

The background image shows a modern interior space, likely a cafe or meeting area, with large windows on the left side looking out onto a city street. The room features several round tables with chairs, and the ceiling has exposed concrete and various lighting fixtures, including pendant lights and track lighting. The overall atmosphere is bright and contemporary.

Fellowes
AIR QUALITY MANAGEMENT

The FiMea logo is a blue oval with the word "FiMea" written in a white, handwritten-style font. A small blue sphere is positioned above the letter 'a'.

FiMea

Atmos'fair / FIMEA

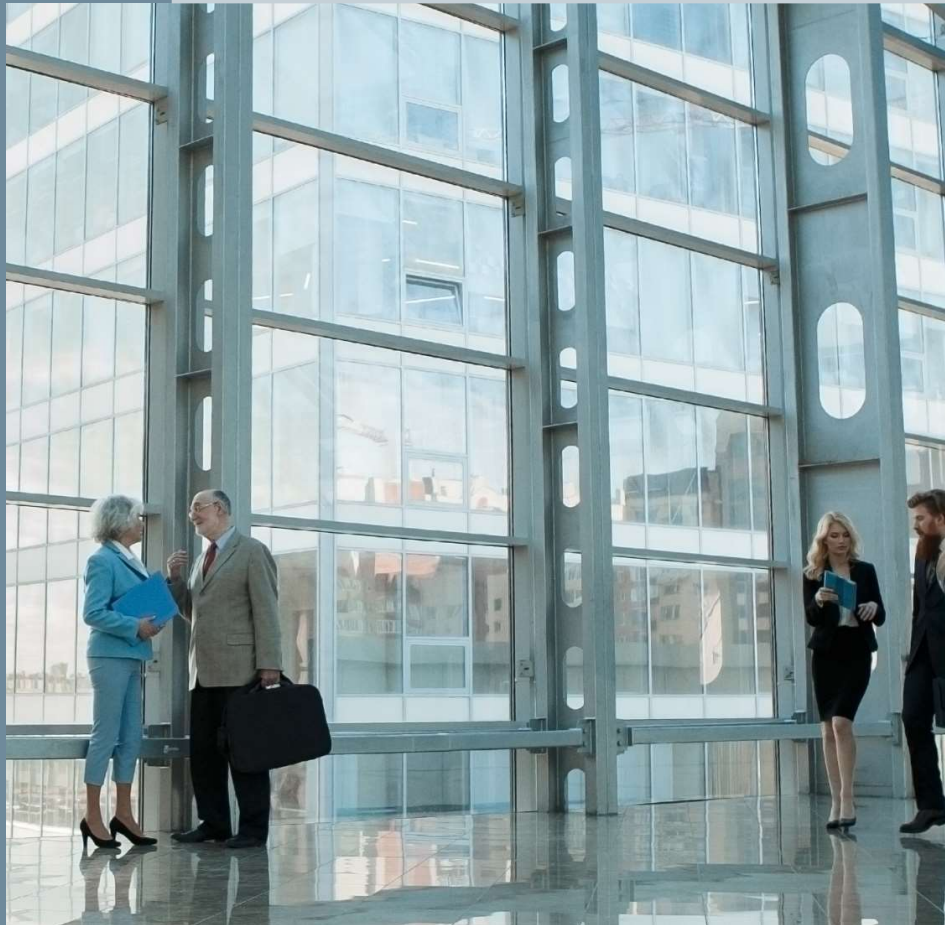
Présentation
**Ventilation combinée pour les
bâtiments non-résidentiels**

Pierre Caquelin
15 octobre 2025

Sommaire

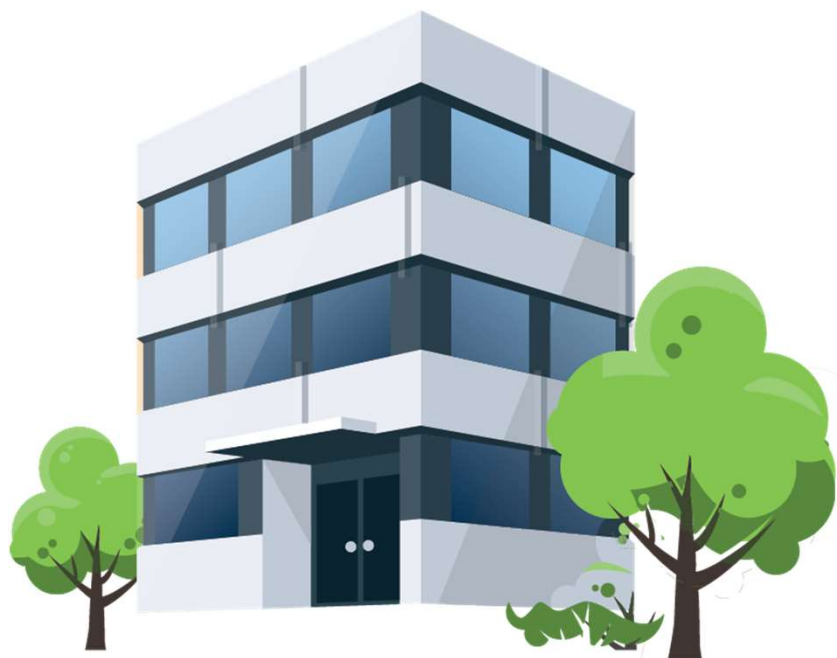


- Contexte & législation sur l'air
- Cas d'étude n°1
 - Analyse bâtiment commercial existant
- Cas d'étude n°2
 - Simulations scénarios école urbaine
- **La ventilation combinée en tertiaire**



Contexte et législation sur l'air

Quid de l'air intérieur ?



90%

de notre temps est
passé en intérieur

5 à 8x

plus pollué qu'à l'extérieur

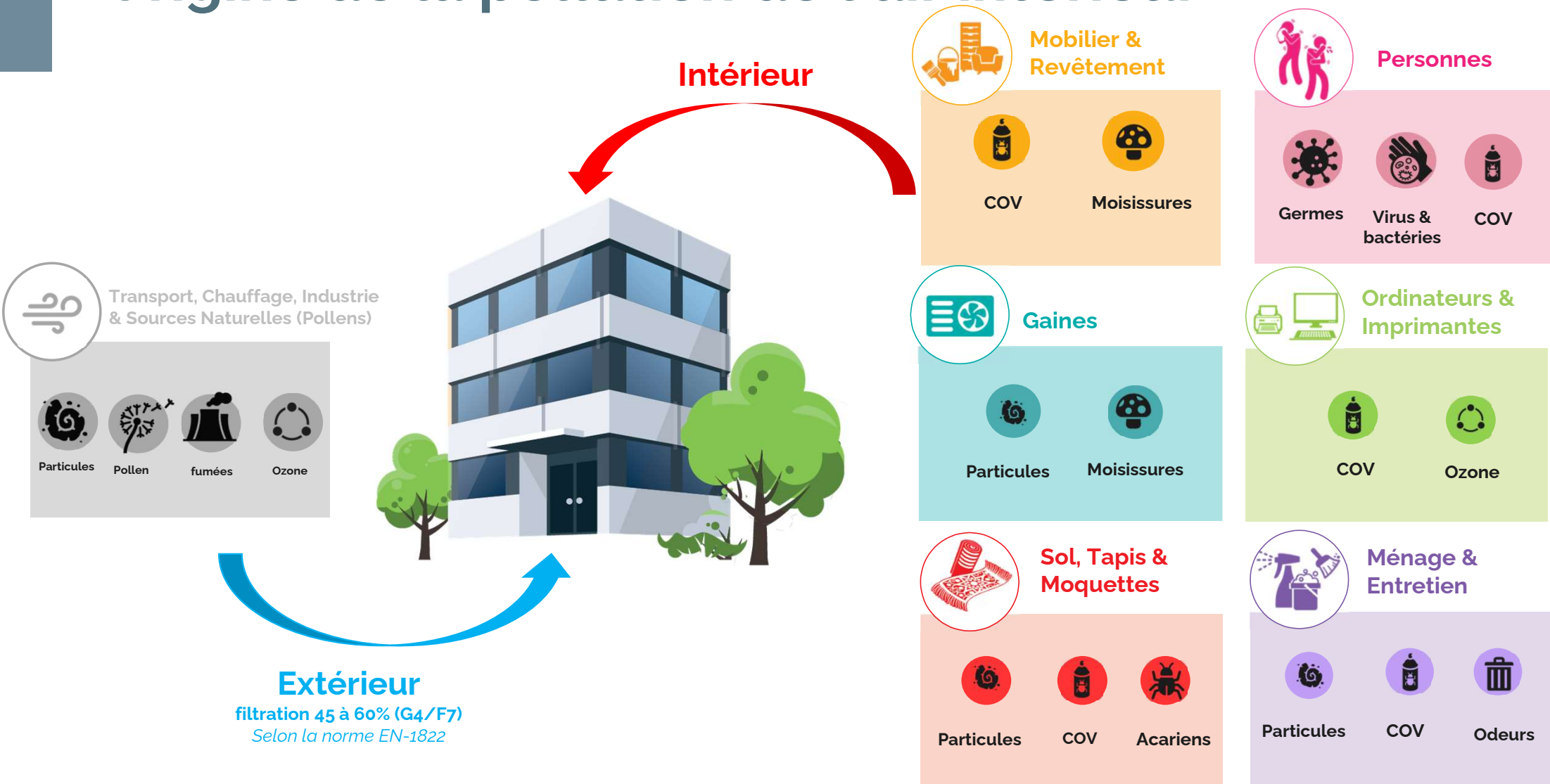
38%

Des occupants
se plaignent d'une
mauvaise QAI.

Les bâtiments sont
de plus en plus

Hermétiques

Origine de la pollution de l'air intérieur



Les lois sur la QAI en France



1996

La loi LAURE

« **droit reconnu à chacun à respirer un air qui ne nuise pas à sa santé** ».

- Respirer, une nécessité vitale.
- Un air sain, un droit.
- Une QAI maîtrisée, un air épuré et sain, un devoir.



2020

Code du Travail :

- **Maintenir un état de pureté de l'atmosphère** propre à préserver la santé des travailleurs
- **Eviter** les élévations exagérées de température, les odeurs désagréables et les condensations.

Mise à jour 29/06/2020

1



2022

Loi du Grenelle 2 :

obligation de surveiller périodiquement la QAI dans les ERP

- **Education** depuis le 01/01/2023 (crèches, lycées, accueils de loisirs)
- **Médico-social** à partir du 01/01/2025 (structures sociales liées à la santé)



2024

Directive Européenne avril 2024/1275

- **Surveillance et régulation** de la qualité de l'air intérieur et réduction des niveaux des PM2,5, des COV et du NO2
- Réduction de la consommation énergétique des équipements



2026

Intégration de la directive dans la loi française au plus tard en 2026



2030

Application pour les bâtiments

EPBD : Efficacité Energétique & QAI



Cas d'étude n°1

Bâtiment existant

Analyse de la QAI / bâtiment Commercial (février-mars 2025)

Taux de CO₂

CO₂

Sélectionner

30 derniers jours

Actuel

861 ppm

Moyenne

585 ppm

Min

400 ppm

Max

1475 ppm



7/10



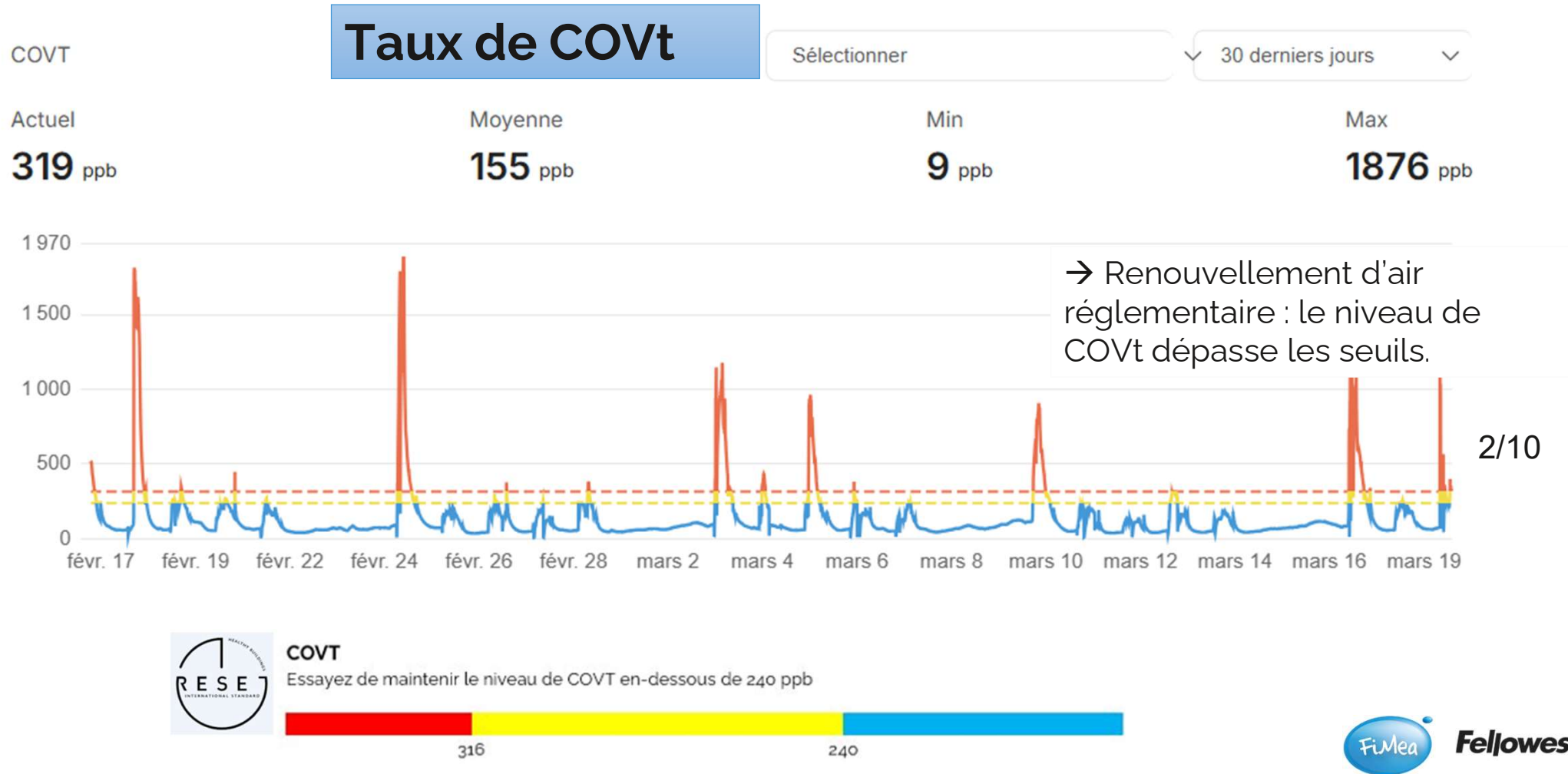
CO₂

Essayez de maintenir le niveau de CO₂ en-dessous de 963 ppm



Fellowes

Analyse de la QAI / bâtiment Commercial (février-mars 2025)



Analyse de la QAI / bâtiment Commercial (février-mars 2025)

Taux de PM 2.5

PM 2.5

Sélectionner

30 derniers jours

Actuel

0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Moyenne

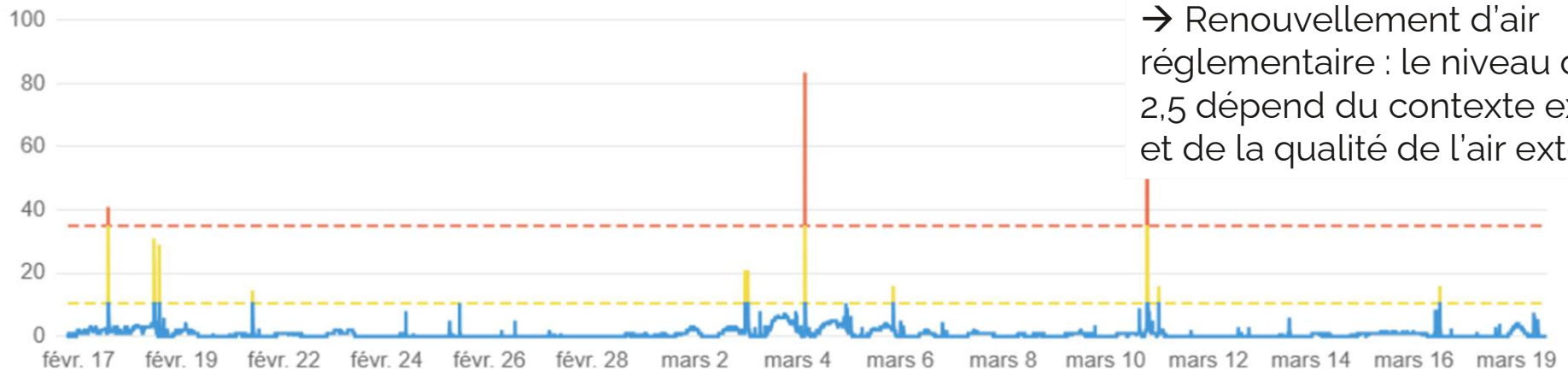
1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Min

0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Max

83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



PM2.5

Essayez le maintenir le niveau de PM2.5 en dessous de 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



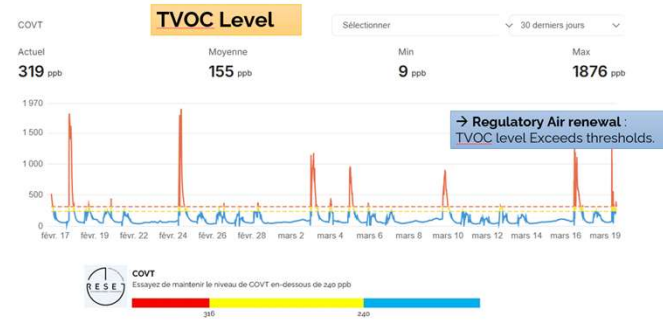
Conclusion

Même bâtiment / Même période

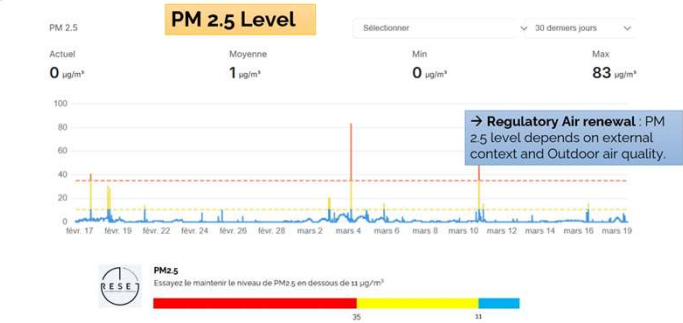
Commercial building IAQ analysis



Commercial building IAQ analysis



Commercial building IAQ analysis



Dans un espace correctement ventilé (*i.e.* gaines correctement entretenues, filtres propres et débits réglementaires), **le taux de CO₂ reste le plus souvent en dessous de 1000ppm**. Ce qui est acceptable

En revanche nos relevés montrent que **le taux de COV totaux est lié à l'occupation, et dérive très souvent** dans des proportions importantes (>300 ppb). **Le taux de PM_{2.5} quant à lui dépend beaucoup de l'environnement extérieur du bâtiment.**

→ Quelles seraient les solutions les plus efficaces pour rester en dessous des seuils recommandés ?

Les clés pour améliorer la QAI

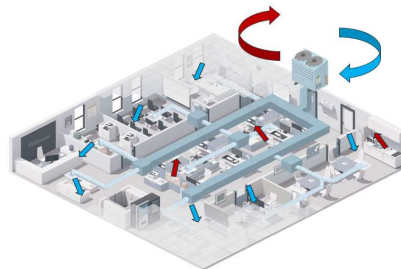
Limiter les polluants à la source

Éliminer les sources de pollution et réduire les émissions liées aux matériaux -étiquetage depuis 2011.
Eviter les batons odorants et les produits ménagers émissifs.



Optimiser le renouvellement de l'air – dans tout le bâtiment

Maintenir un niveau suffisant d'air extérieur entrant à l'intérieur.
→ Réguler l'apport d'air neuf et évacuer le CO₂
→ Réguler l'humidité relative HR%



Filtrer l'air intérieur – dans les espaces de vie

Nettoyer efficacement l'air intérieur grâce à un système de filtration d'air dédié, a minima HEPA H13 / Charbon actif



EPBD* – Agir sur les déperditions énergétiques

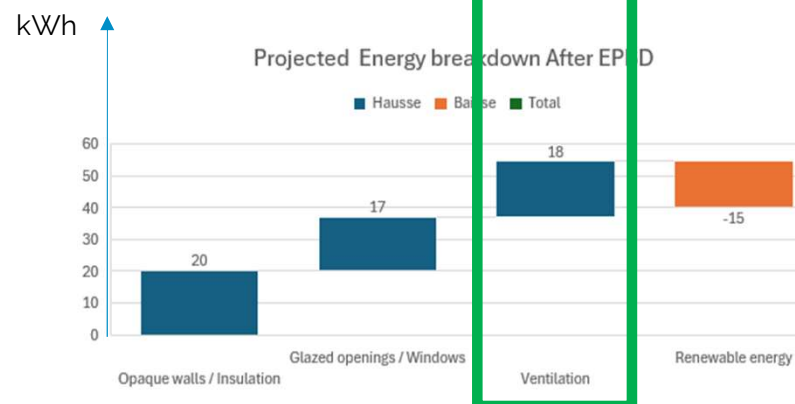
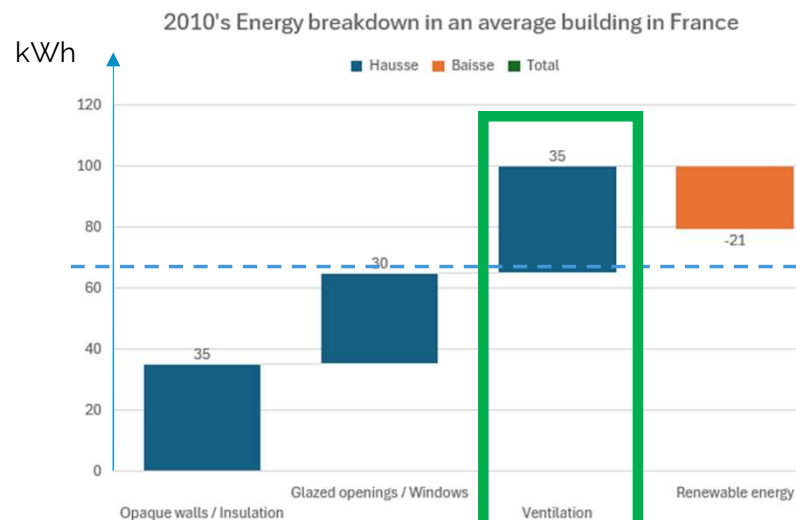
Voici où nous en sommes en 2024 en France **AVANT l'EPBD**



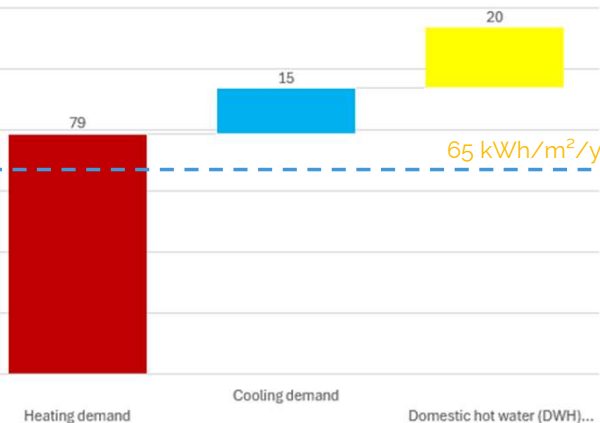
Voici où seront les besoins énergétiques **APRÈS l'EPBD**

*EPBD : Energy Performance of Buildings Directive (Directive 2024/1275 sur la performance énergétique des bâtiments).

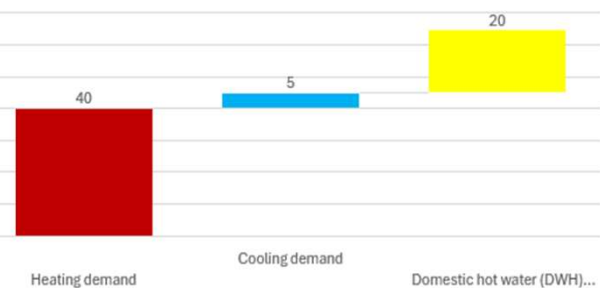
Source : présentation AICVF France June 2025



114 kWh/m²/an



65 kWh/m²/an





Cas d'étude n°2

Simulations école

EPBD – Résoudre le paradoxe QAI/Energie

Exemple : Renovation d'une école dans une zone urbaine



Contexte / objectifs :

La rénovation concerne une école urbaine comprenant :

- 10 salles de classe
- une cantine de 150 m²
- une salle du personnel de 100 m².

=> Consigne de température intérieure : 20 °C

=> Taux d'occupation : 10 h/jour, 5 jours/semaine, fermeture en juillet et août
Températures extérieures : données mensuelles basées sur le climat parisien

L'école est confrontée à des contraintes externes telles que le bruit ambiant, la pollution extérieure et une forte densité d'occupation.

Les objectifs sont de réduire la consommation d'énergie et d'améliorer la qualité de l'air intérieur conformément à l'EPBD européen.

Apport d'air neuf réglementaire par la ventilation (France)

18m³/h/personne dans la classe → 500 m³/h/classe

25m³/h/personne dans la salle du personnel → 500m³/h

3000 m³/h dans la cantine

Total : 8500 m³/h

EPBD – Résoudre le paradoxe QAI/Energie

Exemple : Renovation d'une école dans une zone urbaine

Scenario 1 : Ventilation naturelle seule

Ouverture manuelle des fenêtres en fonction du comportement des occupants et des recommandations saisonnières.

Hypothèses :

Système : ouverture manuelle des fenêtres, sans ventilation mécanique ni filtration

Débit d'air : utilisation intermittente des fenêtres → env. 1 500 m³/h*

Consigne intérieure : 20 °C

Pas de système de refroidissement

* Débit d'air estimé : 0,5 volume/heure en moyenne.

Consommation énergétique due à la Ventilation

Consommation AHU = 0 kWh/an

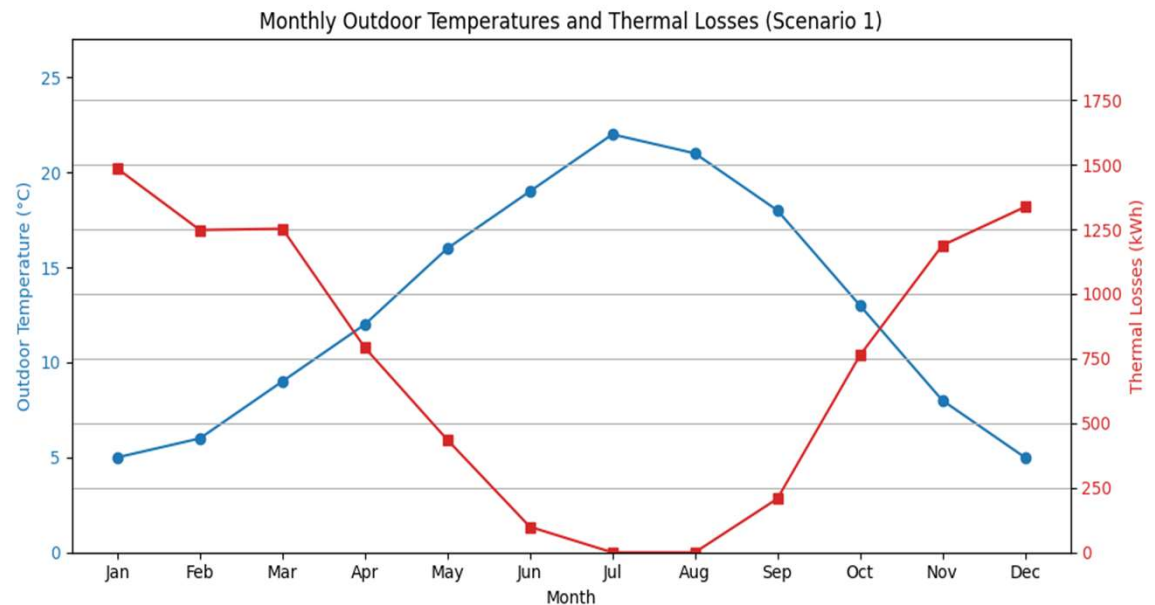
Pertes thermiques = 8 806 kWh/an

Evaluation QAI :

- Niveau de CO₂ : 2/10
- Niveau de COVT : 2/10
- Niveau de PM_{2,5} : 5/10

Confort / IEQ

Les niveaux de QAI sont très faibles, ce qui est très inconfortable. Fortement dépendant du bruit et de la pollution de l'air extérieure.



> 70% des écoles existantes !

Consommation énergétique totale : 8806 kWh /y → 10,4 kWh/m²



Energy



CO₂



VOC



PM

EPBD – Résoudre le paradoxe QAI/Energie

Exemple : Renovation d'une école dans une zone urbaine

Scénario 2 : Centrale simple-flux, débit réglementaire et purification d'air.

Débit d'air à **8 500 m³/h** (constant), centrale simple flux.
13 purificateurs d'air professionnels installés, type AR2 Fellowes HEPA H13 et charbon actif / 1 200 m³/h chacun, 5 V/h.

Hypothèses :

- Consigne intérieure : 20 °C | Moyenne extérieure en hiver : 5 °C
- Régulation horaire (10 hrs/jour, 5 jours/semaine)
- Purification de l'air en mode automatique / silencieux

Consommation énergétique due à la ventilation :

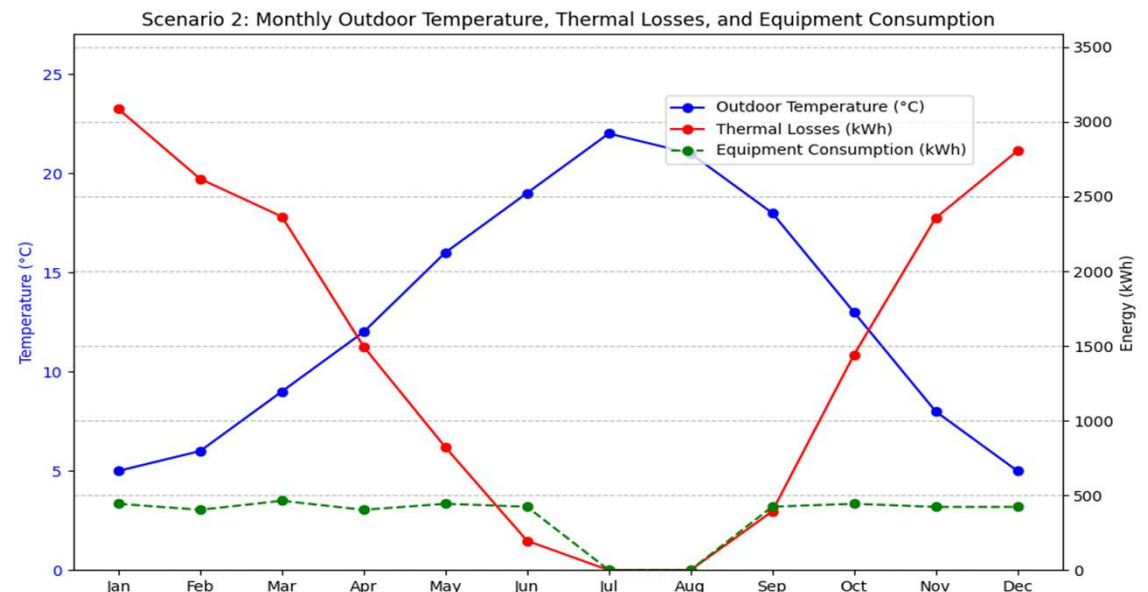
- AHU Énergie cons : 4240 kWh/an
- Consommation purificateurs d'air : 606 kWh/an
- Pertes thermiques : 17 578 kWh/an

Evaluation QAI

- Niveau de CO₂ : 7/10
- TCOV level : 5/10
- Niveau de PM_{2,5} : 9/10

Comfort / IEQ :

QAI correcte. Pas de récupération de chaleur et absence de régulation dynamique impactent négativement le confort thermique. Acoustique OK. Prévention active contre virus et bactéries.



La stratégie « classique » des 80's / 90's

Consommation énergétique totale : 22 424 kWh /y → **26,4 kWh/m²**



Énergie



CO₂



COV



PM

EPBD – Résoudre le paradoxe QAI/Energie

Exemple : Renovation d'une école dans une zone urbaine

Scénario 3 : Centrale double flux, et purification d'air professionnelle

Débit d'air de **8 500 m³/h**, centrale double flux avec échangeur de chaleur. Filtres G4 + F7. Gains isolées. Purificateurs d'air professionnels intégrés 5 V/h avec HEPA H13 et charbon actif.

Hypothèses :

- Consigne intérieure : 20 °C | Moyenne extérieure en hiver : 5 °C
- Efficacité de l'échangeur : 70 %
- Régulation GTB (occupation and AIQ / estimation)
- Régulation horaire (10 hrs/jour, 5 jours/semaine)
- Purification de l'air en mode automatique / silencieux

Consommation énergétique due à la ventilation :

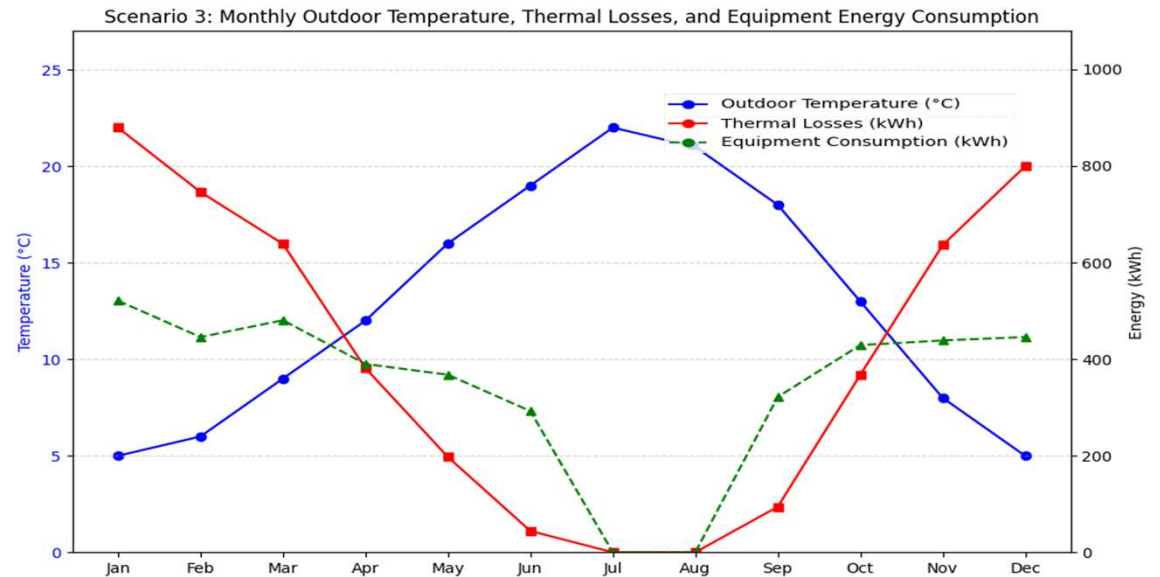
- AHU Énergie cons : 5300 kWh/an
- Consommation purificateurs d'air : 606 kWh/an
- Pertes thermiques : 4 784 kWh/an

Evaluation QAI

- Niveau de CO₂ : 7/10
- TCOV level : 9/10
- Niveau de PM_{2,5} : 9/10

Comfort / IEQ :

Niveau de QAI très bon. Acoustique à concevoir. Confort thermique optimisé grâce à la récupération de chaleur. Prévention active contre virus et bactéries.



La stratégie « Ventilation combinée »

Consommation énergétique totale : 10 690 kWh/an → **12,6 kWh/m²**



Énergie



CO₂



COV



PM

EPBD – Résoudre le paradoxe QAI/Energie

Exemple : Renovation d'une école dans une zone urbaine

Scénario 4 : Centrale double flux, débit d'air doublé

Débit d'air de **17 000 m³/h**, centrale double flux avec échangeur de chaleur. Filtres G4 + F7. Gaines isolées. DCV (ventilation contrôlée par la demande)

Hypothèse :

- Consigne intérieure : 20 °C | Moyenne extérieure en hiver : 5 °C
- Efficacité de l'échangeur : 70 %
- Régulation GTB (occupation and QAI)
- Régulation horaire (10 h/jour, 5 j/semaine)

Consommation énergétique due à la ventilation :

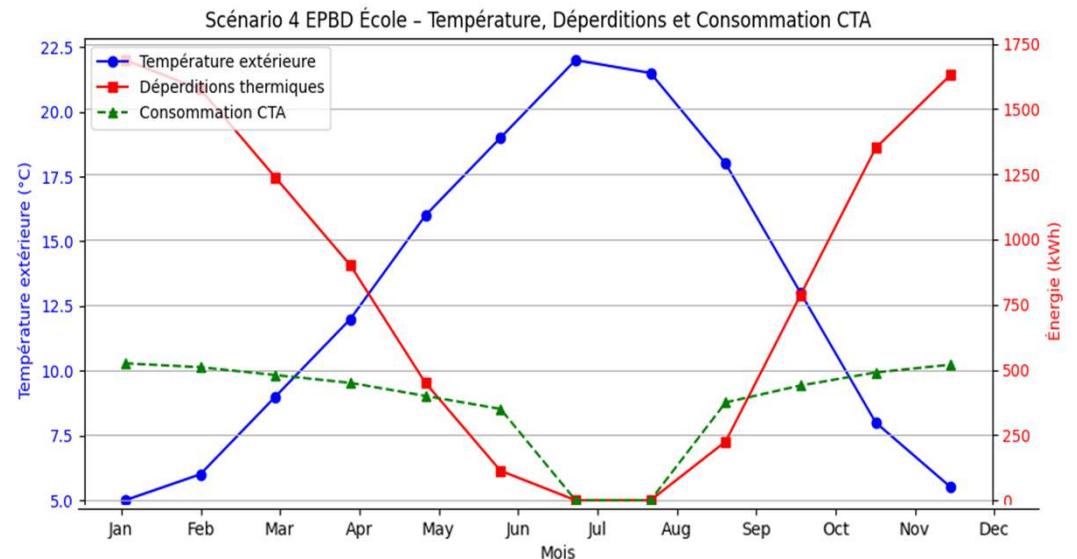
- AHU Énergie cons : 5 982 kWh/an
- Pertes thermiques : 9 568 kWh/an

Evaluation QAI

- Niveau de CO₂ : 9/10
- TCOV level : 7/10
- Niveau de PM_{2,5} : 5/10

Confort / IEQ :

Niveau de QAI très bon. Acoustique à concevoir. Confort thermique optimisé avec récupération de chaleur.



La stratégie de « dilution »

Consommation énergétique totale : 15 550 kWh /y → **18,3 kWh/m²**



Énergie



CO₂























COV



PM

Conclusion

| | | Énergie Performance (kWh) | | Niveau de CO2 prévu | Niveau de COVt prévu | Niveau de PM prévu | Niveau d'investissement estimé |
|------------|--|---------------------------|---|---|---|---|---|
| Scénario 1 | Ventilation Naturelle seule | 8806 |  |  |  |  |  |
| Scénario 2 | Extraction 8500 m3/h + Epuration d'air professionnelle | 22424 |  |  |  |  |  |
| Scénario 3 | Ventilation double-flux 8500 m3/h + échangeur de chaleur + Epuration d'air professionnelle | 10690 |  |  |  |  |  |
| Scénario 4 | Ventilation double-flux 17000 m3/h + échangeur de chaleur | 15550 |  |  |  |  |  |

Le **scénario 3** semble le plus prometteur.

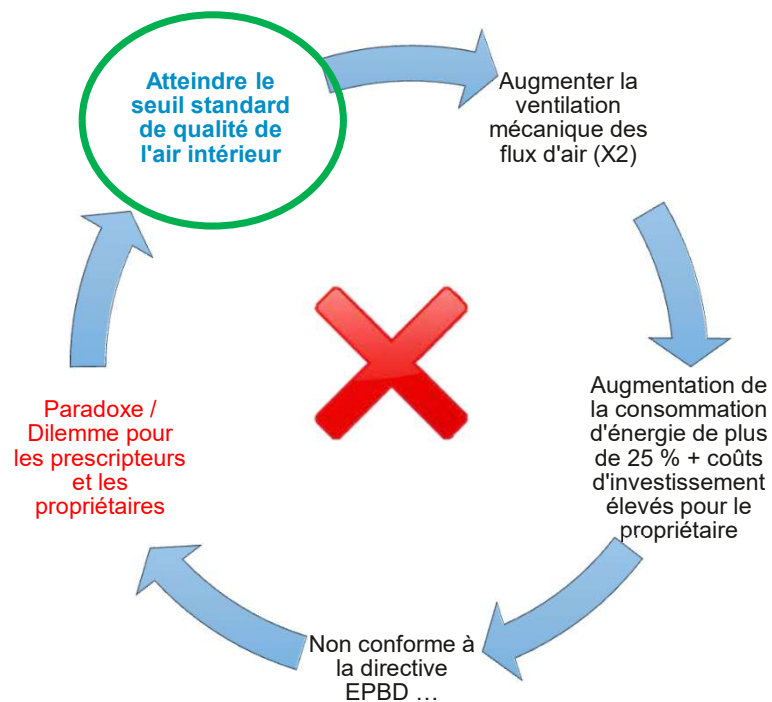
=> La performance énergétique (pertes thermiques et consommation d'énergie) est optimisée.

- Encore plus adapté au nord de Paris.
- Pour le sud de Paris, il doit être complété par des systèmes de refroidissement.

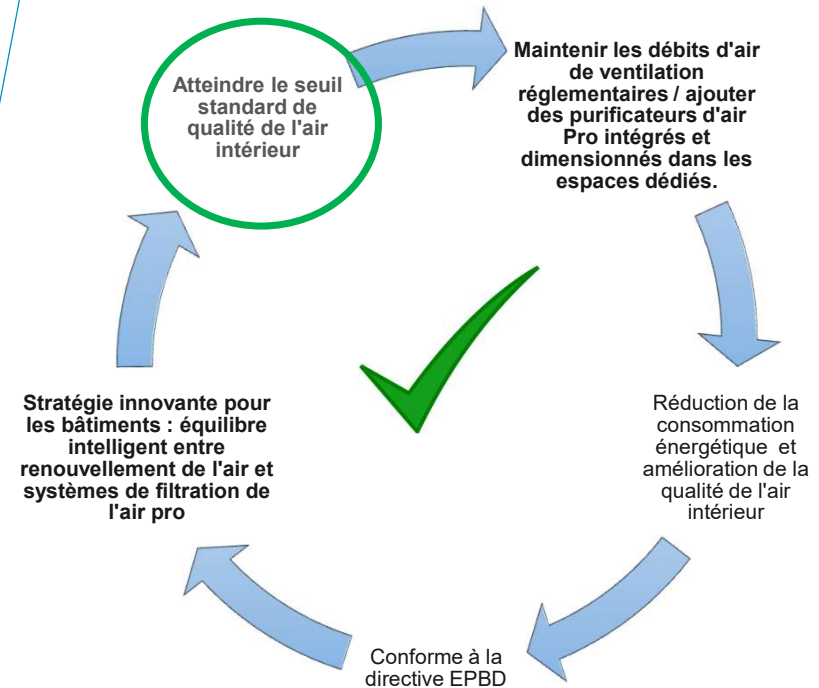
=> Atteint le plus haut niveau de performance QAI (traitement en phase gazeuse + système de purification de l'air par filtration mécanique).

=> Opter pour une « **Ventilation Combinée** », combinant apport d'air neuf et épuration d'air

EPBD – Résoudre le paradoxe QAI/Énergie *en non-résidentiel*



Stratégie de "Surventilation"



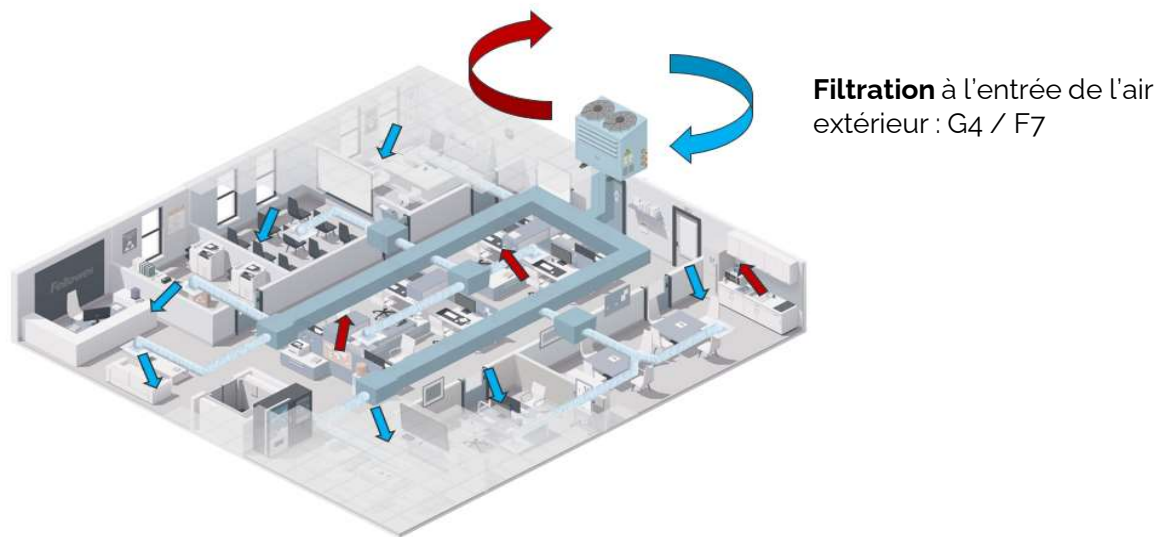
Stratégie de ventilation "Combinée"



La ventilation combinée

Bâtiment non-résidentiel

Ventiler le bâtiment : évidemment



Apporter de l'air neuf et extraire l'air vicié, mécaniquement de manière centralisée ou décentralisée, permet de réguler le taux de CO₂ et l'humidité de l'air.

- **Echangeur de chaleur** sur air extrait
- **Régulation active des débits** en fonction de l'occupation
- Garde-fous : canicules / utilisation air-conditionné

Espaces cibles à traiter :

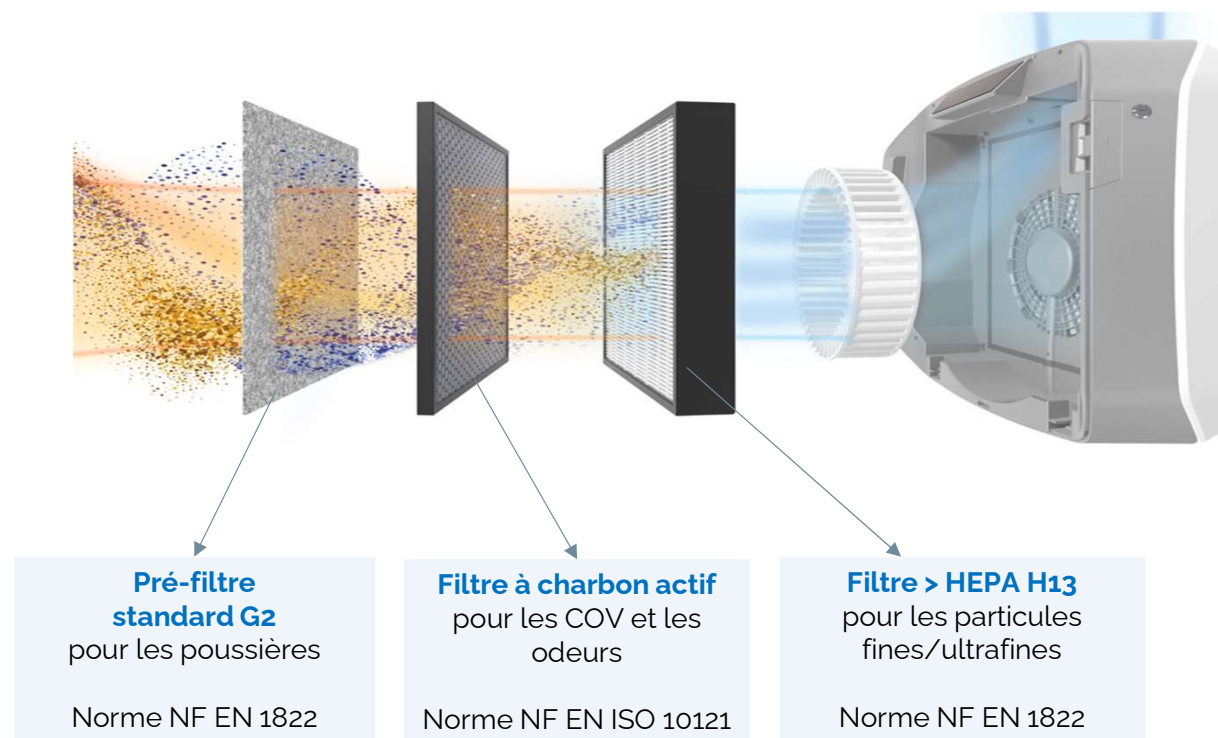
Débits réglementaires d'apport d'air neuf à simplifier :

Référence à la norme EN 16798-1
Catégorie I à IV

En fonction du type d'espace

Ou, en France,
Code du travail & RSDT en référence.

La technologie de multi-filtration



Filtration par piégeage : technologie permettant de capturer les polluants de l'air (COV / Particules fines) et d'avoir une action préventive sur les transmissions de virus aéroportés

→ Garde-fou : positionnement à > 3m de bouche d'extraction CTA

Espaces cibles à traiter :

a/ Code du travail

Les locaux du travail

Article R.4213-2

b/ RSDT

Les locaux principaux

Article 31-1

c/ Espaces ERP

Et plus concrètement :

Espaces de travail : Bureaux partagés, salles de réunions

Espaces d'enseignement Salles de classes

Espaces de restauration Réfectoires et lieux de rassemblement

Espaces d'accueil du public

Espaces de repos et détente

Espaces de soin (ERP-type U)

Ne sont pas concernés :

Circulations, Espaces de services, espaces individuels, locaux techniques,

Dimensionnement Epurateurs d'air Pro

Exemples d'espaces à équiper



Espace de faible densité : $> 10\text{m}^2$ / occupant

Espace où l'occupation humaine est occasionnelle ou espacée

- Utilisation du mode Automatique
- **Dimensionnement : 3 Volumes/heure**

Blocs sanitaires,
Bureau individuel
Chambres d'hôtel
Archives et stockage



Espace de moyenne densité : 5 à 10m^2 / occupant

Espace où l'occupation humaine est régulière avec des utilisateurs assez proches

- Utilisation du mode Silencieux
- **Dimensionnement : 4 Volumes/heure**

Bureaux partagés
Cafétéria et espaces communs
halls d'accueil



Espace de forte densité : $< 5\text{m}^2$ / occupant

Espaces très fréquentés ou regroupant régulièrement un grand nombre de personnes sur des surfaces réduites.

- Utilisation du mode Silencieux
- **Dimensionnement : 5 Volumes/heure**

Cinéma, salles de sport
Salles de réunion
Salles d'attente
Discothèques, boutiques

Unités plafonds : tables de dimensionnement



Espaces de faible densité : 3 Volumes/heure
> 10m² / occupant

| Hauteur sous plafond (m) | Surface de la pièce (m ²) | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 |
|--------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|------|------|------|------|
| 2.5 | Débit d'air minimal recommandé en m ³ /h | 75 | 113 | 150 | 188 | 225 | 263 | 300 | 338 | 375 | 450 | 525 | 600 | 675 | 750 | 825 | 900 |
| 2.6 | | 78 | 117 | 156 | 195 | 234 | 273 | 312 | 351 | 390 | 468 | 546 | 624 | 702 | 780 | 858 | 936 |
| 2.8 | | 84 | 126 | 168 | 210 | 252 | 294 | 336 | 378 | 420 | 504 | 588 | 672 | 756 | 840 | 924 | 1008 |
| 3 | | 90 | 135 | 180 | 225 | 270 | 315 | 360 | 405 | 450 | 540 | 630 | 720 | 810 | 900 | 990 | 1080 |
| 4 | | 120 | 180 | 240 | 300 | 360 | 420 | 480 | 540 | 600 | 720 | 840 | 960 | 1080 | 1200 | 1320 | 1440 |
| 4m à 6m | | 180 | 270 | 360 | 450 | 540 | 630 | 720 | 810 | 900 | 1080 | | | | | | |

AR1



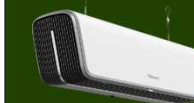
AR2



Espaces de moyenne densité : 4 Volumes/heure
5 à 10m² / occupant

| Hauteur sous plafond (m) | Surface de la pièce (m ²) | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 |
|--------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|
| 2.5 | Débit d'air minimal recommandé en m ³ /h | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1100 | 1200 |
| 2.6 | | 104 | 156 | 208 | 260 | 312 | 364 | 416 | 468 | 520 | 624 | 728 | 832 | 936 | 1040 | 1144 | 1248 |
| 2.8 | | 112 | 168 | 224 | 280 | 336 | 392 | 448 | 504 | 560 | 672 | 784 | 896 | 1008 | 1120 | 1232 | 1344 |
| 3 | | 120 | 180 | 240 | 300 | 360 | 420 | 480 | 540 | 600 | 720 | 840 | 960 | 1080 | 1200 | 1320 | 1440 |
| 4 | | 160 | 240 | 320 | 400 | 480 | 560 | 640 | 720 | 800 | 960 | 1120 | 1280 | 1440 | 1600 | 1760 | 1920 |
| 4m à 6m | | 240 | 360 | 480 | 600 | 720 | 840 | 960 | 1080 | 1200 | | | | | | | |

AC2



Espaces de forte densité : 5 Volumes/heure
< 5m² / occupant

| Hauteur sous plafond (m) | Surface de la pièce (m ²) | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 |
|--------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2.5 | Débit d'air minimal recommandé en m ³ /h | 125 | 188 | 250 | 313 | 375 | 438 | 500 | 563 | 625 | 750 | 875 | 1000 | 1125 | 1250 | 1375 | 1500 |
| 2.6 | | 130 | 195 | 260 | 325 | 390 | 455 | 520 | 585 | 650 | 780 | 910 | 1040 | 1170 | 1300 | 1430 | 1560 |
| 2.8 | | 140 | 210 | 280 | 350 | 420 | 490 | 560 | 630 | 700 | 840 | 980 | 1120 | 1260 | 1400 | 1540 | 1680 |
| 3 | | 150 | 225 | 300 | 375 | 450 | 525 | 600 | 675 | 750 | 900 | 1050 | 1200 | 1350 | 1500 | 1650 | 1800 |
| 4 | | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1200 | 1400 | 1600 | 1800 | 2000 | 2200 | 2400 |
| 4m à 6m | | 300 | 450 | 600 | 750 | 900 | 1050 | 1200 | | | | | | | | | |

| | |
|-------|------|
| AR1 | 491 |
| AR2 | 1021 |
| AC2 | 1204 |
| Combo | |

Fellowes

Unités murales : tables de dimensionnement



Espaces de faible densité : 3 Volumes/heure
> 10m² / occupant

| Hauteur sous plafond (m) | Surface de la pièce (m ²) | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|--------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| 2.5 | Débit d'air minimal recommandé en m ³ /h | 75 | 113 | 150 | 188 | 225 | 263 | 300 | 338 | 375 | 450 | 525 | 600 | 675 | 750 |
| 2.6 | | 78 | 117 | 156 | 195 | 234 | 273 | 312 | 351 | 390 | 468 | 546 | 624 | 702 | 780 |
| 2.8 | | 84 | 126 | 168 | 210 | 252 | 294 | 336 | 378 | 420 | 504 | 588 | 672 | 756 | 840 |
| 3 | | 90 | 135 | 180 | 225 | 270 | 315 | 360 | 405 | 450 | 540 | 630 | 720 | 810 | 900 |
| 4 | | 120 | 180 | 240 | 300 | 360 | 420 | 480 | 540 | 600 | 720 | 840 | 960 | 1080 | 1200 |



Espaces de moyenne densité : 4 Volumes/heure
5 à 10m² / occupant

| Hauteur sous plafond (m) | Surface de la pièce (m ²) | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|--------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| 2.5 | Débit d'air minimal recommandé en m ³ /h | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
| 2.6 | | 104 | 156 | 208 | 260 | 312 | 364 | 416 | 468 | 520 | 624 | 728 | 832 | 936 | 1040 |
| 2.8 | | 112 | 168 | 224 | 280 | 336 | 392 | 448 | 504 | 560 | 672 | 784 | 896 | 1008 | 1120 |
| 3 | | 120 | 180 | 240 | 300 | 360 | 420 | 480 | 540 | 600 | 720 | 840 | 960 | 1080 | 1200 |
| 4 | | 160 | 240 | 320 | 400 | 480 | 560 | 640 | 720 | 800 | 960 | 1120 | 1280 | 1440 | 1600 |



Espaces de forte densité : 5 Volumes/heure
< 5m² / occupant

| Hauteur sous plafond (m) | Surface de la pièce (m ²) | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|--------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
| 2.5 | Débit d'air minimal recommandé en m ³ /h | 125 | 188 | 250 | 313 | 375 | 438 | 500 | 563 | 625 | 750 | 875 | 1000 | 1125 | 1250 |
| 2.6 | | 130 | 195 | 260 | 325 | 390 | 455 | 520 | 585 | 650 | 780 | 910 | 1040 | 1170 | 1300 |
| 2.8 | | 140 | 210 | 280 | 350 | 420 | 490 | 560 | 630 | 700 | 840 | 980 | 1120 | 1260 | 1400 |
| 3 | | 150 | 225 | 300 | 375 | 450 | 525 | 600 | 675 | 750 | 900 | 1050 | 1200 | 1350 | 1500 |
| 4 | | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1200 | 1400 | 1600 | 1800 | 2000 |



| | |
|-------|-----|
| AM2 | 144 |
| AW1 | 436 |
| AW2 | 742 |
| Combo | |

**Avez-vous des
questions ?**