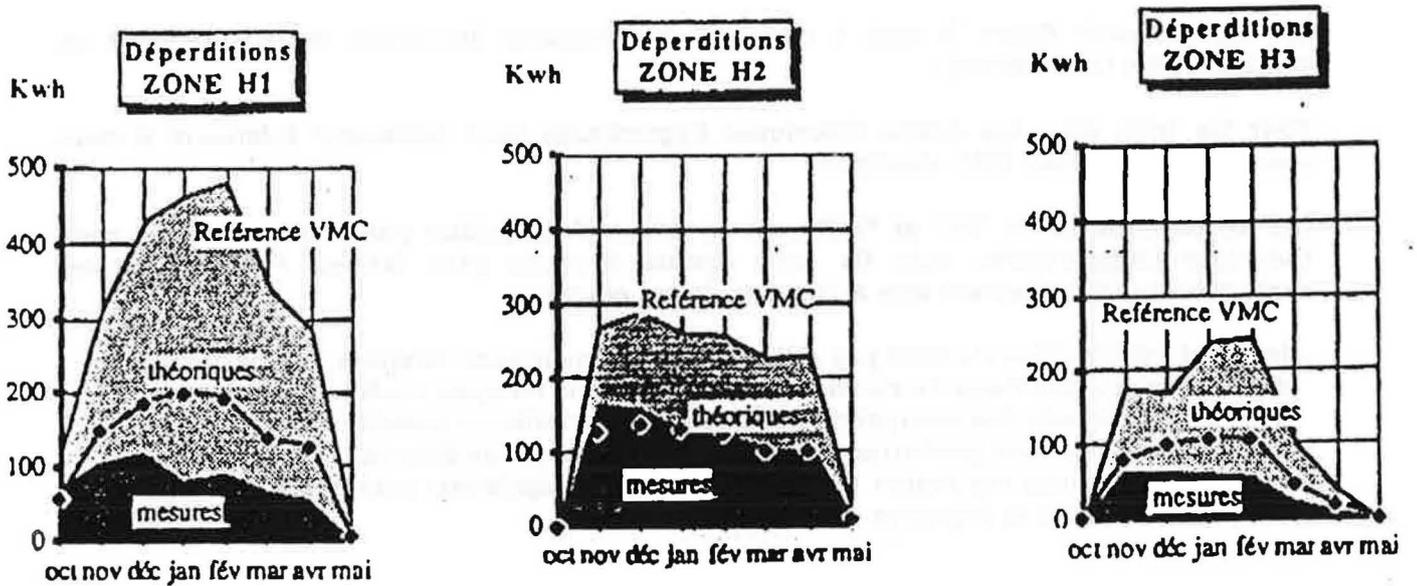
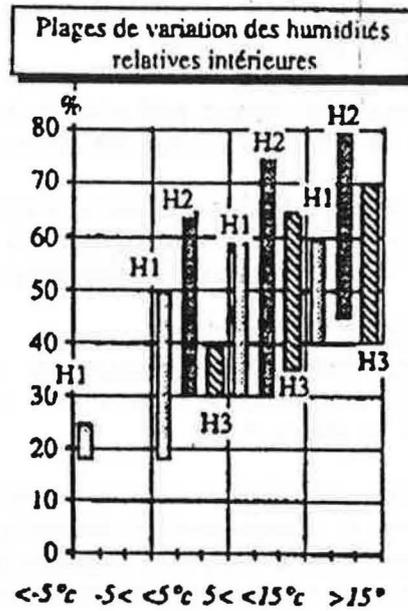


FIGURE 8 : déperditions par renouvellement d'air pour les 3 zones climatiques



**FIGURE 9** : plages de variation des humidités relatives intérieures

- l'aération transversale participe fortement à l'évacuation des productions d'eau,
- les températures intérieures et notamment au niveau des bouches de sortie d'air sont supérieures à 19°C, impliquant des humidités relatives plus faibles et conduisant ainsi à la diminution des débits,
- l'entretien des orifices de sortie d'air et des filtres est insuffisant, ce qui se traduit par un affaiblissement de l'hygrorégulation et des débits.

#### **LES DEPERDITIONS PAR RENOUELEMENT D'AIR SPECIFIQUE**

Les valeurs obtenues de débits d'air théoriques et mesurés peuvent être présentées en terme de déperditions thermiques (voir figure 8) :

Sur le plan théorique et en ne tenant pas compte de l'aération transversale, les gains sur les déperditions varient de 52% à 57% selon les zones par rapport à une VMC classique.

Les gains qui résultent des débits mesurés sont comparables aux gains théoriques en "zone H2" (48% pour 53% théoriques), et ils sont nettement supérieurs en "zone H1" (76% pour 57% théoriques) ou en zone "H3" (71% pour 52% théoriques).

#### **LES HUMIDITES RELATIVES INTERIEURES**

Les humidités relatives intérieures mesurées en continu sont pour toutes les zones fortement corrélées à la température extérieure : les plages de fonctionnement les plus observées sont montrées en figure 9.

Mesurées toutes les quinze secondes mais moyennées toutes les demi-heures, les variations d'humidités relatives liées à l'occupation se situent principalement entre 10% et 20% et ne sont que rarement supérieures à 30%. Des moyennes effectuées sur un pas de temps plus court feraient apparaître des variations plus fortes lors d'activités telles que la cuisine, la toilette, ...

L'analyse par demi-heure démontre cependant que le système complété éventuellement par les ouvertures manuelles des clapets par l'occupant, permet de ramener rapidement l'humidité relative à sa valeur moyenne.

En effectuant sur chacun des sites et pour trois séquences le calcul horaire du poids d'eau contenu dans l'air, on constate qu'il n'existe pas de variations importantes du poids de l'eau contenu dans l'air à certaines heures diurnes ou nocturnes.

Le risque de condensations superficielles a été évalué par analyses séquentielles sur les trois sites avec un pas de temps de la demi-heure et en considérant que le coefficient K de la paroi la plus froide est de 2,9 w/m<sup>2</sup>°C. Sur toutes les séquences analysées, la condensation ne s'est produite qu'une fois en "zone H2".

#### **LES MODIFICATIONS SOUHAITABLES**

Compte tenu des valeurs de températures et d'humidités relatives mesurées à proximité des bouches de sortie d'air, il est souhaitable de décaler de 5 à 10 points vers le bas la plage de régulation des bouches d'extraction.

Cette modification entraînera une légère augmentation du débit hygrorégulé et évitera qu'en saison froide le débit soit souvent à son minimum.

En cuisine, le clapet est parfois maintenu excessivement en position ouverte, soit volontairement soit par oubli : pour améliorer le bilan énergétique, il est souhaitable de le minuter. Une durée maximale d'une heure pourrait être retenue.

Le renouvellement d'air du WC, équipé d'une bouche 0-30 m<sup>3</sup>/h minutée, est entièrement confié à l'occupant. En cas de détérioration de la commande minutée, et lors des périodes de séchage de la construction, le renouvellement d'air n'est pas assuré. Nous proposons que ces bouches autorisent un débit de fuite en position fermée. Si une telle disposition était adoptée, on peut envisager soit de réduire à 15 mm la minuterie soit limiter le débit à 15 m<sup>3</sup>/h.

La présence d'eau dans les conduits a été signalée. Elle résulte de la condensation qui se produit dans tout conduit d'aération non isolé lorsque sont extraits des petits débits ou lorsque l'aération est rendu intermittente par l'occupant. Pour éviter cet inconvénient, les conduits doivent être isolés ou placés sous l'isolant.

Deux problèmes de maintenance se posent à court terme : l'entretien des orifices de sortie d'air et celui des filtres.

Les enquêtes montrent que seulement 57% des personnes nettoient les orifices de sortie d'air, et seulement 26% le font au moins tous les trois mois. L'entretien des orifices est donc insuffisant et le problème posé est plus important que sur une VMC classique : en effet les orifices sont plus petits et donc plus facilement obstrués.

Environ 69% des occupants n'entretiennent pas les filtres bien que 57% connaissent leur existence. Ce défaut d'entretien peut conduire à terme à la suppression de la modulation du débit en fonction de l'humidité. C'est ce qu'ont démontré les essais effectués par le CSTB.

Pour améliorer cette situation, il est souhaitable :

- d'améliorer l'information et d'assurer sa pérennité,
- que les nettoyages de l'orifice puisse s'effectuer sans démonter la bouche,
- d'installer la bouche de manière à ce que l'orifice soit facilement visible,
- de concentrer la section d'évacuation d'air,
- d'utiliser de préférence une technologie sans filtre ou au moins d'en limiter le nombre et d'en simplifier l'accès. Le filtre devrait être accessible sans démontage intermédiaire, et de donner la possibilité à l'occupant de choisir entre le nettoyage ou le remplacement des filtres, ce qui suppose qu'ils soient largement diffusés dans les commerces.

## **II . 4 - ESSAIS SUR BOUCHES DEUXIEME GENERATION (SYSTEME N°2)**

Les essais ont eu pour objet de déterminer les caractéristiques de fonctionnement hygroaérauliques des bouches en régime stationnaire :

- avant leur mise en service dans des logements à CHANTELOUP LES VIGNES le 23.03.88,
- après leur dépose des logements le 14.09.88 dans leur état d'encrassement,
- après leur nettoyage au laboratoire.

### **II . 4.1. - Description des bouches**

Une bouche d'extraction hygroréglable comprend :

- une embase de fixation en matière plastique,
- une membrane démontable pour le nettoyage dont la déformation règle la section de passage de l'air extrait,
- un module de commande comportant un capteur d'humidité (ruban) qui règle la dépression dans la membrane au moyen d'un tiroir,
- un filtre de protection de la prise de pression d'équilibre du tiroir (pression amont bouche),
- une prise de dépression du réseau, située sur la face arrière pour le modèle BHR 12-50/135, reliée au tiroir de réglage de la dépression dans la membrane,
- un registre à commande pneumatique pour le débit maximal.

La fixation de la bouche est assurée au moyen de bandes "VELCRO" adhésives fixées sur la face arrière de la bouche et sur le mur de fixation, l'étanchéité étant assurée par un joint à lèvres monté à la périphérie de l'embase.

### **II . 4.2 - résultats d'essai**

#### **Caractéristiques de fonctionnement hygroaérauliques des bouches d'extraction**

Les caractéristiques de fonctionnement hygroaérauliques des bouches sont déterminées en régime stationnaire à humidité relative croissante et décroissante pour une différence de pression de 100 Pa.

Le débit d'air des bouches pour la dépression retenue est relevé après un temps de stabilisation de l'humidité relative de l'air d'environ 45 minutes. L'humidité relative de l'air est stabilisée à  $\pm 3$  % des valeurs suivantes : 25, 32,5, 40, 47,5, 55, 62,5 et 70%. On trouvera un exemple de résultat à la figure 10.

La procédure adoptée pour le nettoyage des bouches était la suivante :

- démontage du module comportant la membrane et nettoyage avec de l'eau savonneuse
- nettoyage des fentes d'aération du module de régulation.

Les résultats d'essai suscitent les remarques suivantes :

avant nettoyage :

- le débit minimal a augmenté d'environ  $8 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$  sur les bouches N° 1, 2, 4 et 5
- le débit maximal des bouches N° 1, 2 et 4 les plus encrassées a diminué d'environ  $10 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$
- la plage de régulation (30 % - 60 % d'humidité relative) a peu variée sur toutes les bouches.

Après nettoyage

- le débit minimal des bouches N° 1, 2 et 4 reste plus grand ( $4 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ )
- le débit maximal des bouches N° 1, 2 et 6 tend à diminuer légèrement ( $4 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ ).

## **II . 4.3 - Conclusion**

Ces essais démontrent que le vieillissement des bouches n'altère pas de manière importante leurs caractéristiques de fonctionnement : la seconde génération de bouches présente une sensibilité au vieillissement très réduite par rapport à la version précédente.

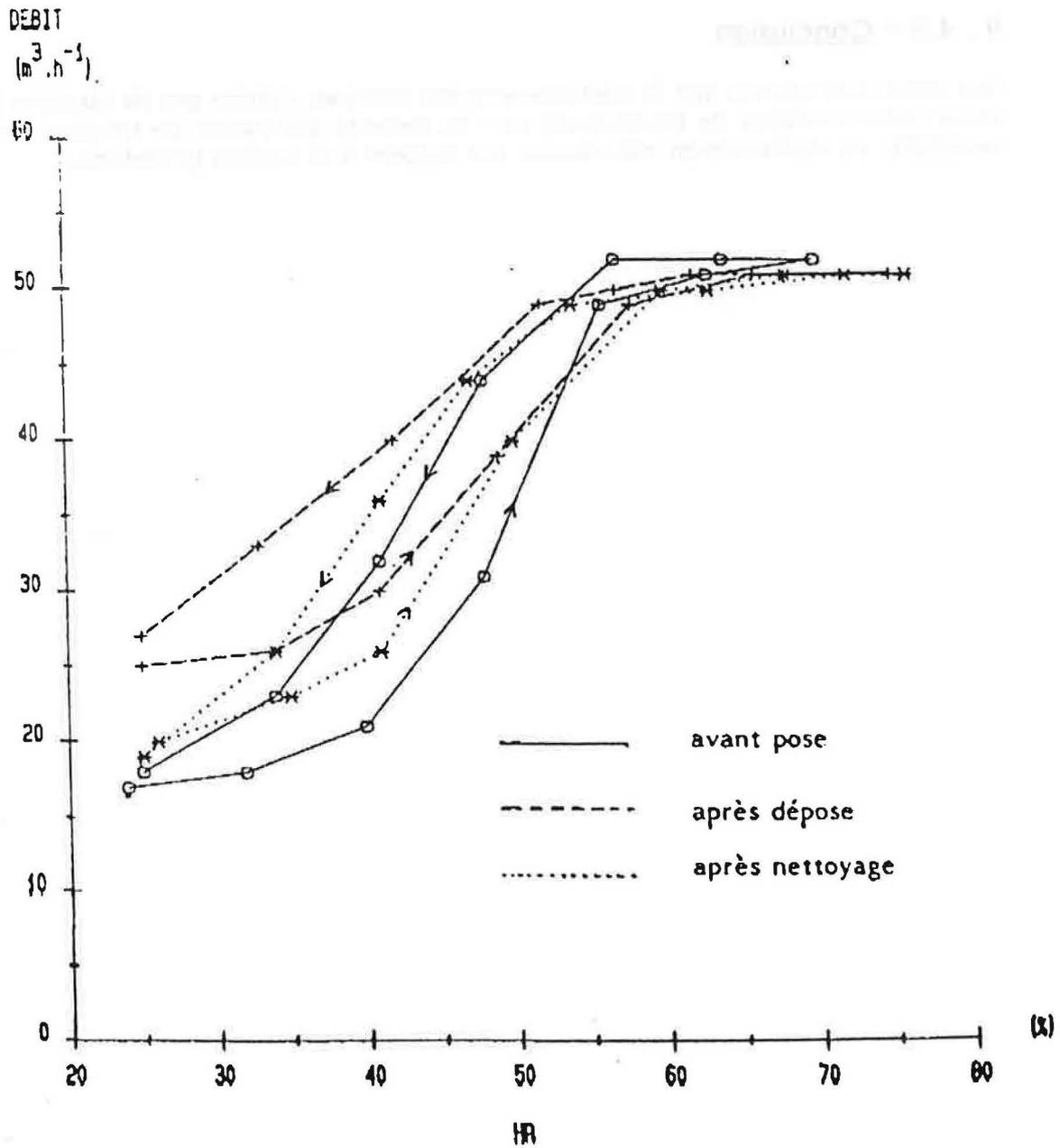
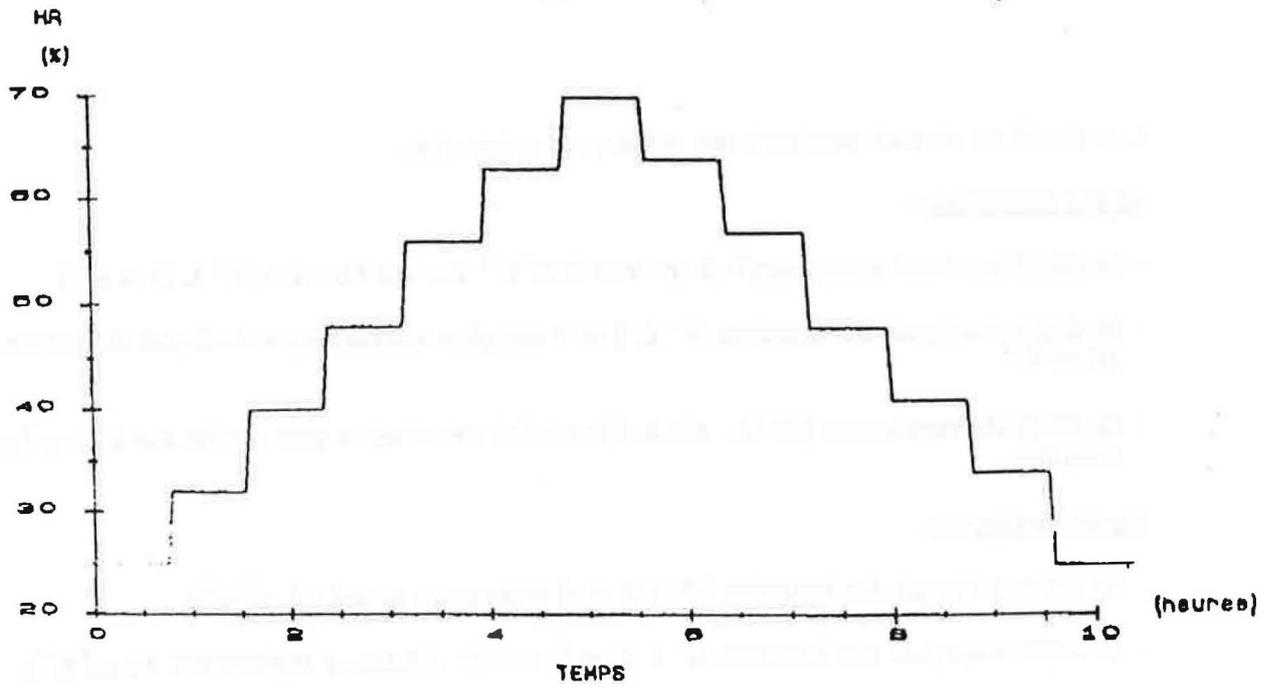


FIGURE 10 : bouche d'extraction hygroréglable n°5 courbes débit en fonction de HR pour  $\Delta p = 100 \text{ Pa}$   $T = 23^\circ\text{C}$

## **II . 5 – OPERATION EN REGION RHONE ALPES (SYSTEME N°3)**

Ce suivi avait essentiellement pour objet d'apprécier la sensibilité à l'encrassement des bouches d'extraction hygroréglables. Pour cela, une quinzaine de bouches caractérisées en laboratoire à l'état neuf ont été installées dans des logements situés en région Rhone Alpes puis contrôlées après neuf mois de fonctionnement.

### **II . 5.1. – Description du système**

Le système de ventilation comprend des entrées d'air autoréglables et des bouches d'extraction hygroréglables. Les bouches cuisine se composent de deux modules, l'un autoréglable et l'autre hygroréglable ; les bouches salle d'eau ne sont équipées que du module hygroréglable.

la modulation du débit en fonction de l'humidité est active dans une plage comprise entre 30 % et 65 % hr, en dehors de cette plage, les débits sont fixes.

Les bouches cuisine sont équipées d'un volet dont l'ouverture assure l'obtention du débit de pointe.

les bouches comportent deux positions hiver/été : en été, la bouche est toujours au débit maximum.

### **II . 5.2. – Caractérisation des bouches hygroréglables**

Un exemple de résultats de caractérisation est regroupé sur la figure 11 : on y présente pour chaque bouche, les valeurs des débits d'air sous 100 Pa pour un taux faible (35 %) et un taux élevé (70 %) d'humidité, mesurées à l'état neuf, après neuf mois de fonctionnement, puis après nettoyage de la bouche de remplacement du filtre. On présente également à titre d'exemple, sur la figure 12, les courbes débit-pression d'une bouche hygroréglable.

A l'exception de quelques bouches qui ont fait l'objet, de la part des utilisateurs, d'un entretien mensuel ou bimestriel ; la plupart des matériels testés après neuf mois de fonctionnement sont insensibles à l'humidité relative : le débit extrait à faible humidité est proche du débit nominal maximal ; en revanche, à forte humidité, le débit extrait est peu différent de la valeur mesurée à l'état neuf.

L'augmentation du débit extrait à faible humidité est due à l'encrassement du filtre. On constate également sur certaines bouches des dépôts gras qui ont pour effet de maintenir le volet "*mobile*" collé au canal de passage d'air qui, en conséquence, ne peut plus réduire la section de passage lorsque l'humidité est faible.

Une fois nettoyées, les bouches retrouvent leurs caractéristiques originelles à 3 m<sup>3</sup>/h. près.

La réponse en débit à des variations rapides du taux d'humidité entre 35 % et 75 % a été déterminée sur des bouches neuves puis après vieillissement (bouches nettoyées équipées d'un filtre neuf).

les résultats des essais montrent que le temps de réponse à une augmentation de l'humidité relative de l'air environ 5 minutes n'est pas sensiblement modifié par le vieillissement de l'organe régulateur de la bouche. En revanche, pour une diminution rapide du taux d'humidité, la bouche d'extraction voit son temps de réponse augmenter par rapport à sa caractéristique originelle : le temps de réponse, de l'ordre de 40 minutes, est approximativement trois fois plus long que celui d'une bouche neuve.

### **II - 5.3. - Observations in-situ et enquête auprès des usagers**

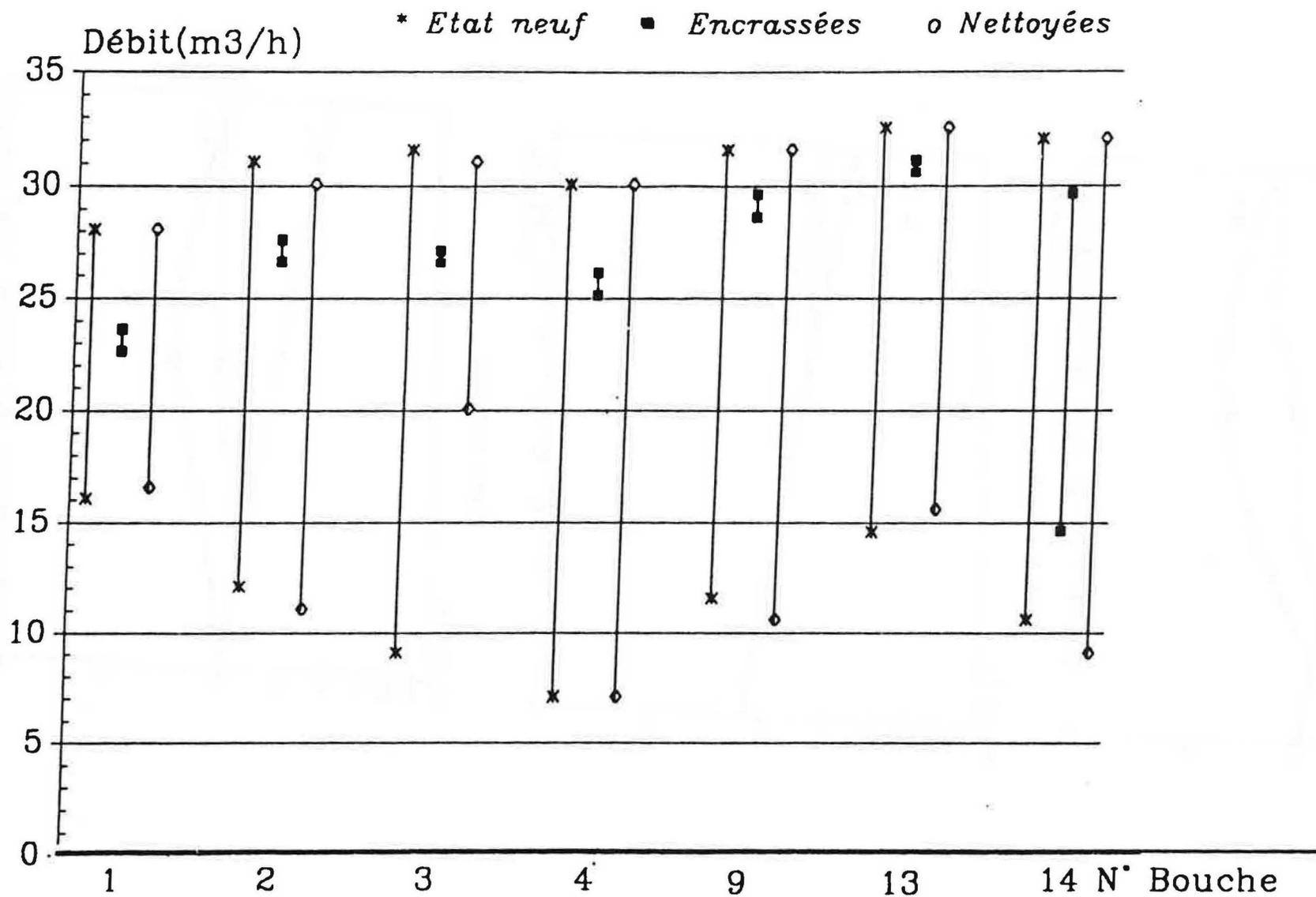
Les observations faites sur site et l'enquête auprès des usagers ont permis d'apprécier le fonctionnement en oeuvre du système et de connaître le comportement des occupants.

Comme pour les suivis précédents, on retrouve ici les pathologies classiques de la ventilation qui ne sont pas spécifiques au procédé hygroréglable : entrées d'air obturées, bouches mal positionnées, mal entretenues, trop forte dépression dans les conduits,.... On notera également que les causes d'insatisfactions sont principalement les salissures créées par les entrées d'air et le bruit (sifflement aux bouches).

### **5.4. - Conclusion**

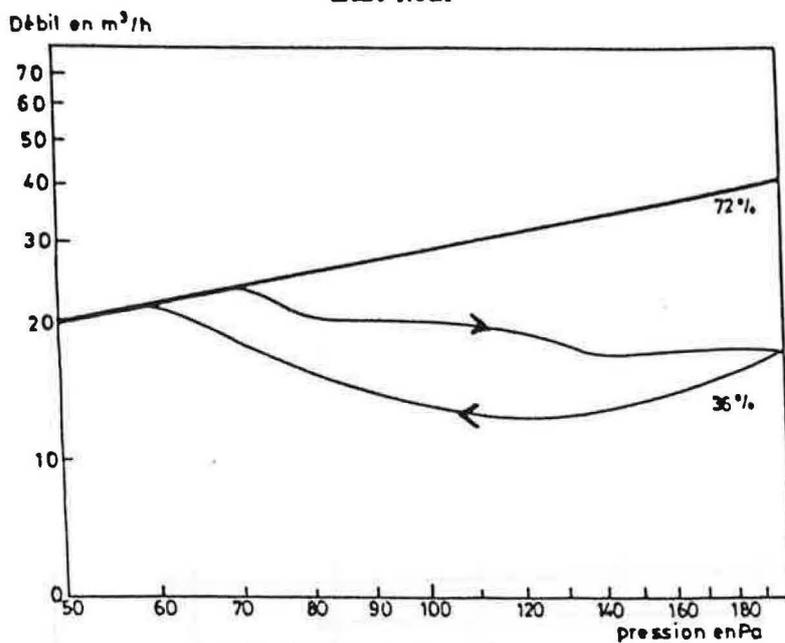
Les bouches hygroréglables sont, après quelques mois de fonctionnement dans un fort état d'encrassement car l'entretien, bien que décrit dans la notice d'utilisation, n'est pas réalisé par les usagers. Cet encrassement a principalement pour effet d'augmenter le débit extrait à faible humidité élevée, le débit extrait reste pratiquement inchangé.

Après nettoyage, les bouches retrouvent pratiquement leurs caractéristiques débit-pression originelles. Toutefois, ce nettoyage doit être effectué avec un soin particulier de façon à éviter une possible détérioration de la bouche : il convient, avec une périodicité trimestrielle, de remplacer le filtre et de nettoyer la bouche spécialement le canal de passage d'air.

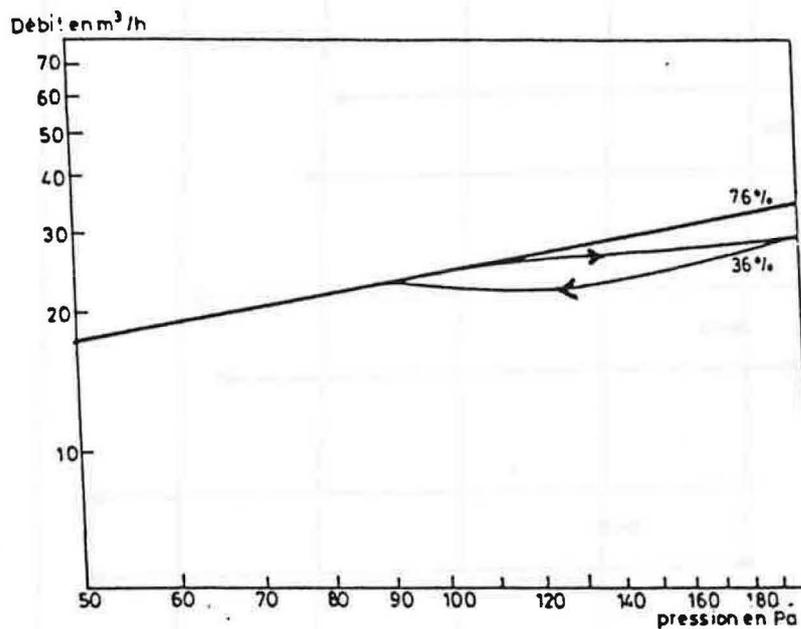


- Figure 11 - Débits d'air mesurés sous 100 Pa à faible et forte humidités  
Bouches hygroréglables 5-30 m<sup>3</sup>/h

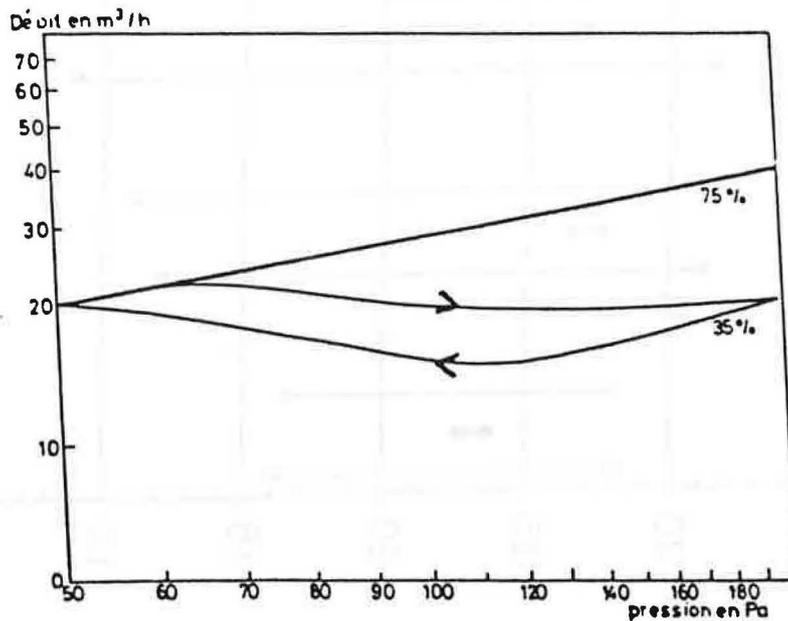
Etat neuf



Après 9 mois de fonctionnement



Après nettoyage



- Figure 12 - Caractéristiques débit-pression d'une bouche hygroréglable

## II . 6 - SUIVI SUR UN LOGEMENT SITUE EN ZONE CLIMATIQUE H1 (SYSTEME N°3)

Le suivi a été réalisé sur un logement de type 4 situé à St-ALBAN de ROCHE (38) entre octobre 1987 et mai 1988.

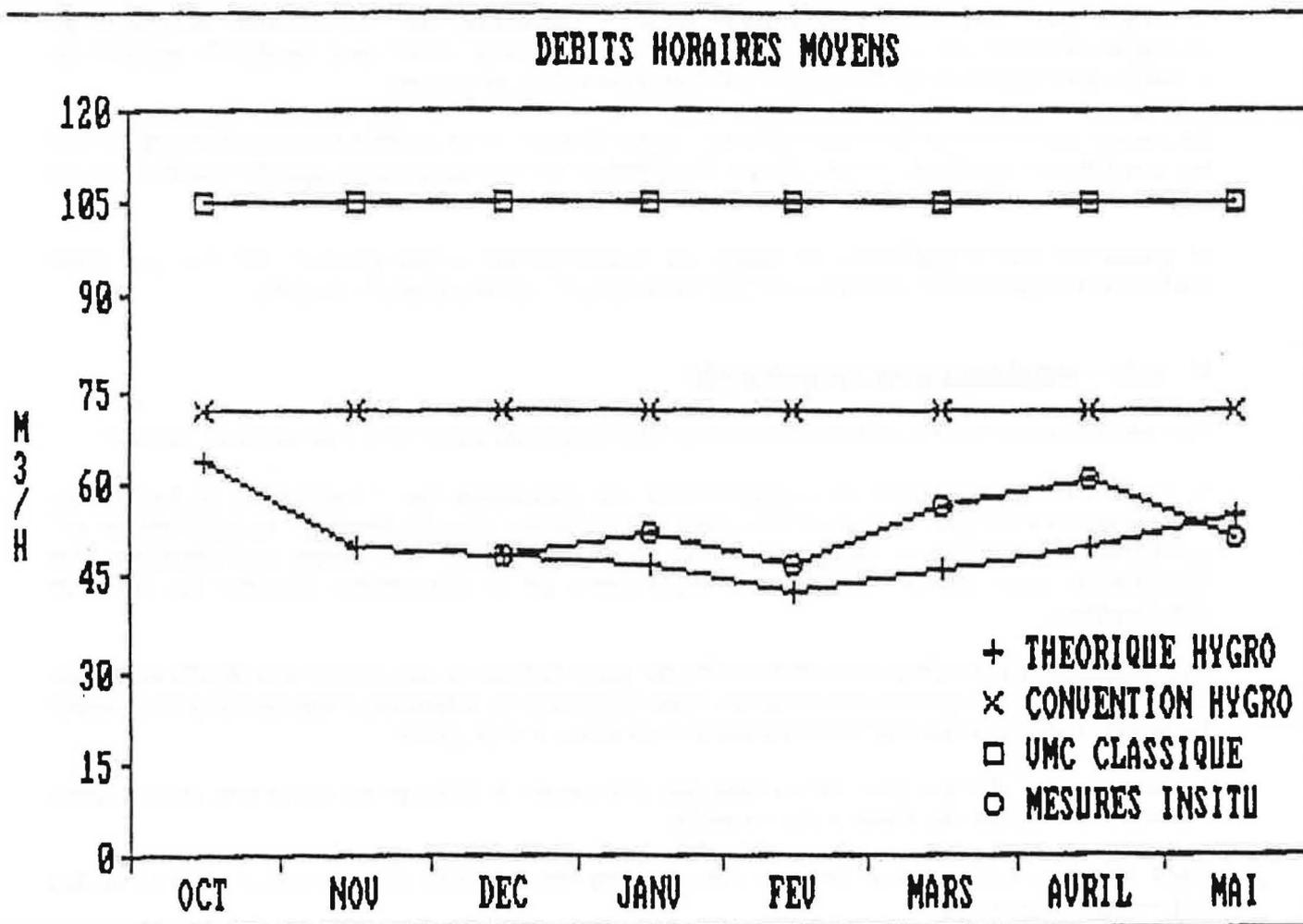
Il est à noter que ce logement présentait une perméabilité à l'air importante

### II . 6.1 - Renouvellement d'air spécifique

Pour un logement de type 4, on peut distinguer quatre renouvellements d'air spécifiques.

- . Le renouvellement d'air conventionnel retenu pour le calcul des déperditions.
- . Le renouvellement d'air hygrorégulé théorique déterminé par application d'un code de calcul.
- . Le renouvellement d'air conventionnel retenu pour le calcul des déperditions d'un logement de type 4 équipé d'une V.M.C. classique.
- . Le renouvellement d'air mesuré.

l'évolution horaire moyenne des différents renouvellements d'air est présentée dans le graphe ci-après.



On constate, qu'il existe une assez bonne corrélation entre les débits théoriques hygrorégulés et les débits mesurés.

Le débit conventionnel d'une aération hygrorégulée s'avère toujours supérieur à celui mesuré et au théorique calculé.

Les valeurs mensuelles de débits moyens ont été utilisées pour calculer les déperditions énergétiques par renouvellement d'air : il en ressort que les économies par rapport à une ventilation classique sont, d'après les mesures de 49 %, alors que les économies retenues dans les calculs conventionnels ne sont que de 30 %.

## **II . 6.2 - Humidités relatives intérieures**

Les humidités relatives intérieures mesurées en continu sont fortement corrélées à la température extérieure. Aux températures extérieures les plus basses correspondent les humidités intérieures les plus faibles et réciproquement.

Mesurées toutes les quinze secondes mais moyennées toutes les demi-heures, les variations d'humidités relatives liées à l'occupation se situent principalement entre 10 et 20 %. Des moyennes effectuées sur un pas de temps plus court feraient apparaître des variations plus fortes lors de certaines activités (douches, bains, cuisine, etc...).

L'analyse par demi-heures démontre, dans ce logement, que le système complété de quelques actions de l'occupant (ouvertures des clapets et/ou des fenêtres) permet de ramener très rapidement l'humidité relative à sa valeur moyenne.

Le risque de condensations superficielles a été évalué en considérant passagères celles qui se produisent pendant moins d'une demi-heure et en supposant que le coefficient de déperditions surfaciques  $K$  de la paroi de la plus froide est de  $2,9 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

A partir de ces hypothèses, le risque de condensation a été observé 10 fois sur 2000 données enregistrées au cours de 42 journées (une donnée par demi-heure).

## **II . 6.3 - Améliorations souhaitables**

Les réflexions portent sur le système qui a fait l'objet du suivi et sur sa mise en oeuvre.

Une meilleure information des installateurs est nécessaire. Sur l'opération, la bouche en salle d'eau n'était pas équipée d'une pièce d'adaptation pour le montage en plafond, ce qui perturbait la régulation. Le groupe d'extraction comportait des pièces qui devaient être supprimées pour assurer une bonne répartition de la dépression derrière les bouches d'extraction.

La régulation du système doit être améliorée pour limiter la dispersion des débits d'air aux différentes valeurs d'humidité relative. Pour améliorer la situation, l'industriel a fait passer le temps d'étuvage des capteurs d'humidité de deux à sept jours.

L'encrassement des bouches ne devrait pas provoquer le blocage de certaines pièces. Celui du volet de réglage du débit a été constaté.

Pour limiter ce phénomène, les jeux entre pièces feront l'objet d'un meilleur suivi et seront légèrement augmentés.

La technologie du système mérite d'être simplifiée afin de limiter les nombreuses pièces en mouvement qui assurent la fonction régulation de la bouche.

A titre indicatif, la soupape à bascule a été déformée par l'occupant lors d'un nettoyage. L'industriel prévoit de la modifier pour qu'elle soit moins fragile. Sa déformation perturbe considérablement la régulation du débit.

En cuisine, le clapet du débit complémentaire est parfois maintenu excessivement en position ouverte, soit volontairement, soit, par oubli. Pour améliorer le bilan énergétique il est souhaitable de le minuter. Une durée maximale d'une heure pourrait être retenue. Cette amélioration est également en cours de réalisation.

### III . 1 - SYNTHESE GENERALE

La ventilation hygroréglable vise à optimiser le renouvellement d'air des logements en fonction de leur humidité relative. Elle doit permettre :

- de limiter la dépense énergétique liée à l'aération
- de prendre en compte l'occupation de préserver le bâti des condensations.

Des commandes mises à disposition de l'occupant permettent d'augmenter le renouvellement d'air.

Quel que soit le procédé, les suivis effectués en logement occupés montrent que les économies effectives d'énergie sont égales, et même parfois supérieures, aux valeurs théoriques.

Les mesures des humidités relatives intérieures démontrent par ailleurs que le risque de condensation superficielle est très faible.

Enfin les suivis de vieillissement ont montré, qu'après correction par les industriels des "défauts de jeunesse" qui concernaient certains des matériels de première génération, les bouches actuellement commercialisées en France présentent dans l'ensemble une bonne résistance vis-à-vis des risques de vieillissement.

Les préoccupations actuelles des industriels concernent à la fois :

- la limitation et la simplification de la maintenance,
- l'amélioration de la durabilité,
- la préconisation de règles pour la mise en oeuvre,
- l'information des occupants.



**BIBLIOGRAPHIE**

- M. KILBERGER  
Analyse de dix logements équipés d'une aération hygrorégulée, système ALDES. CETE de Lyon, HEB - Janvier 1986
  
- P. GAILLARD  
Etude du vieillissement, de la fiabilité et de la maintenance de la ventilation hygroréglable. CETIAT rapport n° 32.4018, Orsay - Février 1987
  
- CETE de Lyon  
L'aération hygroréglable, système ALDES : suivi de trois logements - Avril 1987
  
- P. GAILLARD , P. MICHELI  
Détermination des caractéristiques de fonctionnement de bouches d'extraction hygroréglables de marque ALDES . CETIAT rapport n°88.0051-3, Orsay - Mars 1988
  
- J. RIBERON  
Etude du vieillissement des hygrostats RANCO. CSTB, GEC n°89-4702, Champs-sur-Marne - Février 1989
  
- M. KILBERGER, H. NAHORNYJ  
Suivi in-situ du système d'aération hygroréglable de marque ANJOS. CETE de Lyon - Février 1989
  
- J. RIBERON, R. SIMEON  
Etude expérimentale du vieillissement de bouches d'extraction hygroréglables. CSTB, GEC n°89-4893 - Septembre 1989
  
- J. RIBERON, R. SIMEON  
Suivi d'installations de ventilation hygroréglable : opération pilote de Chanteloup-les-Vignes. CSTB, GEC n°89-4981 - Décembre 1989
  
- P. GAILLARD  
Suivi comparatif de systèmes de ventilation classiques et hygroréglés de marque AEROPLAST. CETIAT, Orsay - Juillet 1990
  
- M. KILBERGER  
L'assainissement du débit d'aération à l'hygrométrie dans les bâtiments d'habitation Bâtiment Energie n°31 Février-Mars 1984.