

© INIVE EEIG
Operating Agent
and Management
Lozenberg 7
B-1932 Sint-Stevens-Woluwe
info@inive.org - www.inive.org

Agence internationale de l'Énergie
Energy Conservation in Buildings
and Community Systems Programme



Air Infiltration and Ventilation Centre

Ventilation hygroréglable en climat tempéré

Jean-Luc Savin, Marc Jardinier
Aereco S.A.

1 Introduction

Née avec la crise de l'énergie, la ventilation hygroréglable a été introduite dans les régions à climat tempéré¹ afin de lutter contre les problèmes de condensation provoqués par la construction de bâtiments plus étanches et l'abaissement de la température de chauffage.

Cet article s'étend sur les moyens et les objectifs de la ventilation hygroréglable dans le cadre de la réduction de la consommation énergétique des bâtiments. Pourquoi un débit d'air variable ? Pourquoi faire de l'humidité le paramètre déterminant ? Comment fonctionne la ventilation hygroréglable ? Comment tester les performances de produits aussi sophistiqués et quelle norme pour l'industrie ? Comment évaluer les gains énergétiques liés ? Voilà les questions qui sont traitées dans cet article.

2 Une réduction drastique de la consommation énergétique des bâtiments est nécessaire

Le protocole de Kyoto et la division par quatre des émissions de gaz à effet de serre qu'il exige à l'horizon 2050 sont les deux engagements forts pris pour protéger la terre contre un réchauffement planétaire extrême et l'épuisement des sources d'énergie fossiles à moyen terme. Malgré la mise en œuvre, depuis la première crise pétrolière, de mesures réglementaires et

incitatives qui ont réduit de manière significative la consommation énergétique moyenne par mètre carré de logements neufs, l'effort doit être maintenu pour atteindre les objectifs les plus récents.

Le renouvellement de l'air intérieur peut représenter jusqu'à 50% de la consommation énergétique d'une habitation ; il représente dès lors un paramètre clé dans la réduction des besoins énergétiques des bâtiments. Par conséquent, la ventilation est donc un compromis entre la qualité de l'air intérieur et l'efficacité énergétique. Un débit d'air variable adapté aux besoins est une réponse idéale à ces exigences apparemment contradictoires et la ventilation contrôlée peut être adaptée aux différents marchés locaux (nationaux). Dans les nouveaux bâtiments, l'isolation thermique toujours plus importante renforce le poids de la ventilation sur la consommation énergétique, faisant ainsi du contrôle du débit de l'air un prérequis absolu. La rénovation, au contraire, demande des solutions faciles à mettre en œuvre et à entretenir.

Les logements vacants (c.à.d. 7% du parc immobilier français²) témoignent de la pertinence de la ventilation contrôlée. La ventilation d'aujourd'hui doit pouvoir s'adapter aux périodes de vacance et répondre immédiatement aux besoins lorsque le logement est à nouveau occupé. C'est encore plus vrai avec l'évolution des modes de vie qui modifie profondément l'occupation des habitations : davantage de gens quittent leur domicile pour

¹ Cet article concerne les climats tempérés, typiques de la France, du Benelux ou de la Pologne, par exemple.

² Source: Insee, année 2008, France:
http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg_id=0&ref_id=NATFPS05201

aller travailler et il y a de plus en plus de familles monoparentales, ce qui provoque une réduction du taux moyen d'occupation quotidien et horaire. En réponse à ces besoins, le débit d'air variable semble être pertinent pour

3 Débit d'air contrôlé

Les systèmes de ventilation dernier cri proposent deux technologies différentes pour économiser l'énergie dans une habitation : la récupération de chaleur et le débit d'air variable contrôlé.

La première solution offre un débit d'air régulier, souvent fixe, qui peut passer à la vitesse supérieure en cas de pollution plus élevée. Ce genre de système possède un double réseau de conduits, un pour l'air extrait et un pour l'air entrant. Un échangeur de chaleur entre les deux récupérateurs sépare la chaleur de l'air extrait et la transfère à l'air entrant. Plusieurs ventilateurs assurent les écoulements d'air entrants et sortants et doivent compenser les baisses de pression dans les conduits, les filtres et le mécanisme de préchauffage (sur certains modèles).

La modulation des débits d'air dans les systèmes de ventilation par extraction seulement offre un taux de renouvellement de l'air très faible quand le besoin est minimum, mais il peut augmenter le débit d'air à des niveaux très élevés au besoin. Le principe de base est de régler le débit d'air moyen au minimum et de réduire d'autant les déperditions de chaleur, tout en assurant un taux de ventilation élevé pendant de courtes périodes, en fonction des besoins. Les pics de ventilation ont un impact très limité sur le taux moyen de renouvellement de l'air parce qu'ils se produisent en réponse à des besoins très brefs et relativement rares.

Actuellement, aucun système ne combine vraiment un débit d'air variable à la demande et la récupération de chaleur pour l'ensemble de l'habitation, mais ce serait un moyen très efficace de concilier qualité de l'air intérieur et efficacité énergétique.

3.1 Pourquoi un débit d'air variable?

Dans les maisons multifamiliales, une ventilation fondée sur un débit d'air variable à la demande permet d'optimiser et de réduire la dimension des conduits. Dans la mesure où les besoins sont étalés dans le temps et dans l'espace, le débit d'air statistique moyen est inférieur à la somme de tous les débits d'air équivalents¹ fixes, ce qui

¹ En terme de qualité de l'air intérieur.

concilier qualité de l'air intérieur élevée et efficacité énergétique.

permet de réduire la dimension des conduits. Cet avantage des systèmes de ventilation variable est encore plus important en cas de rénovation d'un bâtiment collectif, où le remplacement des bouches d'extractions fixes par un système de ventilation contrôlée ne nécessitera pas de modifier ou d'élargir les conduits.

Avec un taux moyen de renouvellement de l'air bien plus faible, la ventilation contrôlée produit des économies d'énergie significatives, ainsi qu'une accumulation de poussières moins rapide dans les filtres, conduits, extracteurs et bouches d'air, ce qui réduit les besoins d'entretien.

4 Humidité: un indicateur pertinent de la qualité de l'air intérieur?

La ventilation contrôlée à la demande doit se fonder sur un paramètre indicateur de la pollution intérieure. Ce paramètre doit être facilement détecté et mesuré physiquement, et il doit être suffisamment réactif pour adapter le renouvellement de l'air en temps réel.

Il existe trois sources de pollution de l'air intérieur:

- Les pollutions émises par le bâtiment et les matériaux d'ameublement
- Les pollutions émises par les activités humaines
- Les pollutions émises par le métabolisme des occupants

Les pollutions par les matériaux sont essentiellement des composés organiques volatils (COV), dont les aldéhydes et les hydrocarbures qui peuvent constituer un danger pour la santé des occupants. Ce type de polluant exige un taux de ventilation faible en permanence, même lorsque l'habitation est inoccupée.

Les activités humaines incluent cuisiner, prendre une douche, laver et sécher le linge... Elles constituent d'importantes sources d'humidité, ainsi que d'odeurs variées.

Si elles ne constituent aucun danger pour les occupants, elles représentent cependant une

menace pour l'intégrité du bâtiment (condensation) et un inconfort olfactif potentiel. Avec des pics d'émissions à hauteur de 350 g de vapeur d'eau pour une douche de 10 minutes, le débit de pointe est crucial pour limiter la présence et le taux d'humidité dans le temps.

Enfin, la pollution générée par le métabolisme des occupants (respiration et transpiration) produit de l'humidité et du dioxyde de carbone, ce qui demande d'adapter le taux de ventilation au nombre de personnes présentes dans la pièce et à leurs activités. Une seule personne qui s'adonne à des activités 'normales' génère 50 g/h de vapeur d'eau et 19 l/h de CO₂. Ce sont des quantités de pollution significatives dans l'ensemble des sources de pollution des habitations qui doivent être traitées de manière adéquate.

Parmi les types de polluants mentionnés ci-dessus, un polluant semble pertinent pour évaluer la quantité de pollution générée par les occupants : l'humidité.

Les trois graphiques ci-contre (Figures 1 à 3) montrent les résultats d'une expérience sur site menée dans 60 logements équipés de systèmes de ventilation hygroréglable naturelle dans 3 pays : la France, la Belgique et les Pays-Bas. L'étude a été menée par le CSTB, TNO, BBRI et Aereco [Réf. 5].

Les graphiques démontrent, par une expérimentation réelle et statistique, la corrélation qui existe entre l'humidité absolue et le dioxyde de carbone dans les différentes pièces 'humides'. Le CO₂ est généralement considéré comme un indicateur pertinent de la pollution intérieure générée par le métabolisme humain. Chaque point reflète la mesure simultanée de l'humidité absolue et du CO₂. Il apparaît ici une corrélation directe entre CO₂ et H₂O dans les WC¹, tandis que dans les cuisines et les salles de bain, les augmentations de CO₂ les plus importantes sont toujours suivies par des élévations encore plus grandes de l'H₂O. Ceci signifie que maîtriser l'H₂O permet, dans le même temps, de maîtriser efficacement le CO₂. En outre, la ventilation hygroréglable protège le bâtiment en maintenant une quantité raisonnable de vapeur d'eau à l'intérieur, ce qui ne serait pas possible avec une ventilation

modulée par détection du CO₂. Le rapport officiel de cette expérimentation affirme que « l'humidité intérieure est un paramètre pertinent (...) pour assurer le renouvellement automatique de l'air en réponse à la pollution causée par l'activité et le métabolisme humains ».

La question des pièces 'sèches' (séjour et chambres) a été traitée dans le cadre d'une autre expérimentation menée à Paris² en 2008, sur des habitations équipées d'un système de ventilation mécanique hygroréglable sur l'ensemble du bâtiment.

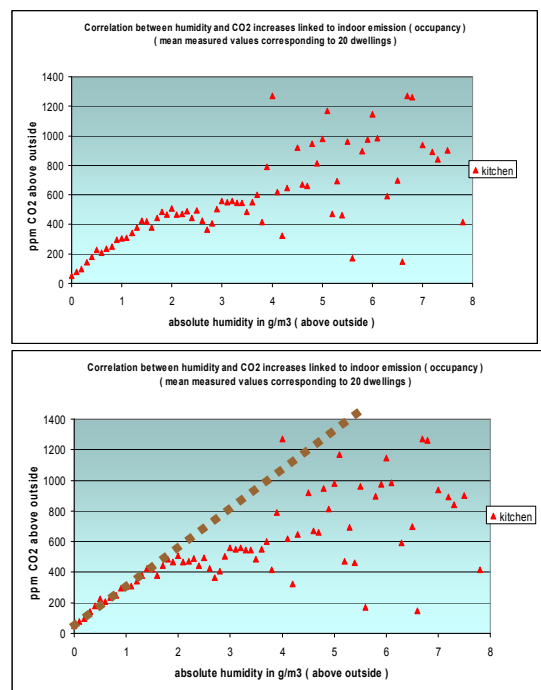


Figure 1: Corrélation entre humidité absolue et CO₂ dans les cuisines

¹ Le cas de la ventilation des WC, où la principale pollution est olfactive, peut être résolu en ajoutant un détecteur de présence aux bouches d'extraction.

² Projet ADEME PREBAT "Performance".

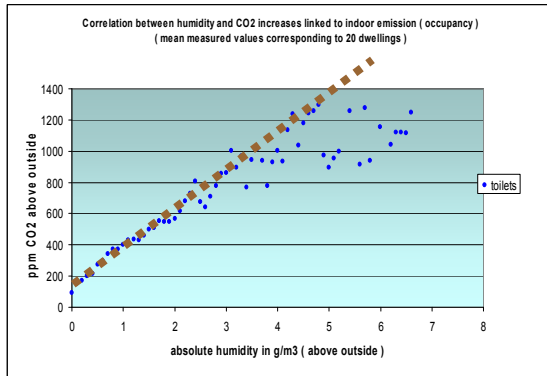
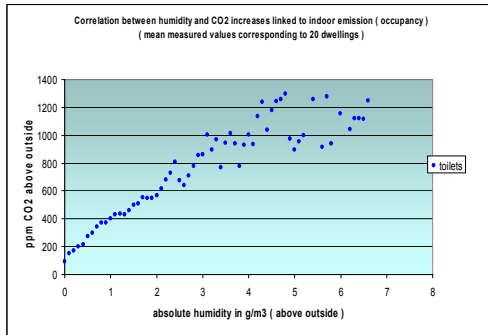


Figure 2: Corrélation entre humidité absolue et CO₂ dans les WC

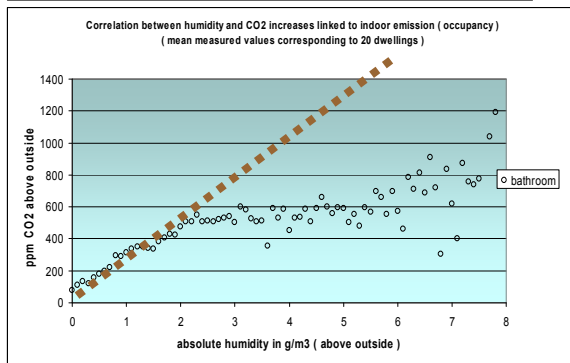
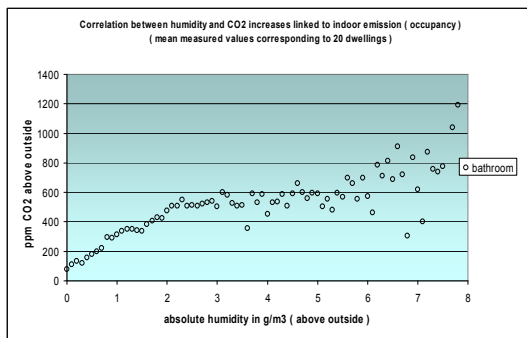


Figure 3: Corrélation entre humidité absolue et CO₂ dans les salles de bains

La figure 4 montre la mesure simultanée de l'humidité relative dans l'habitation et du dioxyde de carbone sur une période d'une semaine dans une chambre à coucher occupée par une personne seule. Les périodes occupées, correspondant à la nuit, apparaissent en gris clair.

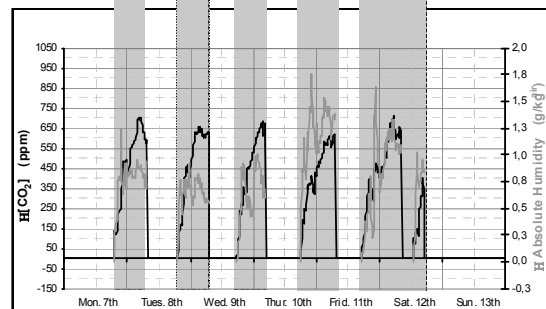
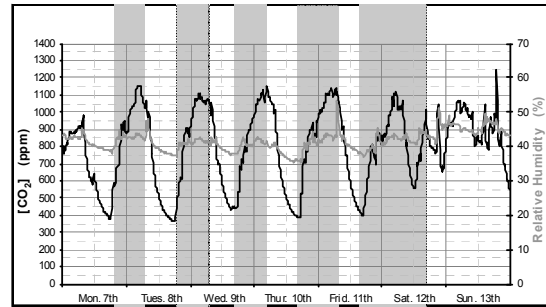


Figure 4: fluctuations du CO₂ et de l'H₂O dans une même pièce. En haut : mesures en continu du CO₂ et de l'humidité relative durant les périodes occupées uniquement (nuits)

À première vue, le graphique du haut montre des variations plus élevée pour le CO₂ que pour l'humidité relative. Pourtant, si nous nous concentrons sur les périodes occupées (zones en gris clair) et que nous calculons les fluctuations de l'humidité absolue¹ comparées au début de la nuit et les fluctuations correspondantes du CO₂, nous obtenons le second graphique. La corrélation entre les augmentations de CO₂ et d'H₂O apparaît ainsi clairement.

Un calcul montre que, près de 50% de la vapeur d'eau a été absorbée par les matériaux environnants, mais la corrélation avec l'augmentation de CO₂ a néanmoins été observée.

Notons que la prise d'air ne peut pas dépendre uniquement de la mesure de l'humidité relative intérieure. Par temps froid, l'humidité relative extérieure serait très faible et par conséquent, l'humidité relative intérieure diminuerait. Une augmentation de l'humidité intérieure pourrait ne pas être suffisamment significative pour déclencher l'ouverture de l'entrée d'air. Par conséquent, la température du capteur intégré à l'entrée d'air doit être adaptée à la température

¹ En prenant en considération l'humidité absolue au lieu de l'humidité relative, nous annulons l'impact des changements de température sur le relevé.

extérieure [Réf. 8]. Cette opération est contrôlée par la spécification d'un coefficient thermique pour l'entrée d'air.

5 Ventilation hygroréglable et COV

Outre les polluants émis par l'activité et le métabolisme humains, les COV ont un impact direct sur la qualité de l'air intérieur. Cependant, il est très difficile de contrôler leur présence par la ventilation uniquement, étant donné leur occurrence, leur nature, leur composition, leur concentration fluctuante dans le temps (plus élevée lorsque le matériau est neuf), ou encore leur température et leur dépendance à l'humidité. Pour maintenir les COV à des niveaux raisonnables, le moyen le plus efficace et le plus économique reste certainement le contrôle de leurs sources par un choix judicieux des matériaux intégrés dans l'habitation. Il est en effet plus rentable de sélectionner dès le départ des matériaux à faibles émissions, plutôt que de ventiler à débit élevé pendant des années après la construction pour évacuer les COV. La ventilation hygroréglable, quant à elle, contribue à la réduction des COV : elle instaure un taux de renouvellement de l'air minimum, même quand l'habitation est inoccupée, et elle traite les conditions d'air chaud et humide, connues pour favoriser les émissions de COV (comme en témoignent différentes études). Les formaldéhydes et autres composés ne sont pas traités spécifiquement par une ventilation hygroréglable, mais l'usage d'un tel système est cohérent dans le cadre du traitement des COV.

6 Principe et applications de la ventilation hygroréglable

6.1 Principe:

Les bouches d'air hygroréglables modifient le flux d'air en fonction de l'humidité relative intérieure. Plusieurs technologies ont été développées, notamment des détecteurs d'humidité électronique, des plaquettes en bois et enfin des bandes de tissu en polyamide.

Le marché a évolué vers des produits en polyamide exclusivement, en raison des problèmes de précision et de fiabilité que posaient les autres technologies.

Le capteur est composé de bandes de tissus en polyamide (Figure 5) et il utilise les propriétés hygroscopiques du tissu de deux façons: tout d'abord, les fluctuations naturelles de la longueur des bandes sont utilisés pour mesurer l'humidité relative; ensuite, le raccourcissement du polyamide sous l'effet de l'air plus sec est utilisé comme force de rappel, et l'action de ressort est utilisée lorsque l'humidité de l'air augmente. Le module hygroscopique intégrant une tresse de polyamide peut donc être vu comme un « moteur » naturel avec capteur d'humidité intégré.

Le capteur active mécaniquement un volet qui définit l'ouverture libre de la bouche d'air, ce qui détermine le flux d'air admis par rapport à une pression donnée. Pour éviter l'accumulation de saleté et de poussières, le capteur est protégé contre le flux d'air. L'humidité relative intérieure est lue grâce à la micro-convection et à l'équilibre de la pression osmotique.

Cette technologie fonctionne sans électricité et ne demande ni câblage, ni piles. Fondée sur un processus physique naturel, elle offre une fiabilité intrinsèque. Les analyses réalisées sur un échantillon de bouches d'air anciennes après 10 ans de fonctionnement ont montré qu'elles n'avaient rien perdu de leurs performances hygro-aérauliques. Le mécanisme très simple permet véritablement d'éviter les écarts de comportement ou les pannes.

En outre, la technologie basée sur les bandes de polyamide offre une réponse graduée et plus précise à l'humidité relative intérieure (Figure 6), là où d'autres technologies, comme les hygrostats ou les capteurs d'humidité électroniques, fonctionnent de manière binaire ou intermittente.

6.2 Produits:

La technologie hygroréglable peut être appliquée à la ventilation naturelle (passive), mécanique ou hybride, par la combinaison de composants dédiés: entrées d'air, bouches d'extraction (Figure 7), et ventilateurs. Aujourd'hui, cette technologie est utilisée dans les systèmes de ventilation par extraction uniquement, mais une combinaison avec les systèmes de ventilation double flux avec récupération de chaleur pourrait réunir les avantages des deux techniques à l'avenir.



Figure 5: Capteur hygroréglable en tissu de polyamide d'une entrée d'air.

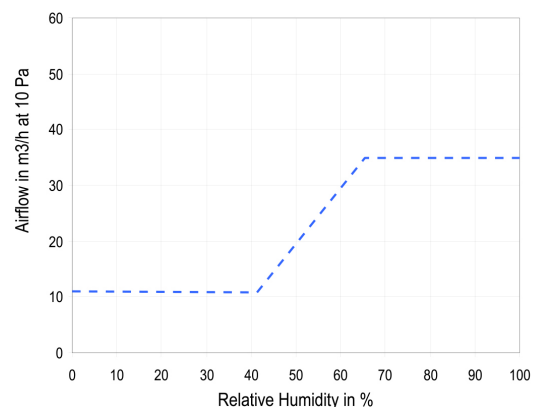


Figure 6: Débit d'air en fonction de l'humidité relative intérieure dans une bouche d'air hygroréglable (par ex., une entrée d'air)



Figure 7: bouches d'extraction hygroréglables

Comme représenté sur la Figure 8, une bouche d'extraction hygroréglable est constituée d'une grille amovible (2), d'une face avant (4), d'une case avec volet amovible (3) et d'un module hygroréglable (6) fixés sur une embase (1). Le raccordement au conduit d'extraction peut se faire à l'aide d'un adaptateur (5). Le volet est directement actionné par le module hygroréglable.

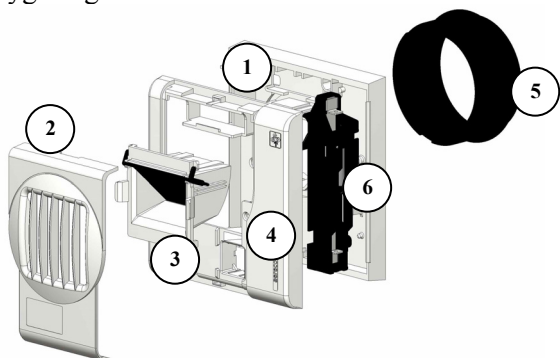


Figure 8: Eléments composant une bouche d'extraction hygroréglable

6.3 Rôle des composants hygroréglables

Selon le schéma Figure 9, l'air extrait par les bouches d'extraction (2) des pièces techniques (cuisine, salle de bain, WC) impose le renouvellement en air de tout le logement. Les bouches d'extraction modulent le débit en fonction du taux d'humidité de chaque pièce technique. Un débit de pointe supplémentaire (manuel ou automatique par la détection de présence) peut compléter le débit hygroréglable. Les entrées d'air hygroréglables (1) distribuent l'air neuf selon le taux d'humidité relative de chacune des pièces principales. De la même façon, les bouches d'extraction répartissent le débit d'air disponible engendré par la pression créée par le ventilateur (3).

Cette configuration est celle d'un système typique de ventilation par extraction, dans lequel l'air frais pénètre dans les pièces moins polluées (pièces sèches), et est extrait des pièces plus polluées. En conséquence, la pollution générée dans les pièces humides ne se répand pas partout dans l'habitation. De plus, le même air est utilisé pour ventiler les pièces sèches et ensuite les pièces humides, ce qui limite la quantité d'énergie nécessaire pour chauffer l'air « froid » entrant.

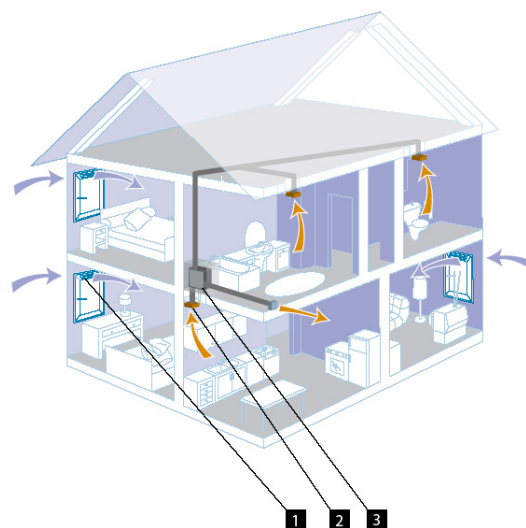


Figure 9: Répartition des flux et des composants de ventilation hygroréglable en ventilation mécanique individuelle.

7 Distribution du débit d'air à la demande dans les habitations et entre elles

Un système de ventilation hygroréglable permet une distribution régulée de l'air à l'intérieur de l'habitation. L'air est fourni en fonction des besoins grâce aux entrées et sorties d'air hygroréglables. Les déperditions de chaleur sont dès lors limitées dans les pièces inoccupées, et les pièces occupées sont ventilées selon les besoins. Durant la journée (Figure 10), les entrées d'air dans le séjour (occupé) distribuent plus d'air que celles qui se trouvent dans les chambres (inoccupées). La nuit (Figure 11), c'est l'inverse qui se produit.

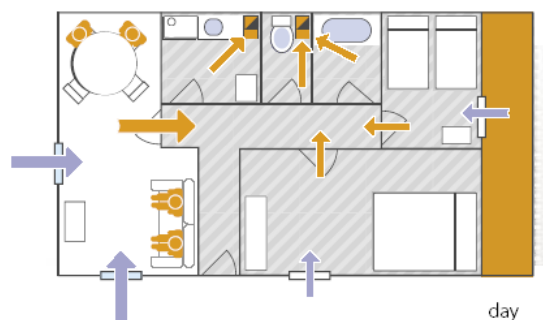


Figure 10: Distribution diurne typique des flux d'air dans l'habitation

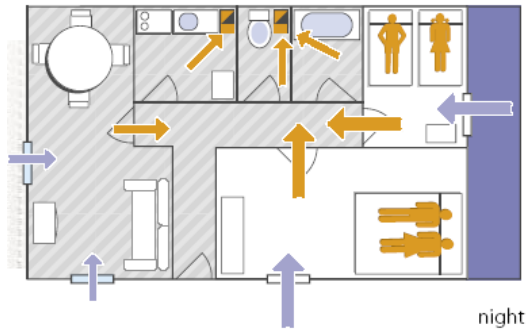


Figure 11: Distribution nocturne typique des flux d'air dans l'habitation

Un système hygroréglable gère les besoins dans toutes les pièces et distribue le flux d'air là où c'est nécessaire. Si le besoin de ventilation augmente dans la cuisine par exemple, la bouche d'extraction va s'ouvrir, augmentant ainsi le taux de renouvellement de l'air dans l'ensemble de l'habitation¹. Une partie de la pression sera alors transférée de la bouche d'extraction² à l'intérieur de l'habitation, augmentant ainsi le flux d'air passant par les entrées d'air, jusqu'à ce que les flux d'air extraits et entrants soient équilibrés³.

À contrario, si la demande (l'humidité) augmente dans une pièce 'sèche', l'entrée d'air va passer d'une section libre minimum standard de 5 cm², par exemple (nécessaire pour ventiler les COV) à une section libre plus grande. Un transfert de pression partiel va se produire des prises d'air vers les bouches d'extraction. Ce phénomène, ajouté à l'humidité provenant des pièces sèches, va accroître le taux de renouvellement d'air total de l'habitation. Cette répartition des débits d'air entre la cuisine, la salle de bain et les WC, dépendra de leur état respectif de pollution. L'ensemble du système est donc à même de gérer toute l'habitation de manière cohérente et combinée, de l'alimentation à l'extraction d'air.

Les différentes pièces à l'intérieur d'une habitation ont des besoins différents qui sont gérés par le système hygroréglable. De même, des habitations différentes ont des besoins différents et ces besoins varient dans le temps. En habitat collectif (Figure 12), la hausse de

¹ Il convient de remarquer que les ventilateurs pour les systèmes hygroréglables fonctionnent à pression constante.
² Quand la bouche d'extraction localisée dans la cuisine est grande ouverte, la chute de pression à cet endroit-là diminue et la pression est transférée vers le reste de l'habitation, jusqu'aux entrées d'air et à l'enveloppe du bâtiment.
³ Débit passant par les entrées d'air et par les fuites à travers l'enveloppe.

l'humidité dans les habitations les plus occupées provoque l'ouverture des entrées d'air et des bouches d'extraction, ce qui accélère le renouvellement de l'air. Dans les habitations moins actives, de plus petites ouvertures contribuent à économiser l'énergie de chauffage.

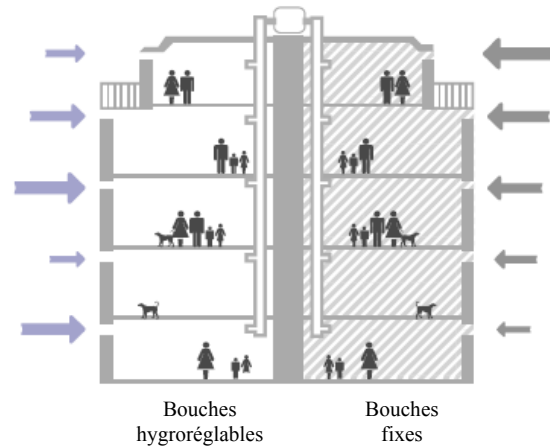


Figure 12 : Distribution des flux d'air entre les logements en fonction de l'occupation dans une ventilation mécanique par extraction

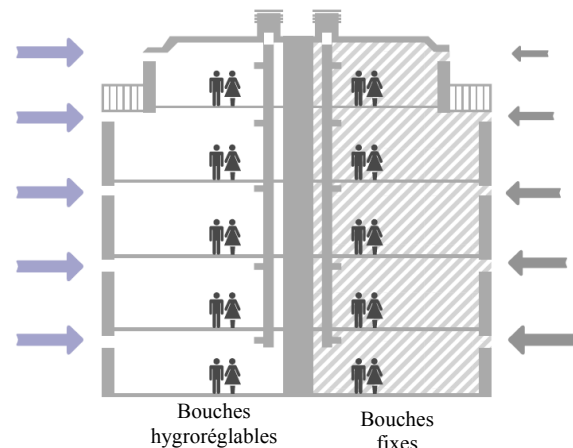


Figure 13: Le contrôle de l'humidité par la ventilation équilibre les flux d'air à travers les étages dans une ventilation naturelle

En habitat collectif, la bonne conception du réseau de VMC et l'emploi de composants adéquats ne permettent pas toujours d'éviter une tendance naturelle à générer des pressions plus fortes au niveau des bouches situées à proximité du ventilateur. En ventilation naturelle, le tirage thermique tend à favoriser les étages inférieurs aux dépens des étages supérieurs. La création d'humidité dans les logements va provoquer l'ouverture plus ou moins grande des bouches d'extractions, qui vont atténuer

l'impact des variations de pressions entre niveaux : une bouche soumise à une pression plus forte va voir le taux d'humidité de la pièce décroître plus rapidement, et ainsi se fermer pour compenser le surcroît de pression au profit des étages moins favorisés.

8 Avantages de la ventilation hygroréglable

8.1 Meilleur contrôle des déperditions de chaleur

Selon la référence, le type de logement, la qualité de l'étanchéité, le type de ventilation (naturelle la ventilation hygroréglable peut permettre de diminuer les déperditions thermiques jusqu'à 60%.

L'Avis Technique délivré en France aux systèmes de ventilation mécanique hygroréglables définit le gain énergétique par rapport à un système autoréglable, et pour un débit d'air réglementaire. Selon la taille et la configuration de l'habitation (nombre de pièces sèches, nombres de salles de bain et de WC), le gain va de 27% à 57%. Ces résultats sont calculés par un logiciel dédié, nommé SIREN et développé par le CSTB.

L'étude en contexte sur site intitulée « *Démonstration project EE/166/87* » [Réf. 15] a été menée sur des bâtiments collectifs équipés de ventilation naturelle. Les gains mesurés s'élèvent à près de 30% en comparaison avec le système de ventilation fixe standard. La qualité de l'air intérieur était équivalente.

Un système de ventilation hygroréglable demande un investissement supplémentaire faible, comparé à des technologies similaires sans variation du débit d'air (systèmes fixes ou autoréglables). Le retour sur investissement est réalisé après seulement quelques années d'utilisation¹.

Les gains énergétiques mentionnés sont dus à un débit d'air moyen réduit, en comparaison avec un

débit d'air fixe ou autoréglable défini par la réglementation.

Comme cela a été mentionné plus haut, la réduction du débit d'air moyen n'a pas d'impact sur la qualité de l'air intérieur, tant que le système peut offrir un débit d'air élevé en réponse à un besoin limité dans le temps. La qualité de l'air obtenu avec cette réduction statistiquement significative du débit d'air est encore meilleure, dans certains cas, qu'avec un système où le débit d'air est fixe, dans la mesure où le débit de pointe peut être plus élevé. Ceci n'a cependant pas d'impact significatif sur la nécessité de réchauffer l'air, puisque le débit de pointe se produit rarement et qu'il est extrêmement limité dans le temps. En outre, le débit de pointe est rarement simultané dans plusieurs pièces ou habitations.

8.2 Un meilleur renouvellement de l'air et une meilleure protection de l'enveloppe

L'efficacité de la ventilation hygroréglable a été évaluée par le biais de simulations par ordinateur (Évaluation Technique du CSTB), mais aussi via des expérimentations sur site.

Dans le projet "HR-VENT" [Réf. 4] les valeurs de pression, débit d'air, température et humidité ont été enregistrées dans 55 logements équipés d'un système de ventilation hygroréglable naturelle assistée. L'expérimentation, qui s'est étalée sur une période de deux ans, a permis de recueillir des informations précieuses sur les performances de la ventilation naturelle et hybride.

"HR-VENT" a démontré la capacité d'un système hygroréglable à adapter le débit d'air au taux d'humidité avec de très brèves occurrences de débits de pointe (Figure 14).

¹ Le retour sur investissement dépend non seulement du prix du système, mais aussi de l'application : enveloppe (isolation, fuites, etc.), utilisation (comportement des occupants), configuration, ainsi que conditions climatiques influencent les résultats.

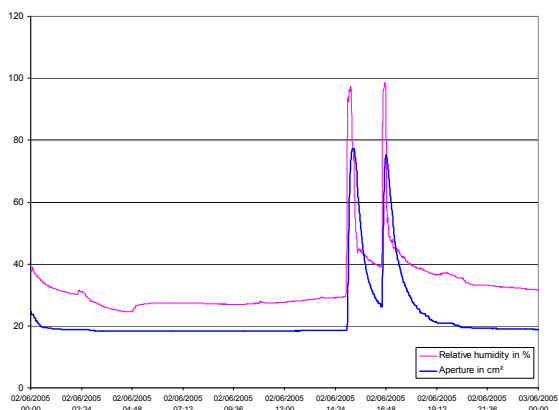


Figure 14: Variation de l'ouverture (courbe bleue, en cm²) d'une grille d'extraction hygroréglable et du taux d'humidité relative intérieure (courbe rose, en %) sur une journée dans une salle de bain.

La figure 15 représente le débit d'air quotidien minimum, maximum et moyen en salle de bain sur une année (un point par jour). Le graphique démontre la capacité de la bouche d'extraction à adapter le débit d'air, avec une amplitude quotidienne moyenne de 80 m³/h, et des débits de pointe très élevés.

Le débit moyen est très proche du débit minimum, ce qui garantit un impact énergétique faible et appuie les résultats présentés au paragraphe précédent.

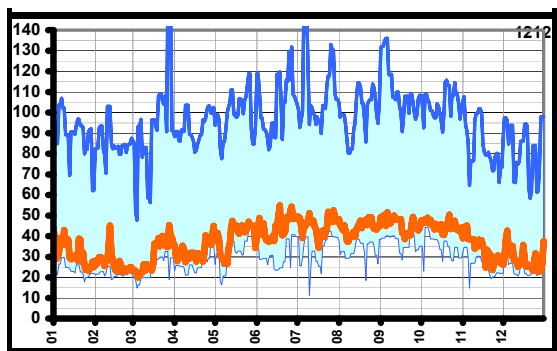


Figure 15: Plage et débits quotidiens moyens en salle de bain sur une année. Courbe bleue: débits d'air minimum et maximum. Courbe rouge: débit d'air moyen.

8.3 Protection des parois contre la condensation

L'étude HR-VENT a également démontré la capacité du système à limiter les risques de condensation sur les parois froides extérieures.

Un calcul basé sur les enregistrements des températures et de l'humidité dans le logement a mis en évidence l'absence totale de condensation sur les parois froides sur toute l'année dans l'ensemble des logements observés. (Figure 16).

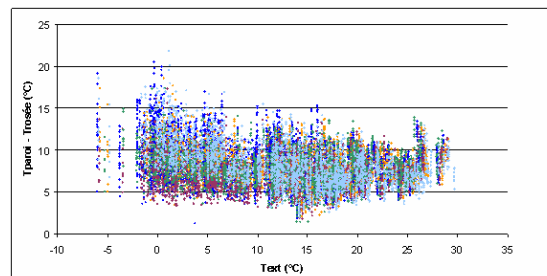


Figure 16: Calculs des écarts entre température de paroi et température de rosée pour l'ensemble des logements sur une année.

Le graphique montre qu'à aucun moment l'écart entre température de paroi et la température de rosée n'est nul ou négatif. En régulant le niveau d'humidité intérieur, le système de ventilation hygroréglable évite donc les risques de condensations.

9 Critères de qualité pour la ventilation hygroréglable

Comme on peut aisément l'imaginer, le simple fait de piloter un volet en fonction du taux d'humidité ne suffit pas pour garantir une maîtrise du débit d'air en fonction du taux d'humidité relative de la pièce.

Les normes d'essais européennes EN 13141-9 and 13141-10 précisent comment il faut caractériser les terminaux hygroréglables afin de garantir de bonnes performances.

Le coefficient thermique C de l'entrée d'air détermine la température du capteur d'humidité en fonction des températures intérieures et extérieures. Ce coefficient est une caractéristique fondamentale pour le bon fonctionnement du terminal puisque la 'lecture' de l'humidité relative par le capteur dépend de sa propre température.

$$C = (T_{in} - T_{sens}) / (T_{in} - T_{out})$$

Où :

T_{in} = température intérieure

T_{out} = température extérieure

T_{sens} = température du capteur

Il est également essentiel d'avoir une hystérésis basse, c.à.d. des comportements similaires durant l'ouverture et la fermeture du volet. Cette condition exclut certaines technologies comme le bois et d'autres matériaux.

La réactivité (c.à.d. le temps de réaction face à une forte augmentation de l'humidité) doit être élevée pour éviter la propagation et le dépôt de la pollution. L'expérimentation HR-VENT a montré que les grilles d'extraction hygroréglables peuvent réagir en moins de 2 minutes.

La fiabilité est un autre critère essentiel. Les expérimentations sur site, ainsi que les essais menés sur les produits après plusieurs années de fonctionnement ont montré que ces derniers maintiennent leurs performances hygroréglables pendant plus de 10 ans.

Le fonctionnement optimal des composants de ventilation hygroréglable, en l'état actuel de l'art, est également conditionné par l'utilisation de ventilateurs à pression constante, de manière à convertir directement une section de passage en débit d'air.

Cette liste de critères non-exhaustive souligne combien il est nécessaire de fabriquer et de caractériser les composants des systèmes hygroréglables avec soin. Les normes d'essais européennes constituent un premier pas, mais la ventilation réglable à la demande, en tant que technologie, profiterait de critères de qualité encore plus normalisés.

10 Simulation de performance

Le manque d'outils logiciel d'évaluation a été et reste un obstacle à l'introduction des systèmes de ventilation dynamique dans certains pays.

Conçu par le CSTB (France) pour évaluer la consommation énergétique et la qualité de l'air des systèmes de ventilation hygroréglables, le logiciel SIREN propose une méthode de calcul pour caractériser le comportement aérodynamique des bâtiments, ainsi que l'exposition des occupants aux polluants. Il calcule les déperditions thermiques et les valeurs de CO₂ cumulées en ppm.h. Les données d'entrées sont : le type et la configuration de l'habitation témoin, les scénarios d'occupation, le système de ventilation et les données météorologiques locales. Actuellement, le logiciel est conçu pour évaluer les systèmes de ventilation mécaniques, mais des modules complémentaires sont prévus pour

inclure la ventilation naturelle et hybride en logement collectif.

Un autre logiciel, baptisé CONTAM, et conçu par le *US National Institute of Standards and Technologies* (NIST) propose également des outils pour l'évaluation de la ventilation dynamique.

11 Développement mondial de la ventilation hygroréglable

Depuis 1980, plus de 2 millions de logements dans le monde ont été équipés de systèmes de ventilation hygroréglables.

Les expérimentations et les essais sur site ont montré que, comparée aux technologies de ventilation par extraction, elle peut offrir une meilleure qualité de l'air intérieur, ainsi que des économies d'énergie. La ventilation hygroréglable est fondée sur deux approches complémentaires : une approche statistique relative à la performance énergétique avec des débits d'air moyens réduits de manière significative sur une année, et un taux de ventilation occasionnellement élevé pour maintenir une excellente qualité de l'air intérieur. La caractérisation de systèmes dynamiques de ce genre, influencés par différents paramètres, est sans aucun doute une tâche ardue ; néanmoins des outils apparaissent et les réglementations nationales s'adaptent progressivement à cette technologie.

La ventilation hygroréglable est simple à mettre en œuvre, particulièrement pendant la rénovation de maisons multifamiliales – un secteur à haut potentiel d'économie d'énergie. Lorsque les systèmes de récupération de chaleur ne peuvent pas être utilisés, ou lorsque les coûts d'installation et de maintenance sont un obstacle, la ventilation hygroréglable offre une alternative dans le cadre d'une utilisation rationnelle de l'énergie.

12 Références

1. ADEME. "Les émissions de gaz à effet de serre en France » <http://www.apcede.com/changement-climatique/emissions-GES/france/emission-globale.htm>
2. Aereco (2002). "Monitoring of two natural exhaust grilles in Hokkaido - Japan"
3. Berthin, S., Savin, J.L. and Jardinier, M. (2005). "Assessment of improvements brought by humidity sensitive and hybrid ventilation / HR-VENT project". *26th AIVC conference*.
4. CSTB (2006). "HR-VENT – Nangis Project: Measurement of the performances of a humidity controlled ventilation system with low pressure mechanical assistance, in refurbishment of collective housing." Final report n. DDD-DE-VAI 06-054R.
5. CSTB, TNO, BBRI, Aereco (1993). "Passive humidity controlled ventilation for existing dwellings" - Demonstration project EE/166/87
6. EN 13141-9: Ventilation for buildings - Performance testing of components/products for residential ventilation - Part 9: Humidity controlled air inlet
7. EN 13141-10: Ventilation for buildings - Performance testing of components/products for residential ventilation - Part 10: Hygrometric air outlet
8. Jardinier, L., Jardinier, M. and Savin, J.L. (2003). "Hygro-thermal behaviour of a humidity controlled air inlet". *23rd AIVC conference, Washington*.
9. Managenergy. COM 2002/91/EC: Directive on the Energy Performance of Buildings.
10. <http://www.managenergy.net/products/R210.htm>
11. Savin, J.L., Jardinier, M. (2006). "Management of the time-distribution of the needs for indoor air renewal in humidity sensitive ventilation". *27th AIVC conference*. vin, J.L., Jardinier, M. and Siret, F. (2004). "In-situ performances measurement of an innovative hybrid ventilation system in collective social housing retrofitting". *25th AIVC conference*.
12. Siret, F., Savin, J.L., Jardinier, M. and Berthin, S. (2004). " Monitoring on hybrid ventilation project - first results." *25th AIVC conference*.
13. Siret, F. and Jardinier, M. (2004). "High accuracy manometer for very low pressure." *25th AIVC conference*.
14. Wouters, P., Geerinckx, B, L'Heureux, D., Simonnot, J. and Phaff, J. (1993). "Passive humidity controlled ventilation for existing dwellings" - Demonstration project EE/166/87. *December 1993*.

Version originale en anglais
Traduction française réalisée avec le soutien de :



L' « Air Infiltration and Ventilation Centre » (AIVC) a été créé dans le cadre de l'Agence internationale de l'Énergie et est financé par les sept pays suivants : Belgique, République Tchèque, Danemark, France, Grèce, Japon, République de Corée, Pays-Bas, Norvège et Etats-Unis d'Amérique.

L'Air Infiltration and Ventilation Centre apporte son soutien technique à la recherche théorique et appliquée sur l'infiltration d'air et la ventilation. Il ambitionne de promouvoir la compréhension de la complexité de la circulation de l'air dans les bâtiments. Il entend également faire progresser l'application efficace de mesures d'économie d'énergie dès la conception des nouveaux bâtiments et l'amélioration du parc immobilier existant.