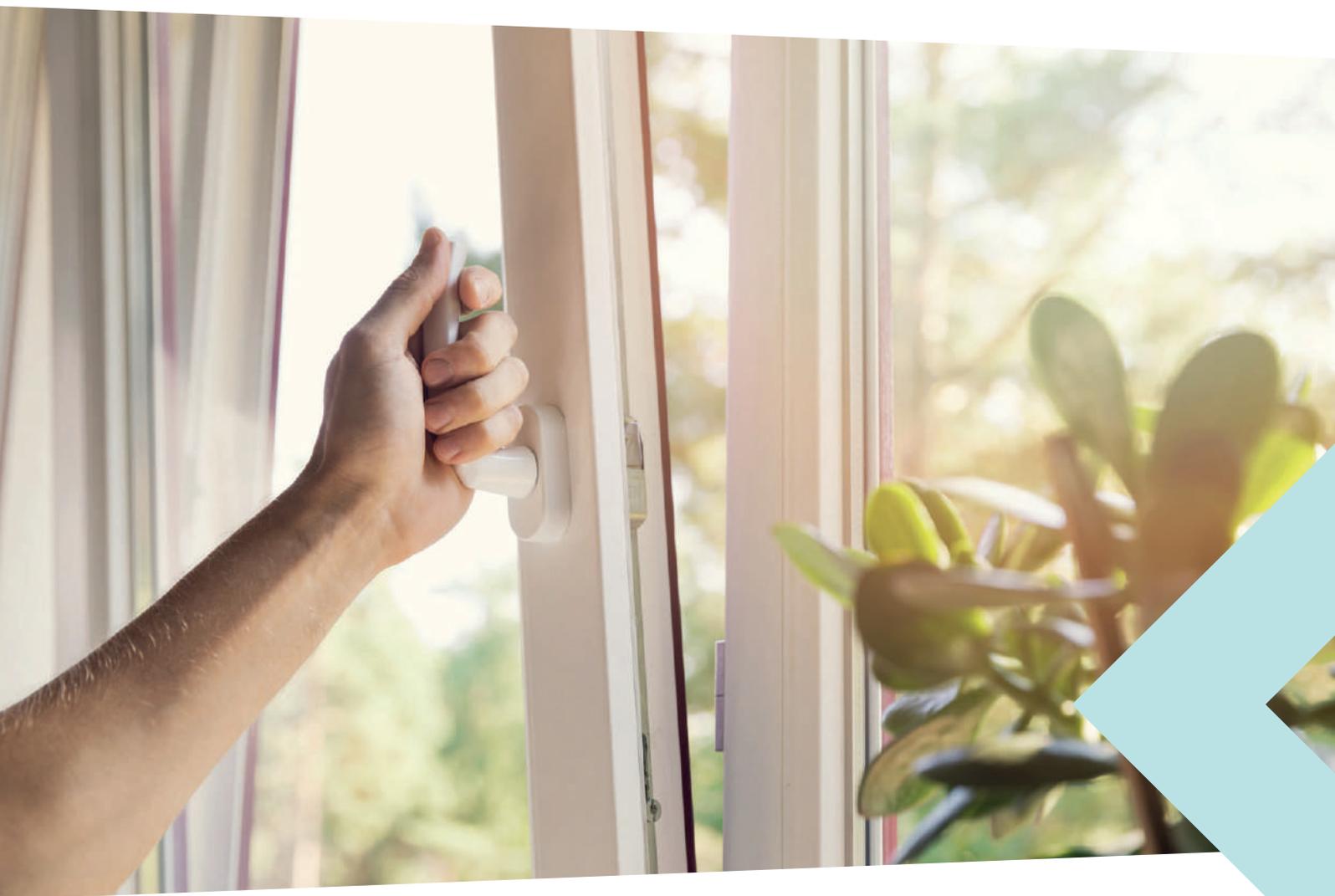




# Agir sur la ventilation pour un logement plus sain

---





# SOMMAIRE

---

<b>Introduction</b>	5
<b>COMPRENDRE LA DIFFUSION DE L'AIR DANS UNE PIÈCE</b>	6
<b>OBSERVER L'IMPACT DE LA PRÉSENCE HUMAINE DANS UNE PIÈCE</b>	10
<b>MESURER L'INCIDENCE DU DÉTALONNAGE DE PORTE</b>	16
<b>ANALYSER LES EFFETS DE L'ENCRASSEMENT D'UN SYSTÈME DE VENTILATION MÉCANIQUE</b>	20
<b>Conclusion</b>	25
<b>Glossaire</b>	26
<b>Remerciements</b>	27

---



baromètre  
**Qualitel**

L'évaluation de la qualité de vie à la maison

## 21% des Français

se plaignent d'une mauvaise  
aération/ventilation  
au sein de leur logement.

Selon le Baromètre Qualitel, enquête réalisée chaque année pour mesurer le niveau et les motifs de satisfaction des Français dans leur logement, un Français sur cinq (21 %) se plaint d'une mauvaise aération/ventilation dans son logement. Ce chiffre passe à 27 % lorsqu'il s'agit de bâtiments construits entre 1900 et 1980, c'est-à-dire avant la réglementation de 1982 qui impose des exigences en termes de débit d'air extrait afin de favoriser le renouvellement d'air dans les logements, contre 10 % dans les bâtiments récents (moins de 10 ans).

**L'Association QUALITEL a été créée au milieu des années 70 afin de répondre à de nouvelles préoccupations liées à la qualité de l'habitat. Depuis plus de 45 ans, elle œuvre à trouver des solutions pour améliorer la qualité des logements en France. Elle mène des programmes de recherche qui contribuent à cette qualité dans tous les domaines, en adéquation avec les attentes actuelles des habitants : acoustique, thermique, ventilation, fonctionnalité, environnement, etc. Pour viser un habitat meilleur, l'Association QUALITEL s'appuie aujourd'hui sur ses différentes filiales pour porter ses activités d'information du public, d'évaluation et d'expertise, de formation professionnelle, de certification de logements et de soutien aux structures œuvrant pour le logement des plus défavorisés.**

**Pour mener à bien ces études sur la ventilation, l'Association QUALITEL s'est appuyée sur l'expertise du laboratoire Aérodynamique Eiffel. Filiale du CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) depuis 2002, le laboratoire Aérodynamique Eiffel exploite la soufflerie d'Auteuil, conçue en 1912 par Gustave Eiffel et classée Monument Historique. Aérodynamique Eiffel conduit des études et mène des essais au service de l'ingénierie de l'automobile, de la construction, de l'environnement et de l'aérotechnique industrielle.**

# Introduction

---

L'air intérieur étant plus pollué que l'air extérieur, l'Association QUALITEL a placé la santé et la qualité de l'air intérieur comme l'une de ses priorités afin de contribuer à l'amélioration de la qualité de vie des occupants au sein de leur logement.

La qualité de l'air intérieur repose d'une part sur le fait de limiter les sources de pollutions et d'autre part sur un renouvellement de l'air assuré par une ventilation efficace. Ce renouvellement d'air, des pièces de vie vers les pièces humides, doit permettre d'évacuer l'humidité et les polluants présents dans l'air. Depuis de nombreuses années, l'Association QUALITEL recommande d'entretenir régulièrement son système de ventilation et de le compléter par une ouverture quotidienne des fenêtres : au minimum 10 minutes 2 fois par jour en créant un courant d'air. L'épidémie de COVID-19 confirme d'ailleurs la nécessité d'aérer très régulièrement son logement.

Cependant, depuis 1982, la réglementation n'a pas évolué en ce qui concerne le débit d'air extrait. Pour des raisons d'économies d'énergie, l'enveloppe des bâtiments est aujourd'hui plus étanche et les fuites d'air sont réduites. Or, on sait que, pour diverses raisons, les bouches d'extraction des logements n'ont pas toujours des débits respectant les exigences réglementaires. La nécessité de renouveler l'air des logements grâce à une ventilation efficace est pourtant primordiale.

Pour en savoir plus, l'Association QUALITEL a décidé en 2013 de lancer plusieurs programmes de recherche autour de la ventilation. Elle a fait appel au laboratoire Aérodynamique Eiffel afin de :

- > comprendre la diffusion de l'air dans une pièce ;
- > observer l'impact de la présence humaine dans une pièce ;
- > mesurer l'incidence d'un détalonnage de porte ;
- > analyser les effets de l'encrassement d'un système de ventilation mécanique.

Les conclusions de ces études, présentées ci-après, permettent de démontrer de façon scientifique le bien fondé de certaines recommandations faites autour de la qualité de l'air intérieur.

À l'heure de la rénovation du parc existant, c'est aussi l'occasion de rappeler certains points de vigilance pour une bonne ventilation du logement.

# Comprendre la diffusion de l'air dans une pièce

## OBJECTIF :

**Bien positionner les entrées d'air, les bouches d'extraction et les radiateurs**

La ventilation d'une pièce est un phénomène complexe. Dans la conception actuelle des logements, l'air circule des pièces principales vers les pièces humides où l'air vicié est évacué par des bouches d'extraction. Les déplacements d'air sont liés au système de ventilation, à la configuration de la pièce et aux positions des bouches de soufflage et d'extraction. Afin d'étudier le comportement de l'air dans une pièce, l'Association QUALITEL a fait appel au laboratoire Aérodynamique Eiffel pour réaliser des simulations.

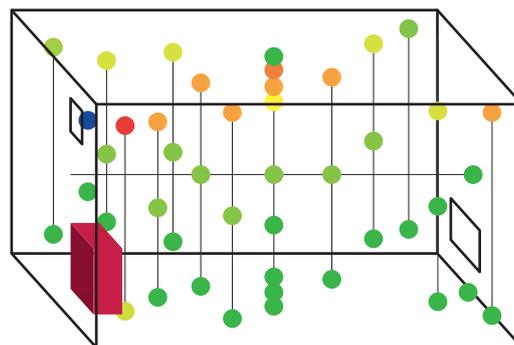
## UNE MAQUETTE POUR COMPRENDRE

Une pièce laboratoire taille réelle de 10 m<sup>2</sup> avec une entrée d'air sur fenêtre, une sortie d'air par détalonnage de porte (2 cm) et un radiateur électrique de 1 000 W (pour simuler une source chaude).

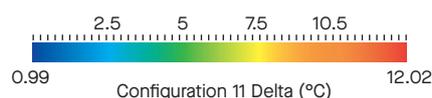
Un taux de renouvellement d'air retenu correspondant à l'exigence réglementaire de 0,5 volume par heure.

Une différence maximum de température entre l'intérieur et l'extérieur de la pièce fixée à 10 °C.

La première partie de l'étude a permis de démontrer que les circulations aérauliques peuvent être étudiées par visualisation au fumigène ainsi que par des mesures de températures de l'air et de parois via des thermocouples (capteurs servant à mesurer la température). Afin d'obtenir un maillage plus fin, 49 thermocouples ont été installés dans la maquette et répartis régulièrement.



Position des thermocouples dans l'une des configurations étudiées



## DIFFÉRENTES CONFIGURATIONS TESTÉES

Dix configurations ont été testées dans lesquelles la position de l'entrée d'air, de la sortie d'air et du radiateur changeaient. Pour chacune d'elles, l'air entrant dans la pièce-laboratoire avec une vitesse de renouvellement de 0,5 volume/heure et une température aux alentours de 12 °C. L'air entrant était aspiré par un groupe moto-ventilateur permettant de régler le débit d'aspiration et le taux de renouvellement d'air par heure.

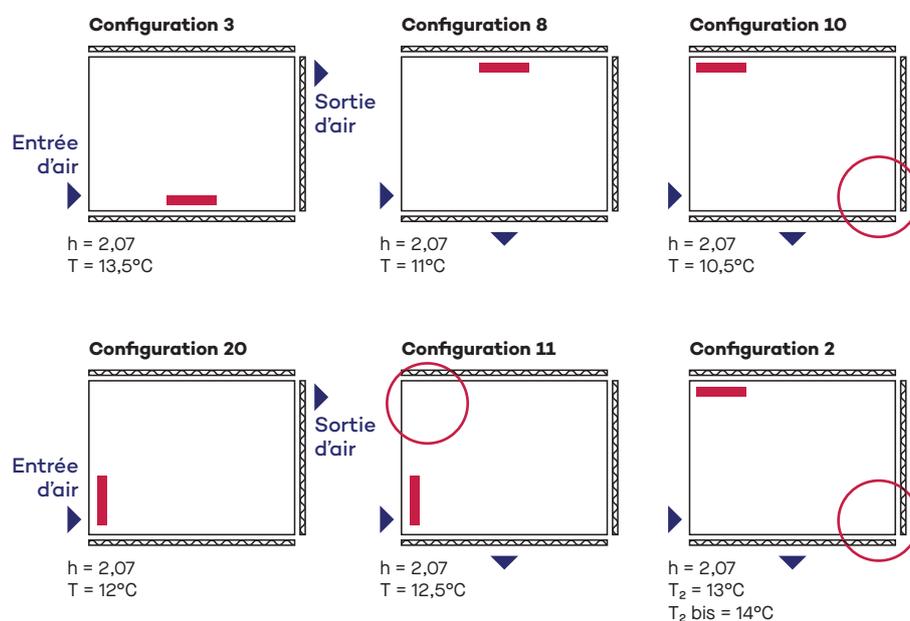
Le radiateur diffusait une température de consigne égale à la température de l'air extérieur augmentée de 10 °C.

Plusieurs paramètres variables ont été testés ([à retrouver dans le rapport technique détaillé](#)) :

- > La position relative de l'entrée d'air, de la sortie d'air et du dispositif de chauffage : (configurations 2 à 11) ;
- > Le débit d'aspiration (configurations 11 à 13) ;
- > L'isolation des parois (niveau d'isolation, plusieurs parois non isolées) (configurations 14 à 17) ;
- > La mise en place de « brasseurs d'air » (configurations 18a à 19d) ;
- > Le déplacement de l'entrée d'air (configuration 20) ;
- > Le mobilier (configurations 21 et 22) ;
- > La présence et l'activité humaine (configuration 23).

Les configurations 3 et 8 mettent en avant l'impact de la position centrale du radiateur sur l'absence de zone de stagnation. Lorsque l'entrée d'air et la sortie d'air sont positionnées sur les parois contiguës, le radiateur doit être stratégiquement positionné afin d'éviter la création de zones de stagnation (cercle rouge) comme le démontrent les configurations 8 et 10.

Les variations de positionnement des entrées, sorties d'air et du radiateur modifient les valeurs moyennes de température et révèlent une réelle influence sur la diffusion de l'air.



Isolant    
 Radiateur    
 T consigne = T air ext. + 10°C    
 Zone de stagnation

## DES CONFIGURATIONS INADAPTÉES

Parmi toutes les configurations testées dans l'étude, il apparaît deux cas de figure à éviter pour limiter l'apparition de zones de stagnation :

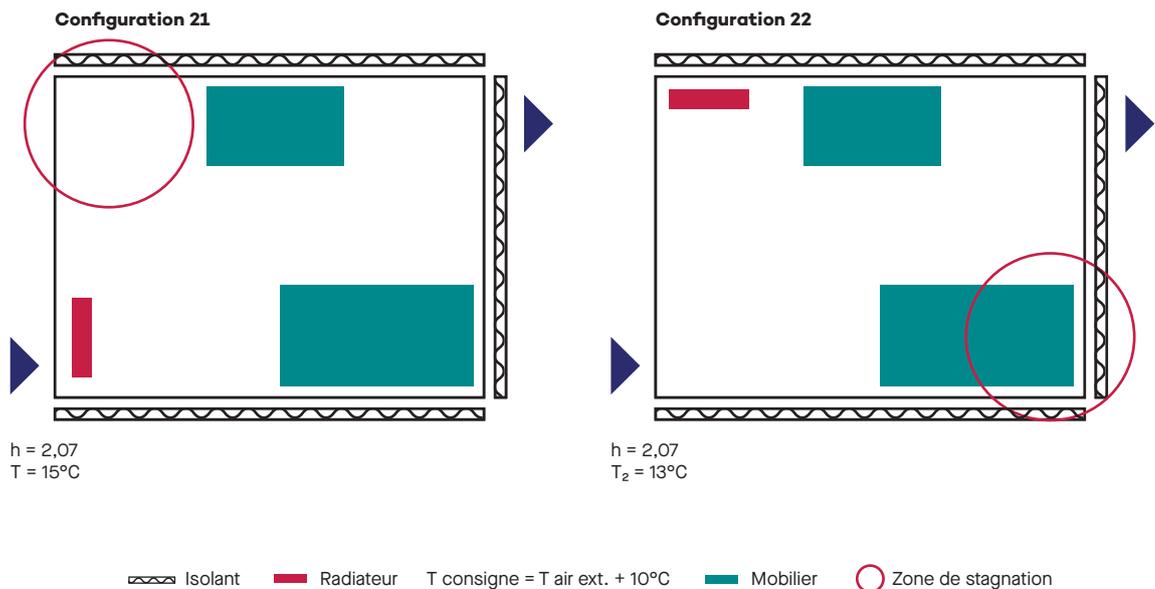
- > La proximité des entrées et sorties d'air ;
- > Le radiateur positionné sous l'entrée d'air.

Il peut aussi paraître pertinent de privilégier l'installation d'équipements qui dégagent de la chaleur dans les zones « mortes » afin de favoriser les phénomènes de convection, eux-mêmes facteurs d'une bonne diffusion de l'air.

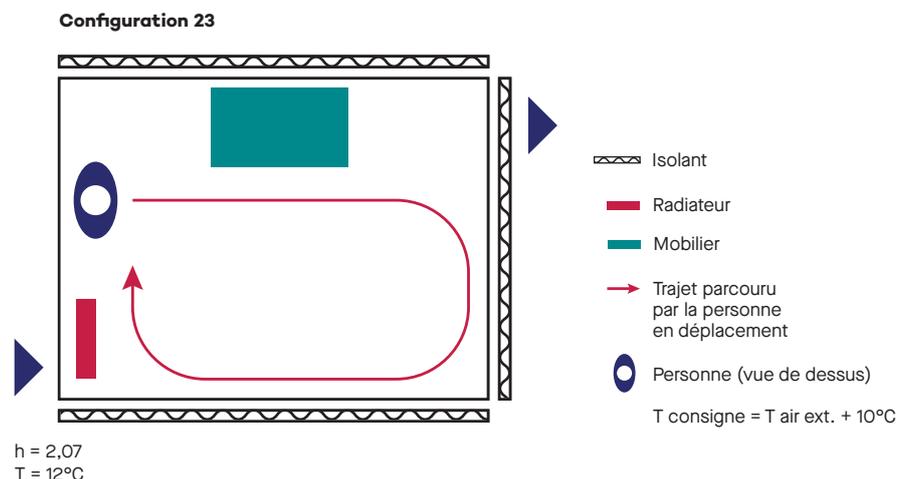
Afin d'évaluer l'impact de l'isolation des parois sur les mouvements d'air dans la pièce, certaines configurations ont été testées. Bien qu'ayant un effet non négligeable sur les déperditions thermiques, l'isolation des parois et du sol n'a pas semblé intervenir dans les circuits aérauliques.

## INFLUENCE DU MOBILIER ET DE L'ACTIVITÉ HUMAINE

L'impact de la présence de meubles a également été étudié. Il s'avère qu'ils n'ont pas affecté les écoulements d'air. Les zones mortes identifiées dans les configurations avec (21 et 22) et sans mobilier (11 et 2) sont les mêmes.



Afin d'étudier l'impact de la présence humaine sur les écoulements d'air, des essais ont été réalisés avec la présence d'une personne dans la pièce en position statique et en déplacement. La présence humaine en statique n'a pas modifié les grands équilibres. Le déplacement a entraîné un léger brassage de l'air qui semblait avoir un effet limité dans le temps.



## CONCLUSION DE L'ÉTUDE

### Privilégiez l'éloignement des entrées d'air et des bouches d'extraction

La capacité du système de ventilation à balayer l'ensemble de la pièce dépend fortement de l'emplacement des entrées d'air et des bouches de sortie d'air. Les variations de positionnement de ces éléments modifient les valeurs moyennes de température et révèlent une réelle influence sur la diffusion de l'air.

Une configuration inadaptée, comme la proximité des entrées et sorties d'air, favorise l'apparition de zones de stagnation. Il est donc important de privilégier l'éloignement des bouches de soufflage et d'extraction pour favoriser la diffusion de l'air. Par ailleurs, la proximité entre l'entrée d'air et le radiateur, souvent plébiscitée pour des raisons de confort thermique, entraîne cependant une moins bonne circulation de l'air.

### Le chauffage agit comme moteur du circuit de ventilation

En effet, la présence de sources chaudes constitue le principal moteur des écoulements d'air dans la pièce. Ces sources, selon les observations, sont à l'origine des circuits aérauliques de la pièce. La ventilation repose alors sur le phénomène de convection qui, en créant des courants d'air, met l'air en mouvement sans force mécanique.

#### — Pour en savoir plus

Le NF DTU 68-3 de juin 2013 définit les règles de conception technique, de dimensionnement, de mise en œuvre et de mise en service applicables aux installations de ventilation mécanique dans le résidentiel.

# Observer l'impact de la présence humaine dans une pièce

## OBJECTIF :

### Lutter contre la stagnation du CO<sub>2</sub>

Dans une pièce fermée, la présence humaine dégage du CO<sub>2</sub>, gaz qui est censé être évacué par le système de ventilation. Pour mieux comprendre le phénomène, l'Association QUALITEL, en s'appuyant sur le laboratoire Aérodynamique Eiffel, a cherché à mettre en évidence les zones de stagnation dans une pièce et à comprendre le comportement de l'air, via le traceur CO<sub>2</sub>, en faisant varier les positions des entrées d'air et du radiateur.

#### L'impact du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) sur la qualité de l'air intérieur :

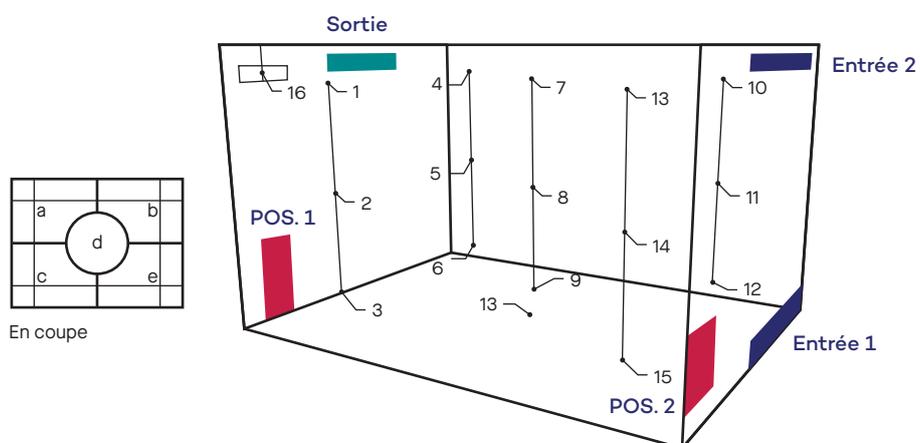
Le CO<sub>2</sub> est considéré comme un excellent traceur de la qualité de l'air. En effet, l'ensemble des polluants de l'air intérieur a le même « comportement » que le CO<sub>2</sub> : stagnation, dispersion, circulation...

Par conséquent, des taux de CO<sub>2</sub> élevés sont révélateurs de la mauvaise évacuation des autres types de polluants de l'air intérieur. Bien que le CO<sub>2</sub> ne soit pas chimiquement toxique, à partir d'une certaine concentration dans l'air, ce gaz s'avère dangereux voire mortel à cause du risque d'asphyxie par privation d'oxygène. Dans les bâtiments, les variations de CO<sub>2</sub> sont importantes car les occupants en rejettent dans l'air expiré. Ce taux dépend du nombre d'occupants, de la durée d'occupation, du taux de renouvellement d'air et du volume de la pièce.

Selon les termes de la norme NF EN 13779, les teneurs en CO<sub>2</sub> ne devraient pas dépasser les valeurs extérieures de 700 ppm soit 1000 ppm à l'intérieur pour avoir une qualité d'air modérée.

## UNE MAQUETTE POUR SIMULER UNE PERSONNE DANS UNE PIÈCE

À partir de la pièce laboratoire, décrite dans le programme « Comprendre la diffusion de l'air dans une pièce », une émission du CO<sub>2</sub> (0,25 l/min) a été introduite par une source intérieure au centre de la pièce, à 1,2 m de hauteur du sol. 20 sondes de température et de mesure de gaz ont été réparties dans la pièce. Les résultats obtenus correspondent à 8 h d'acquisition de données sur chacune des 6 configurations testées, temps à partir duquel le volume de la pièce est rempli de CO<sub>2</sub>.



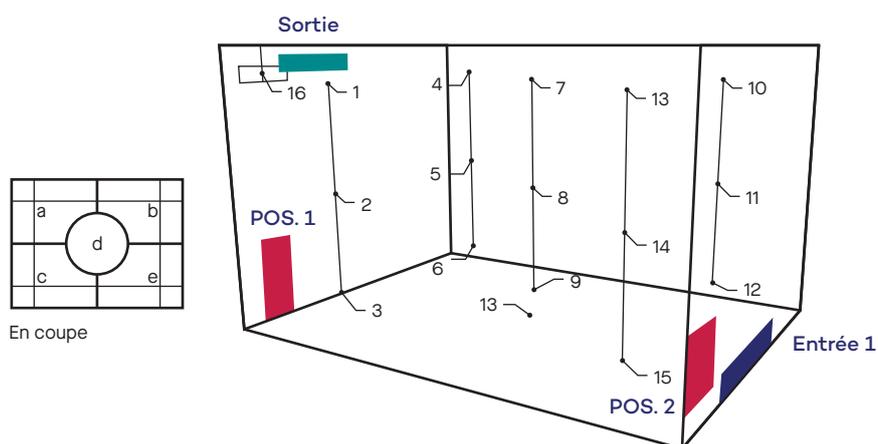
n. Configurations	Température	Position radiateur	Position entrée
1	Sans chauffage	0	1
2	Sans chauffage	0	2
3	Avec chauffage	1	2
4	Avec chauffage	2	2
5	Avec chauffage	2	1
6	Avec chauffage	1	1

## CAS D'UN SÉJOUR DANS UN LOGEMENT ANCIEN

**Dans certains logements anciens sans VMC, il n'est pas rare que l'amenée d'air se fasse par les parties communes et parfois par les ventilations basses en cuisine ou aux toilettes. Ainsi, l'air circule sous les portes, pour ressortir par les fenêtres.**

À partir de la pièce laboratoire, équipée de capteurs de CO<sub>2</sub>, une entrée d'air est installée en partie basse pour simuler le détalonnage de porte et une extraction en partie haute pour simuler la sortie d'air en fenêtre (ou la perméabilité à l'air d'une fenêtre ancienne).

Pour l'aspiration de l'air en partie haute, 2 positions de radiateurs sont testées, avec et sans chauffage : une à proximité de l'entrée d'air, l'autre à proximité de la sortie. En effet, comme l'a montré l'étude précédente, ce sont les positions qui induisent le plus de stagnation d'air dans la pièce.



À la suite de l'expérience, plusieurs faits ont été observés :

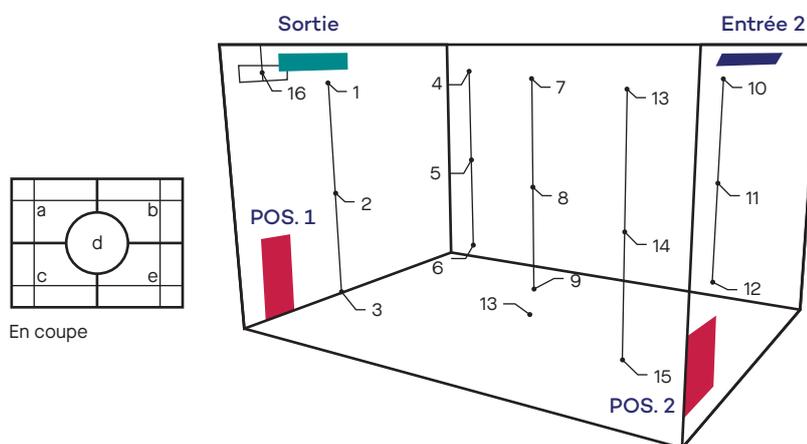
- > **Une légère stratification du CO<sub>2</sub>** a été constatée : le taux minimum au sol, le moyen au plafond et le maximum au milieu.
- > **La présence du chauffage ne change pas la stratification** par couches horizontales, quelle que soit la position du radiateur.
- > Dans les différentes configurations testées, les secteurs « a » et « c » (vue en plan), zones proches de la sortie d'air, ont des **taux de CO<sub>2</sub> plus élevés**.
- > Avec ou sans chauffage, la zone « d » au centre a toujours **un taux plus faible**. C'est donc une zone mieux ventilée.

## CAS D'UN SÉJOUR AVEC CUISINE OUVERTE DANS UN LOGEMENT RÉCENT

**Une configuration moderne des logements consiste à ouvrir la cuisine sur le séjour. Par exemple, l'air est aspiré mécaniquement par une bouche d'extraction située en cuisine et à l'opposé, il est renouvelé par des fenêtres comportant des entrées d'air.**

À partir de la pièce laboratoire, équipée de capteurs de CO<sub>2</sub>, une entrée d'air est installée en partie haute pour simuler l'entrée d'air d'une fenêtre et une sortie d'air en partie haute pour simuler la bouche d'extraction de la VMC.

Deux positions de radiateurs sont testées : une à proximité de l'entrée d'air, l'autre à proximité de la sortie.



L'écoulement se fait de l'entrée à la sortie, en restant à la hauteur du plafond. On constate une stratification du CO<sub>2</sub> avec un taux plus fort au sol et décroissant avec la hauteur sans chauffage.

La présence du chauffage (position 1 ou 2) change les taux de CO<sub>2</sub> dans les strates avec un taux maximum au milieu. En effet, le radiateur chauffe le CO<sub>2</sub> du sol qui, en diminuant sa masse volumique, est entraîné par les mouvements d'air convectifs et monte vers le haut. Donc le CO<sub>2</sub> au plafond est évacué plus rapidement que celui situé à mi-hauteur.

Il y a globalement (avec ou sans chauffage) toujours une concentration de CO<sub>2</sub> plus faible du côté de l'entrée d'air (zones « b » et « e » sur la vue en plan). Ce sont des zones mieux ventilées.

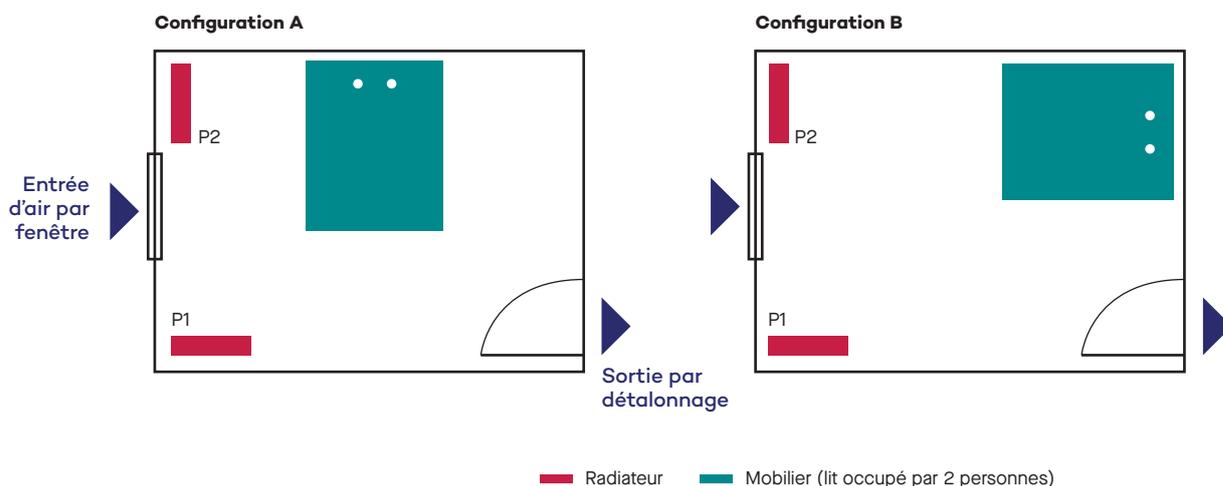
Les secteurs « a » et « c » ont des taux plus élevés de CO<sub>2</sub> (zones proches de la sortie). En l'absence de chauffage, le taux de CO<sub>2</sub> maximum est en zone « d ».

Finalement, dans les 2 configurations, la stratification reste faible et la pièce se remplit de CO<sub>2</sub>.

## QUE SE PASSE-T-IL QUAND ON AJOUTE UNE PERSONNE SUPPLÉMENTAIRE DANS LA PIÈCE ?

L'étude sur la diffusion du CO<sub>2</sub> a montré qu'au bout de 7/8 h avec une personne dans la pièce et dans un logement équipé ou non d'une VMC, il est nécessaire d'ouvrir les fenêtres pour renouveler l'air et évacuer le CO<sub>2</sub> ainsi que les autres polluants accumulés. Qu'en est-il pour une chambre occupée par deux personnes pendant toute une nuit ? Les résultats sont-ils similaires ou bien les concentrations de CO<sub>2</sub> sont-elles plus fortes et atteintes plus rapidement ?

L'étude a consisté à mesurer les taux de CO<sub>2</sub> à différents endroits de la pièce : en faisant varier le taux de renouvellement d'air entre 0,5 - 0,7 et 1 volume/heure, les positions du radiateur et du lit.



Sans chauffage, la configuration A est plus favorable et les zones au centre ou dans le coin haut à droite sont les moins bien ventilées. La zone vers la sortie d'air est bien ventilée.

Avec chauffage, la meilleure configuration est la B avec le radiateur en position P2. Les zones vers la sortie d'air et au centre sont toujours sous-ventilées alors que la zone d'entrée d'air est bien ventilée.

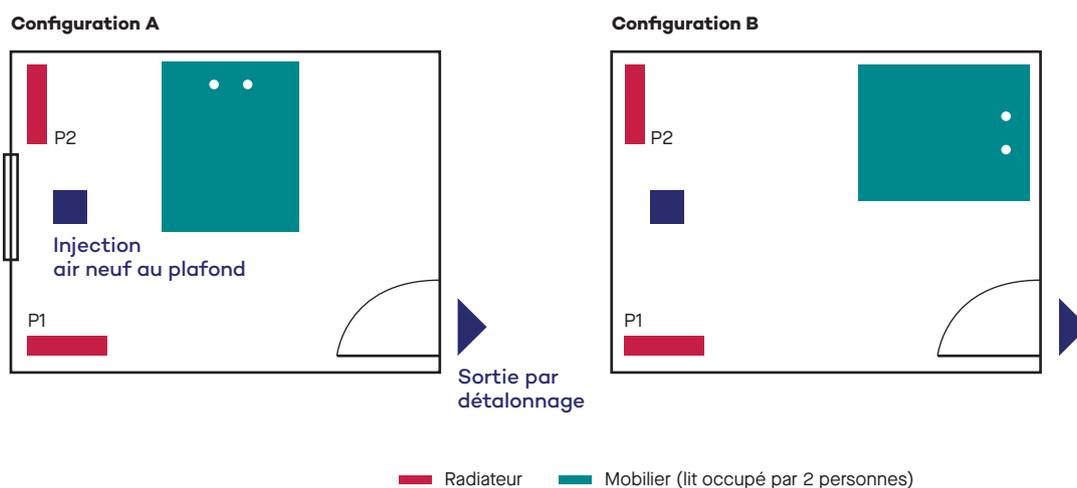
On constate donc que les zones les mieux ventilées et les meilleures configurations obtenues pour les essais isothermes sont différentes pour ceux non-isothermes.

L'augmentation des renouvellements d'air diminue l'effet d'accumulation de CO<sub>2</sub> dans une zone et cela, peu importe l'emplacement du radiateur. Les tests avec un débit de 3 vol/h montrent en effet un brassage efficace de l'air dans la pièce qui diminuent les concentrations de CO<sub>2</sub> (à noter que les 1000 ppm sont toujours dépassées au bout de 8 heures mais avec des taux inférieurs).

On observe aussi que, dans toutes les expérimentations, il y a une concentration de CO<sub>2</sub> plus importante au sol, due à la masse volumique de ce gaz supérieure à celle de l'air.

## FOCUS SUR LA VMC DOUBLE FLUX

Les études précédentes sur la diffusion du CO<sub>2</sub> ont montré qu'il est nécessaire de renouveler l'air pollué au bout de 7/8 h dans un logement équipé ou non d'une VMC simple flux et occupé ou non par une ou deux personnes. Qu'en est-il pour une chambre occupée par deux personnes et équipée d'une ventilation double flux ?



En présence d'une ventilation double flux, la configuration A est à privilégier par rapport à la B, que la pièce soit chauffée ou non. Le chauffage permet d'améliorer légèrement l'homogénéité de la concentration du CO<sub>2</sub> et également de limiter les zones avec des taux supérieurs à 0,2 % (2000 ppm). En présence d'un chauffage, la position P1 est à privilégier par rapport à la position P2.

Si l'on compare les observations avec la ventilation simple flux, la pièce se remplit aussi vite en CO<sub>2</sub> et la configuration A est également la plus favorable sans chauffage avec la zone vers la sortie d'air la mieux ventilée. Avec la ventilation double flux et sans chauffage, les concentrations en CO<sub>2</sub> semblent dans l'ensemble moins élevées qu'avec une ventilation simple flux. Ce constat n'est pas valable dans les configurations avec chauffage où les concentrations en CO<sub>2</sub> sont dans l'ensemble plus élevées en VMC double flux qu'en VMC simple flux.



## CONCLUSION DE L'ÉTUDE

### Ouvrez vos fenêtres pour renouveler l'air

Le CO<sub>2</sub>, gaz rejeté naturellement par notre respiration, se comporte comme tout gaz : il occupe le volume mis à sa disposition. Il n'est donc pas étonnant de vérifier dans cette étude que le CO<sub>2</sub> remplit tout le volume de la pièce : cela s'est produit au bout de 7/8 heures pour notre pièce type, assimilable à une chambre de 10 m<sup>2</sup>. À noter que la stratification des concentrations en CO<sub>2</sub> existe mais de manière minime.

Rappelons que le CO<sub>2</sub> est un excellent traceur de la qualité de l'air. Par conséquent, des taux de CO<sub>2</sub> élevés sont révélateurs de la mauvaise évacuation des autres types de polluants de l'air intérieur.

Logement ancien ou plus récent, même équipé d'une VMC simple ou double flux, l'ouverture des fenêtres est incontournable, en créant un courant d'air (ouverture de la porte également). Cette opération doit s'effectuer idéalement toutes les 8 heures pendant 10 minutes. Pour une chambre, cela correspond par exemple au lever et au coucher, en partant du principe que la pièce est inoccupée la journée. En période de présence en continu dans le logement, l'aération doit s'effectuer 3 fois par jour.

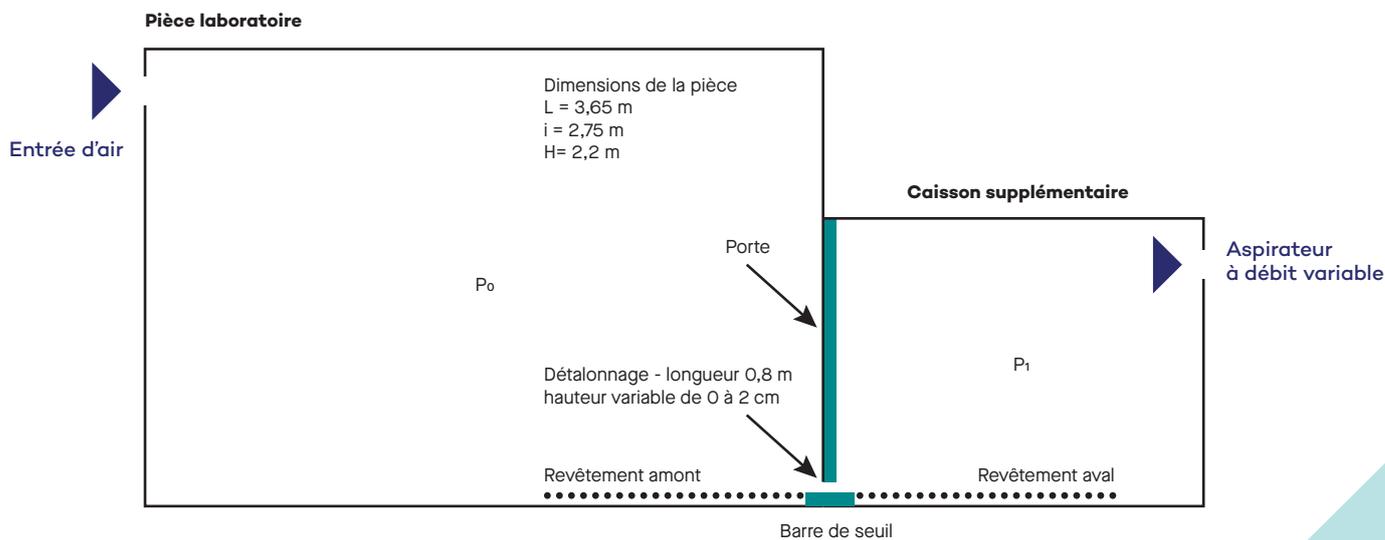
# Mesurer l'incidence d'un détalonnage de porte

## OBJECTIF :

**Vérifier le rôle essentiel du détalonnage de porte dans la ventilation d'un logement**

La pièce-laboratoire utilisée lors de précédentes campagnes d'étude de ventilation intérieure hygiénique a été modifiée pour analyser l'effet du détalonnage de porte sur la circulation de l'air dans un logement. L'objectif est notamment de déterminer la « perte de charge » du détalonnage, c'est-à-dire la dissipation par frottements de l'énergie mécanique de l'air. Le montage permet de régler plusieurs hauteurs de détalonnage de porte. Un caisson a été installé de l'autre côté de la porte avec le dispositif d'aspiration réglable des débits d'air.

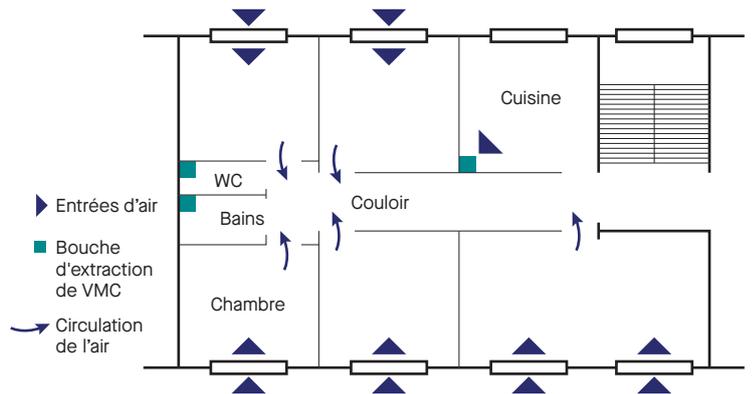
Le but des essais est de mesurer la différence de pression de chaque côté de la porte en fonction des débits de ventilation et en testant différents revêtements de sol de part et d'autre de la porte.



## OBSERVONS UNE CHAMBRE DANS UN LOGEMENT ÉQUIPÉ D'UNE VMC

La simulation permet de reproduire une configuration de pièce courante dans un logement, à savoir une chambre avec une porte donnant sur un couloir par exemple. Les sols mis en place dans la chambre ou la circulation sont de 3 types : parquet, linoléum, moquette.

Côté chambre (pièce laboratoire)	Côté couloir (caisson supplémentaire)
Parquet	Parquet
Moquette rase	Parquet
Moquette haute	Parquet
Linoléum	Linoléum
Moquette rase	Linoléum
Moquette haute	Linoléum
Moquette haute	Moquette haute



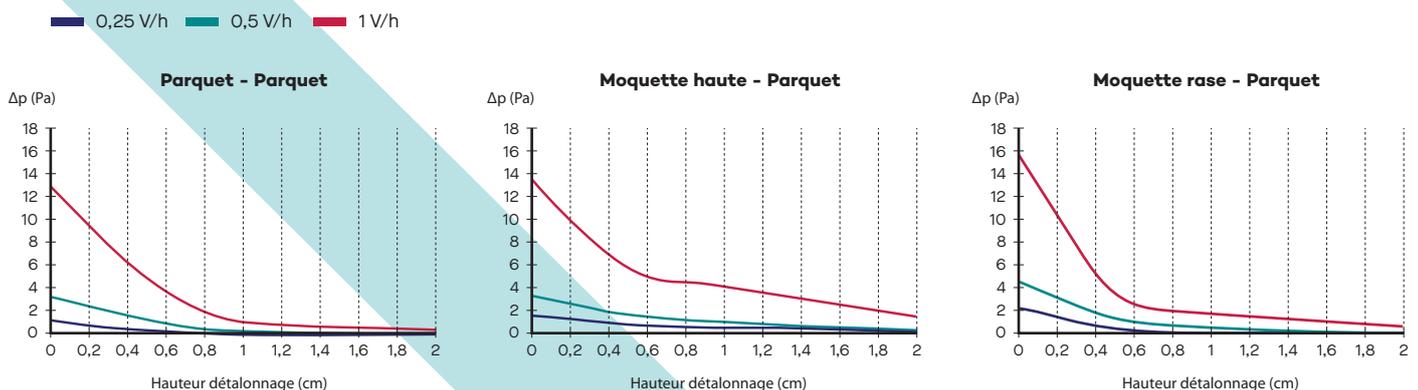
L'étude a permis de mesurer les pertes de charge d'un détalonnage de porte en fonction de :

- > **La hauteur de détalonnage** (0 – 5 – 10 – 20 mm)
- > **Le taux de renouvellement d'air** (0,25 – 0,5 – 1 volume/heure)
- > **Le type de revêtement en amont et en aval de la porte** (linoléum, parquet, moquette haute et moquette rase).

Les valeurs recueillies permettent de calculer la détérioration des taux de renouvellement d'air des différentes combinaisons revêtement/hauteur de détalonnage à partir de la meilleure configuration parquet – parquet (celle où il y a le moins de frottement), en amont et en aval de la porte.

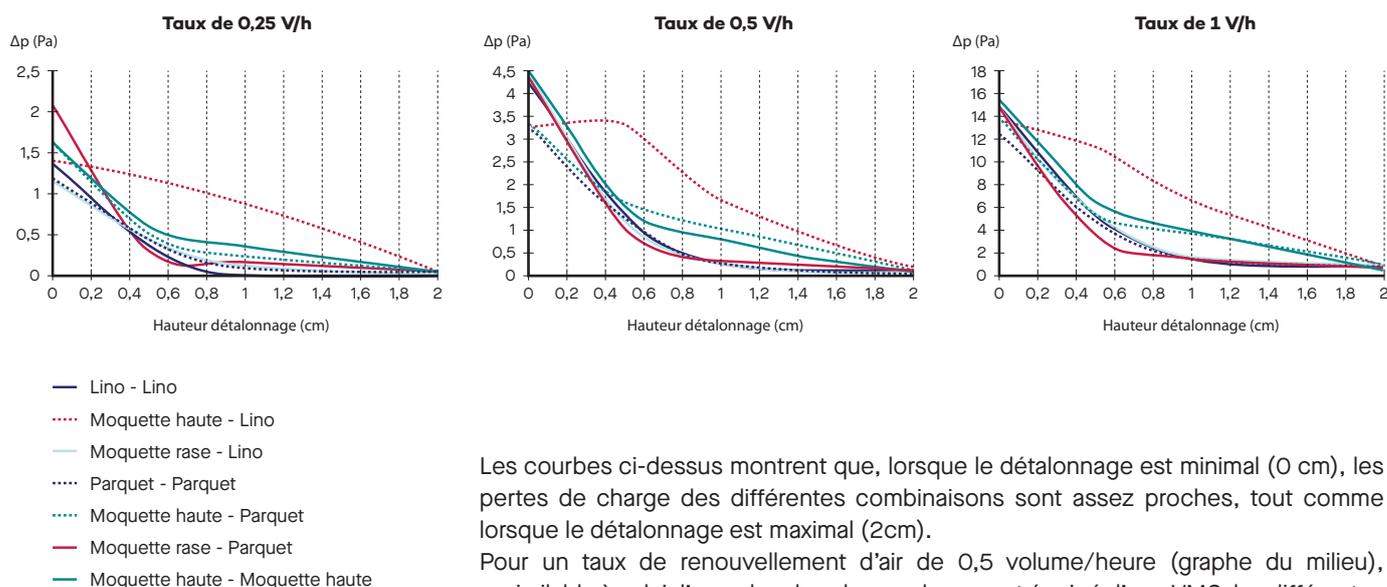
## QUELQUES COURBES POUR COMPRENDRE

Ci-dessous, la configuration où la nature du sol de la chambre (parquet, moquette rase, moquette haute) varie tout en conservant un parquet côté couloir et en faisant varier les taux de renouvellement d'air (0,25 – 0,5 – 1 volume/heure)



Les courbes représentent, selon le taux de renouvellement d'air (volume/heure), l'incidence de la hauteur du détalonnage (cm) sur le différentiel de pression de chaque côté de la porte ( $\Delta P$  en pascal). Celui-ci augmente quand les frottements augmentent.

D'une manière générale, quelles que soient les configurations, la perte de charge  $\Delta P$  diminue plus vite avec un débit plus élevé et évolue aussi plus vite entre 0 et 0,8 cm qu'entre 0,8 et 2 cm de détalonnage.



Les courbes ci-dessus montrent que, lorsque le détalonnage est minimal (0 cm), les pertes de charge des différentes combinaisons sont assez proches, tout comme lorsque le détalonnage est maximal (2cm).

Pour un taux de renouvellement d'air de 0,5 volume/heure (graphe du milieu), assimilable à celui d'une chambre dans un logement équipé d'une VMC, les différentes configurations testées montrent une modification de l'écoulement de l'air autour de 0,8-1 cm de détalonnage.

Quels que soit les débits, les configurations moquette haute-lino et moquette haute-parquet présentent des  $\Delta p$  plus élevés et donc une perte de charge plus importante. Certaines configurations sont donc moins favorables à la bonne circulation de l'air que d'autres : les revêtements épais (configurations moquette haute d'un côté ou de l'autre de la porte) et les revêtements hétérogènes. Au contraire, les revêtements durs et homogènes (configurations parquet/parquet ou lino/lino par exemple) favorisent la circulation de l'air.

Les résultats de cette étude montrent que la hauteur de détalonnage requise dans le DTU 68-3, d'au minimum 1 cm, correspond bien à un souci d'efficacité : en deçà de 1 cm, l'espace sous la porte est insuffisant pour permettre une bonne circulation de l'air entre les pièces. Cela favorise la stagnation des polluants et dégrade donc la qualité de l'air intérieur des logements.



## CONCLUSION DE L'ÉTUDE

**Veillez à conserver un détalonnage de porte d'au moins 1 cm lorsque vous changez de revêtement de sol**

Changer un revêtement de sol influe sur le détalonnage de porte et peut avoir des conséquences importantes sur la qualité de l'air intérieur et donc sur la santé des occupants.

Le changement de sol peut sembler simple et anodin mais dans les faits, on se confronte très vite aux hauteurs sous porte : le cas classique étant la porte d'entrée qui ne peut plus s'ouvrir.

L'étude montre l'importance d'observer également l'impact d'un nouveau sol sur les portes intérieures. Parfois, on se félicite d'avoir de la marge sous la porte pour changer son revêtement de sol mais il est indispensable de vérifier si le détalonnage reste d'au moins 1 cm pour préserver la ventilation de son logement. Sinon, en restant dans une pièce avec la porte fermée, le renouvellement d'air se fera moins bien, que ce soit en ventilation mécanique comme en ventilation naturelle.

### — À savoir

La certification NF Habitat impose des portes intérieures détalonnées d'au moins 1 cm et 2 cm pour les cuisines et salles de bain équipées d'appareils à gaz.



# Analyser les effets de l'encrassement d'un système de ventilation mécanique

## OBJECTIF :

**Démontrer l'importance d'entretenir régulièrement son installation de VMC**

L'Association QUALITEL a sollicité Aérodynamique Eiffel pour réaliser une étude permettant d'analyser l'encrassement des entrées d'air équipées de filtres. Cette étude s'est déroulée en zone urbaine (Paris) sur une année entière et a permis de mesurer pour 6 bouches d'extraction, l'évolution des débits d'aspiration, des différences de pression entre bouches d'air dans la pièce et entrées d'air dans la fenêtre et la puissance électrique consommée par le moteur de la VMC.

## DESCRIPTION DU BANC D'ESSAI

### > 2 caissons de VMC identiques

> 3 piquages sur chaque caisson c'est-à-dire 3 raccords (bouches d'air fournies avec les caissons de ventilation) avec différents débits d'aspiration testés correspondant à différentes typologies et tailles de pièces :

15 m<sup>3</sup>/h (WC)

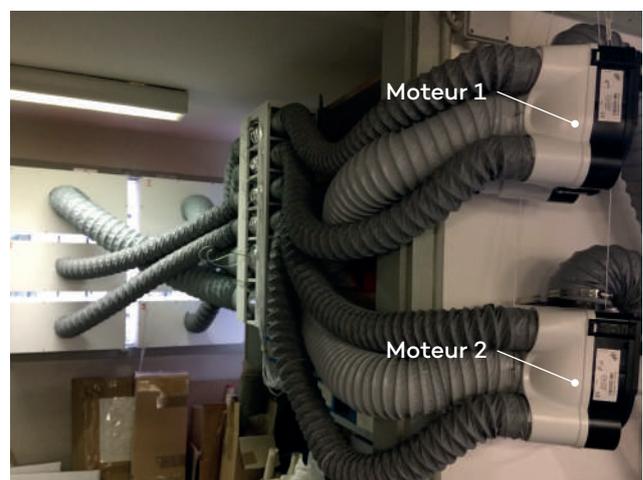
30 m<sup>3</sup>/h (salle de bain)

45 m<sup>3</sup>/h (cuisine)

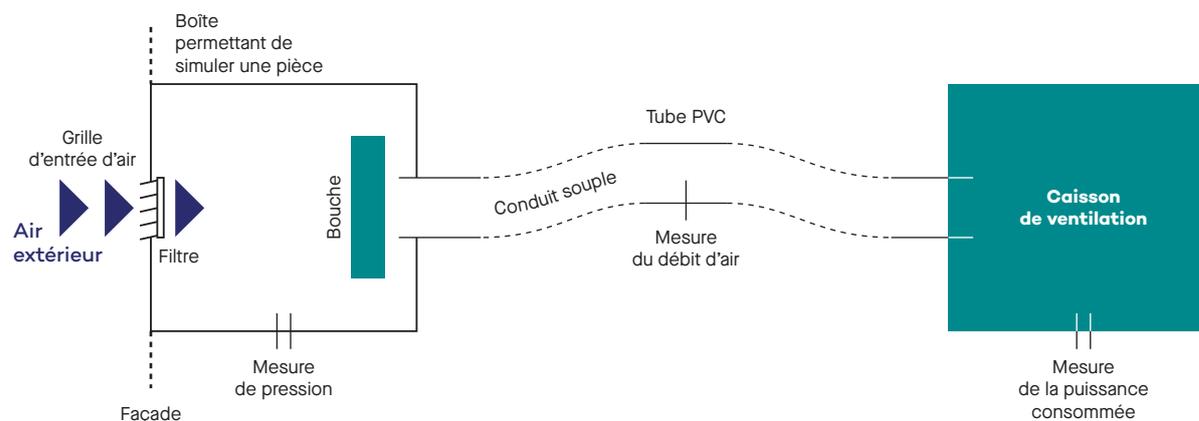
### > 6 prises d'air extérieur avec filtre d'efficacité G3 (filtre grossier)



Côté extérieur



Côté intérieur



Les essais ont été réalisés sur une durée d'un an (décembre 2016 à décembre 2017) avec plusieurs mesures par mois pour contrôler le fonctionnement de la VMC. On mesure alors :

- > **Les conditions météorologiques** (température, pression atmosphérique et hygrométrie) ;
- > **La vitesse dans chacun des conduits** de mesure pour permettre le calcul des débits dans chacune des aspirations ;
- > **La différence de pression statique** entre chaque boîte de tranquillisation (pour le caisson 1 : boîtes 1, 2, 5 et pour le caisson 2 : boîtes 3, 4, 6) et la pression atmosphérique ;
- > **La consommation électrique** : la puissance du moteur de chacun des 2 caissons de ventilation VMC.

Des mesures complémentaires ont été effectuées après un an d'utilisation pour mesurer les débits d'aspiration et les différences de pression sans filtre, puis en installant un filtre neuf sur le système.

## OBSERVATION DES DÉBITS DE VENTILATION

Le tableau ci-dessous donne les valeurs des débits mesurés dans chaque circuit de ventilation en début et en fin de campagne mais aussi les valeurs moyennes sur la durée totale de l'étude et les valeurs théoriques déclarées par le fabricant.

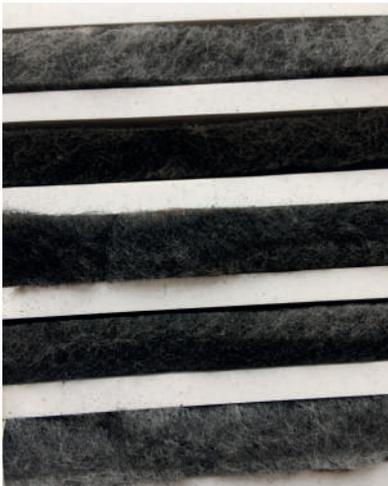
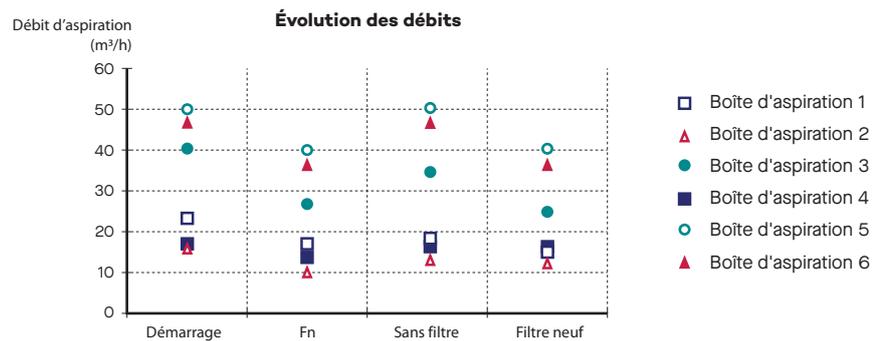
Dans l'ensemble des mesures effectuées, on constate des débits (moyens ou finaux) en dessous des débits théoriques : de 10 % à 30 % d'écart environ.

Débit (m <sup>3</sup> /h)	Caisson 1			Caisson 2		
	Boîte 1	Boîte 2	Boîte 5	Boîte 3	Boîte 4	Boîte 6
<b>Théorique</b>	<b>15</b>	<b>30</b>	<b>45</b>	<b>15</b>	<b>30</b>	<b>45</b>
Début	16	24	50	16	40	47
Fin	13	15	41	15	25	38
Moyenne	13	20	39	14	28	32

Les débits initiaux sont en général supérieurs aux débits théoriques.

Le débit d'air baisse régulièrement dans les circuits du système de ventilation, de - 20 % à - 37 % par rapport au débit initial.

Dans le cas du caisson n°2 (boîtes 3, 4 et 6), où les filtres ont été changés, que les filtres soient neufs ou usagés, les débits de ventilation ne changent pas et sont inférieurs à ceux mesurés au début des essais. Ainsi, les débits d'aspiration ne dépendent pas du filtre, qu'il soit encrassé ou pas.



Boîte présentant l'état des 5 filtres remplacés au cours de l'expérimentation

## ENSEIGNEMENT SUR LES CHANGEMENTS DES FILTRES

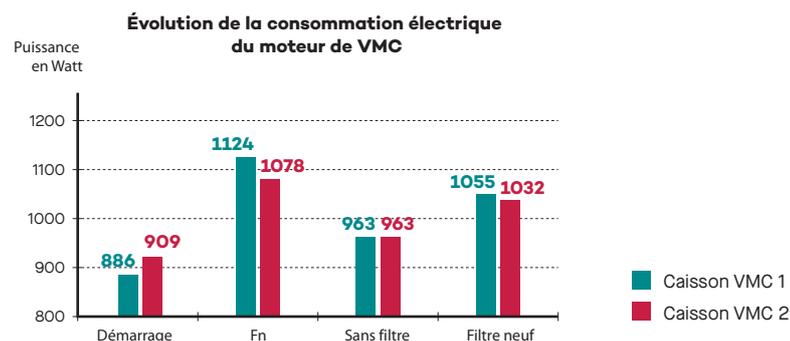
Des filtres d'entrées d'air raccordés au caisson de ventilation n°2 ont été changés à 2 reprises :

- > **Après 5 semaines de fonctionnement**, 2 des entrées d'air s'étaient bouchées, suffisamment pour constater une chute très importante des débits dans certaines boîtes d'aspiration. Probablement la conséquence d'une période de plusieurs jours de pic de pollution.
- > **Après 5 mois de fonctionnement**, les 3 filtres d'entrées d'air reliés au caisson de ventilation n°2 ont été changés.

On peut s'interroger sur les différences de comportement entre le caisson n°1 et le caisson n°2 qui a nécessité un changement de filtre. Un positionnement différent sur la façade pourrait en être une cause.

## UN CONSTAT : ENCRASSEMENT GLOBAL DE L'INSTALLATION APRÈS UN AN

L'enregistrement des puissances de moteur montre une augmentation continue de la puissance consommée : +19 % dans la boîte VMC 2 et +27 % dans la VMC 1 après une année de fonctionnement.



Les mesures effectuées en fin de campagne montrent que la puissance consommée avec un filtre usagé mais aussi après un an d'utilisation en configuration sans filtre ou avec un filtre neuf (entre 963 et 1124 watts) est supérieure à la puissance consommée au début des tests (886 et 909 watts). Les filtres font donc plus consommer. Ces résultats indiquent que la « perte de charge » ou perte de performance de l'ensemble du circuit a augmenté durant l'année d'essais et peuvent signaler un encrassement global des circuits et des aubes sur la roue du ventilateur jouant sur la puissance des moteurs du caisson.

Dans le cas du caisson n°2, le remplacement à deux reprises par des filtres neufs a conduit à une diminution de la puissance consommée sur le moteur (- 12,5 % en moyenne). Même si cela ne permet pas d'atteindre la performance du début des tests, changer le filtre permet de réduire la puissance consommée par la VMC.

Les différentes mesures effectuées dans le cadre de cette étude montrent un encrassement rapide des filtres installés dans les entrées d'air et soulignent l'impact négatif de cet encrassement à la fois sur le débit d'air et sur les consommations électriques de la VMC, et donc sur la performance de la ventilation. Cet encrassement a, in fine, un impact négatif sur la qualité de vie des occupants.

### Influence de l'encrassement d'une VMC sur la performance acoustique des entrées d'air

À la suite des études sur l'encrassement des systèmes de ventilation, des essais acoustiques ont été effectués pour étudier l'influence de l'encrassement d'une VMC simple flux sur la performance acoustique des entrées d'air. Les mesures acoustiques ont été réalisées sur des équipements neufs et des équipements encrassés naturellement après plusieurs mois d'usage. L'expérience s'est déroulée en laboratoire au CSTB selon la norme ISO 10140-2. Les caractéristiques acoustiques suivantes ont été mesurées :

- > L'isolement acoustique normalisé,  $D_{n,e}$  sur 10 configurations d'entrées d'air (encrassées et non encrassées, avec et sans filtre)
- > La puissance acoustique,  $L_w$  sur 6 configurations de bouches d'extraction

Isolement $D_{n,e,w+Ctr}$	Sans filtre	Avec filtre
VMC neuve	37 dB	37 dB
VMC encrassée	38 dB	38 dB

Les résultats obtenus montrent d'abord que l'insertion d'un filtre dans l'entrée d'air n'a aucune influence sur l'isolement acoustique, que la VMC soit neuve ou encrassée. Cela s'explique par le fait que le filtre est poreux et n'apporte aucune résistance à l'air, même lorsqu'il est encrassé.

L'encrassement des entrées d'air augmente globalement l'isolement d'un seul décibel. Cet écart est relativement négligeable sur le plan métrologique mais aussi du point de vue perceptif.

Ainsi la présence du filtre n'ayant pas d'influence, il semble que ce soit plutôt l'encrassement du module extérieur qui soit responsable de cette légère augmentation.

**Compte tenu des faibles écarts mesurés sur l'isolement acoustique des entrées d'air en fonction de l'encrassement, cette expérience permet de conclure que les occupants ne percevront pas plus de bruit lorsqu'ils nettoient leur entrée d'air.**



## CONCLUSION DE L'ÉTUDE

### Nettoyez régulièrement vos entrées d'air et bouches d'extraction

Pollution extérieure, mais aussi intérieure : une installation de VMC est sujette à encrassement ! Deux composants sont bien visibles dans les logements qui en sont pourvus : les entrées d'air au niveau des fenêtres et les bouches d'extraction situées dans les cuisines, salles de bain et WC.

L'étude démontre qu'avec le temps, l'installation de VMC perd ses performances si elle n'est pas entretenue. Les entrées d'air, tout comme les bouches, sont démontables et doivent être nettoyées régulièrement à l'aide d'eau savonneuse et d'un pinceau sec ou d'un aspirateur. Il en est de même pour la turbine du ventilateur qui doit être démontée et dépoussiérée une fois par an.

Pour connaître les modalités d'entretien de votre équipement, référez-vous à la notice technique du fabricant.

### Extrait du texte NF DTU 68.3 (juin 2013) relatif aux installations de ventilation mécanique

Une ventilation efficace repose sur une maintenance et un entretien régulier du système mis en œuvre dans un logement. Dans ce cadre, il est primordial d'informer sur la bonne utilisation des systèmes de ventilation en expliquant les gestes permettant de limiter cette perte de performance. La norme NF DTU 68.3, qui s'applique aux installations neuves de ventilation mécanique dans les bâtiments résidentiels neufs et existants, rassemble en un ouvrage unique les éléments permettant : la conception, le dimensionnement, la mise en œuvre, la mise en service, et la maintenance d'une installation de ventilation mécanique. Les fabricants mettent en effet à disposition les procédures d'entretien de leurs équipements de ventilation dans les notices techniques de ces derniers comme dans l'exemple ci-après :

« Les entrées d'air sont nettoyées par l'utilisateur selon la notice de l'industriel et au minimum une fois par an.

Les bouches d'extraction d'air sont nettoyées par l'utilisateur selon la notice de l'industriel et au minimum :

> une fois par trimestre pour les bouches de la cuisine, avec un produit dégraissant,

> deux fois par an pour les bouches des sanitaires.

Le remplacement des piles sur certains modèles est réalisé dès que nécessaire. »

— Pour en savoir plus : [le guide ADEME sur la ventilation](#)

## Conclusion

À chaque étape d'un projet de construction ou de rénovation et lors de l'occupation d'un logement, plusieurs facteurs et actions ont une influence sur la qualité de l'air.

### 4 principes essentiels à retenir de ces études pour assurer, à l'usage, une bonne qualité de l'air dans votre logement :

> **Privilégiez l'éloignement des entrées d'air et des bouches d'extraction** car la capacité du système de ventilation à balayer l'ensemble de la pièce dépend de l'emplacement de ces équipements. D'autre part, bien que ce soit une configuration très courante dans les logements, l'étude démontre que la proximité de l'entrée d'air et du radiateur entraîne une moins bonne circulation de l'air. La présence de sources chaudes constitue en effet le principal moteur des courants d'air dans la pièce.

> **Aérez votre logement en créant si possible des courants d'air.** Rejeté naturellement par notre respiration, le CO<sub>2</sub> est un excellent traceur de la qualité de l'air car l'ensemble des polluants de l'air intérieur ont le même comportement que lui. Comme le CO<sub>2</sub> remplit le volume d'une pièce de 10 m<sup>2</sup> en moins de 8 heures, sa concentration élevée démontre en même temps une mauvaise évacuation des autres polluants de l'air

intérieur. Logement ancien ou plus récent, en présence ou non d'une ventilation mécanique, l'ouverture des fenêtres 3 fois par jour reste une nécessité absolue pour garantir un air plus sain.

> **Nettoyez votre système de ventilation**, en respectant les modalités d'entretien indiquées dans la notice technique du fabricant. Toute installation de VMC s'encrasse avec le temps et les polluants intérieurs présents dans votre logement, d'autant plus quand l'air extérieur est également pollué.

> **Veillez à conserver un détalonnage de vos portes d'au moins 1 cm** notamment lorsque vous changez de revêtement de sol. Là aussi, que ce soit en ventilation mécanique comme en ventilation naturelle, il est nécessaire d'assurer et de maintenir le passage de l'air sous les portes.

Pour davantage intégrer la qualité de l'air dès la phase conception, il existe aujourd'hui des outils de simulation qui peuvent être utilisés par les concepteurs pour prendre en compte l'incidence des émissions de polluants des matériaux, de l'occupation du logement (émissions de CO<sub>2</sub>), du système de ventilation et de la pollution extérieure. Ces outils permettent d'étudier les configurations favorisant la qualité de l'air intérieur.

# Glossaire

**Air extrait :** air vicié présent dans le logement qui peut être extrait, selon les systèmes, par : des bouches d'extraction (l'air passe ensuite dans le système de VMC puis ressort par la sortie toiture), un extracteur ou un système de purification décentralisée (qui rejettent directement l'air vicié à l'extérieur). Les calories de cet air vicié, avant qu'il ne soit rejeté à l'extérieur, peuvent être utilisées dans le cas des systèmes de purification d'air pour préchauffer l'air neuf via l'échangeur thermique présent dans le système de VMC.

**Air neuf :** air entrant dans le logement et provenant de l'air extérieur. Dans les systèmes de ventilation, l'air neuf peut être amené dans le logement par les fenêtres, les entrées d'air, des grilles en façade ou des bouches d'insufflation. Il est également possible de le filtrer avant son arrivée dans le logement avec les systèmes de purification d'air afin d'éliminer les bactéries, pollens, particules fines et COV.

**Air vicié :** c'est l'air à l'intérieur du logement qui a déjà « servi » donc qui est pollué par la respiration, les émanations, les poussières, les odeurs... Cet air vicié doit être extrait à l'extérieur par la VMC ou par tout autre système d'extraction d'air.

**Bouche d'extraction :** élément indispensable de fonctionnement d'une VMC (Ventilation Mécanique Contrôlée), placé dans des pièces souvent humides de type cuisine, salle de bain ou encore WC. Son rôle est d'évacuer les polluants présents à l'intérieur de ces espaces. Une bouche d'extraction est associée à des entrées d'air placées dans les pièces principales permettant le renouvellement d'air grâce à l'introduction d'air neuf. Concernant la disposition des bouches, elles doivent être : distantes de minimum 10 cm des angles et parois, accessibles, équipées d'un cordon permettant de les commander et démontables afin de pouvoir en effectuer le nettoyage et l'entretien.

**Caisson d'extraction :** caisson équipé d'un ensemble aéraulique (moteur, ventilateur, plots anti-vibratiles) et d'une enveloppe en acier ou en matière composite pour isoler du bruit.

**Conduits ou réseaux aérauliques :** gaines reliant le ventilateur au logement et à l'extérieur. Ils véhiculent :

- De l'air « hygiénique » ou « neuf » : air aspiré, air insufflé
- De l'air « vicié » : air extrait des locaux, contenant de l'humidité et des polluants
- De l'air « traité » : air chaud, froid, humidifié, déshumidifié, filtré, désinfecté, etc.

Souples, rigides ou semi-rigides, ils peuvent être de différentes formes (cylindriques, rectangulaires, oblong...) et en différents matériaux. Les conduits sont classés de A à D selon leur étanchéité, D étant la meilleure classe.

**Débit d'air :** quantité d'air que peut traiter un ventilateur, en général indiqué en m<sup>3</sup>/h. Le débit d'air peut être constant dans les systèmes de ventilation autoréglable par exemple ou s'adapter au taux d'humidité dans les systèmes de ventilation hygroréglable. Il peut également s'adapter au taux de CO<sub>2</sub> pour les appareils équipés de sonde CO<sub>2</sub>, ce qui permet d'adapter la qualité d'air aux habitants des logements et d'augmenter l'efficacité de la ventilation.

**Détalonnage :** espace laissé entre le revêtement de sol et le bas de porte. La circulation de l'air depuis les pièces principales jusqu'aux pièces de service est permise par le detalonnage des portes intérieures. Cet espace doit être de 1 cm pour les portes desservant les pièces principales, la salle d'eau ou la cuisine (si celle-ci comporte 2 accès) et 2 cm pour les portes desservant une cuisine qui ne comporte qu'un accès.

**Entrées d'air :** orifices disposés dans les pièces principales au niveau des fenêtres, dans le coffre de volet roulant ou en traversée de mur. Elles sont

localisées en partie haute du local, à une hauteur d'au moins 1,80 m afin d'éviter les courants d'air gênants. La conception et le dimensionnement des entrées d'air (type, nombre, emplacement...) sont réalisés conformément au NF DTU 68.3 pour la VMC autoréglable simple flux et aux Avis Techniques pour la VMC hygroréglable.

**Filtres :** installés dans les entrées d'air pour capter les polluants présents dans l'air extérieur, ils permettent ainsi de protéger les composants du système de ventilation de l'encrassement créé par la pollution atmosphérique. Les filtres sont classés selon leur capacité à retenir les particules fines, moyennes et grosses.

**Grille de ventilation ou d'aération :** élément qui termine un conduit acheminant de l'air entre une ventilation et la pièce d'un bâtiment. Cette grille a une fonction aspirante et/ou soufflante, selon la nécessité. Elle est composée d'ailettes de tailles différentes qui permettent à la fois de réguler le débit mais aussi d'orienter l'air en fonction des besoins des utilisateurs.

**Perte de charge :** considérée comme une perte d'énergie qui doit être compensée afin de permettre au fluide de se déplacer. On l'exprime couramment sous la forme d'une différence de pression (on l'appelle aussi ΔP), bien qu'elle soit en fait représentative d'une dissipation d'énergie.

**Ventilateurs :** situés dans les entrées d'air et les bouches d'extraction, les ventilateurs aspirent ou propulsent l'air dans les pièces du logement. Axiaux/hélicoïdes ou centrifuges, on règle leur débit et on peut ainsi créer des différences de pression.

**Ventilation naturelle :** système de ventilation permettant de renouveler l'air intérieur des bâtiments en s'appuyant sur l'action du vent et sur l'écart de température entre l'air extérieur et l'air intérieur (principe du tirage thermique). Ce système est constitué d'une entrée d'air dans chaque pièce principale et d'une extraction d'air par conduit vertical dans chaque pièce humide. Ce système est largement utilisé en France dans le résidentiel collectif construit avant 1982.

**Ventilation mécanique contrôlée (VMC) simple flux :** système de ventilation de base pour la réglementation en matière de ventilation des logements français. Son principe de fonctionnement : des entrées d'air sont placées dans des pièces principales, l'air transite des pièces principales vers les pièces humides en passant sous les portes intérieures, pour être rejeté à l'extérieur du logement par les bouches d'extraction installées dans les pièces humides. Les grilles d'extraction sont raccordées à un caisson d'extraction centralisé motorisé grâce à un réseau de gaines. La VMC simple flux peut être :

- > **Autoréglable :** les débits d'air sont constants, peu importe les conditions climatiques extérieures (vent, pluie) ;
- > **Hygroréglable :** les débits d'air varient selon le taux d'humidité intérieure, ce qui permet d'évacuer rapidement un air trop humide :
  - De type A : le système vérifie le taux d'humidité à l'extraction ;
  - De type B : le système vérifie le taux d'humidité à l'aspiration et à l'extraction.

**VMC double flux :** système de ventilation mécanique où l'introduction de l'air ainsi que son extraction sont assurées par des dispositifs mécaniques. Des bouches d'insufflation sont disposées dans les pièces principales et des bouches d'extraction dans les pièces de service. La VMC double flux est composée de deux ventilateurs indépendants avec deux réseaux de conduits séparés, l'un pour insuffler l'air neuf dans les pièces principales et l'autre pour extraire l'air vicié dans les pièces de service. La VMC double flux aspire l'air vicié intérieur par le detalonnage de la porte. Cet air passe alors dans un échangeur thermique avant d'être rejeté. Le caisson d'extraction récupère la chaleur de l'air vicié pour réchauffer l'air neuf qui est insufflé dans le logement via un diffuseur incrusté dans le plafond.

# Remerciements

---

L'Association QUALITEL a confié la rédaction de ce guide à Jean-Frédéric BAILLY, Directeur du pôle Études et Recherche, Lucile BERLIAT CAMARA, Responsable d'activité Environnement et Santé et Alizée MARECHAL, Chargée de contenu éditorial au sein du Groupe QUALITEL.

L'Association remercie vivement le laboratoire Aérodynamique Eiffel pour toutes les études menées au cours de ces cinq années et notamment Benoît BLANCHARD, Directeur du laboratoire et Margherita FERRUCCI, Ingénieur des études et des essais.

L'Association remercie également le groupe Atlantic pour la fourniture du matériel mis à disposition pour les essais d'encrassement et les tests avec une ventilation double flux.

