



Rhône-Alpes Région

BATIMENTS BBC NEUFS OU RENOVES



VENTILATION DOUBLE-FLUX DANS LES BUREAUX

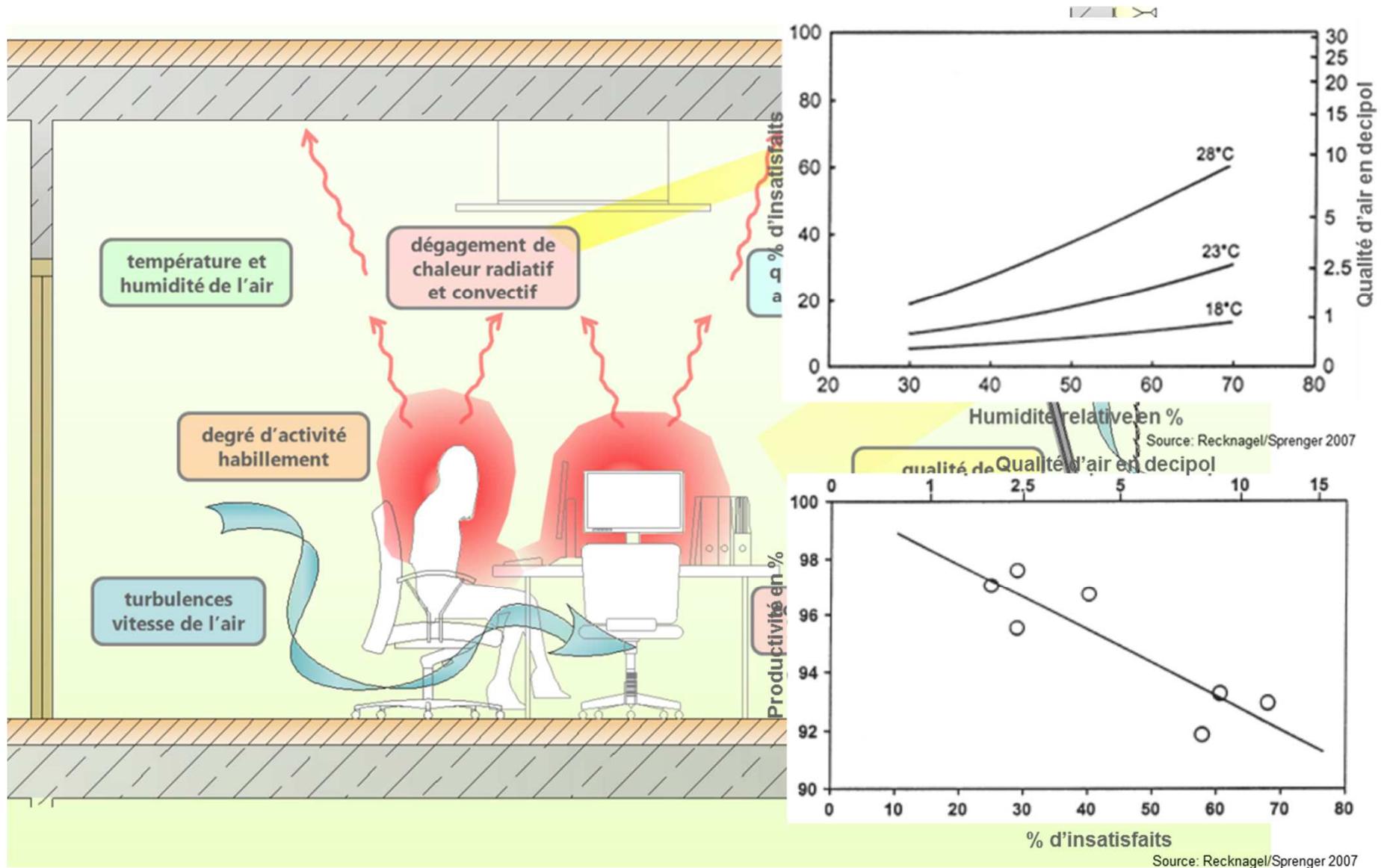
Qualité d'air, efficacité énergétique, optimisation

*Ulrich ROCHARD
19 février 2013
Lyon*



QUALITÉ D'AIR INTÉRIEUR

QAI – santé – bien-être – confort – satisfaction – productivité



QUALITÉ D'AIR INTÉRIEUR

NF EN 13779 (Juillet 2007) Ventilation des bâtiments non résidentiels

4 catégories de qualité d'air intérieur

Tableau 5 — Classification de base de la qualité de l'air intérieur (INT)

| Catégorie | Description |
|-----------|------------------------------------|
| INT 1 | Qualité d'air intérieur excellente |
| INT 2 | Qualité d'air intérieur moyenne |
| INT 3 | Qualité d'air intérieur modérée |
| INT 4 | Qualité d'air intérieur basse |

Tableau A.10 — Niveaux de CO₂ dans les pièces

| Catégorie | Niveau de CO ₂ au dessus du niveau de l'air neuf en ppm | |
|-----------|--|-------------------|
| | Plage type | Valeur par défaut |
| INT 1 | ≤ 400 | 350 |
| INT 2 | 400 — 600 | 500 |
| INT 3 | 600 — 1 000 | 800 |
| INT 4 | > 1 000 | 1 200 |

Les 4 catégories d'air intérieur peuvent être quantifiées par 4 méthodes :

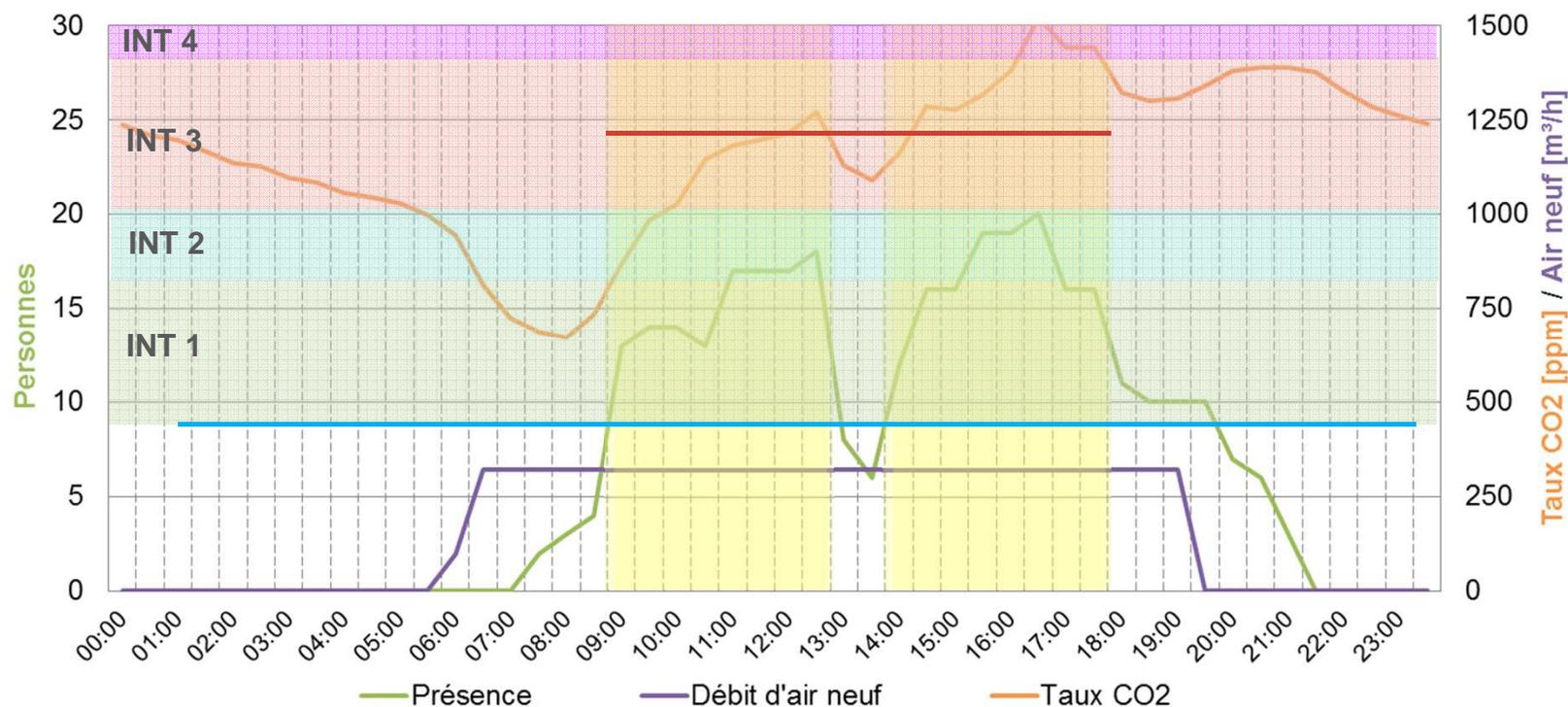
- Classification indirecte par taux d'air neuf par personne
- Classification indirecte par taux d'air neuf par surface au sol
- Classification par niveaux de CO₂
- Classification par niveaux de concentration de polluants spécifiques

Si les émissions sont liées essentiellement à la présence de personnes

QUALITÉ D'AIR INTÉRIEUR

Débits de ventilation et taux de CO₂

Plateau bureaux Marcadet, faible débit



Moyennes 9h-13h et 14h-18h :

Taux CO₂ air extérieur : 417 ppm

Taux CO₂ air intérieur: 1231 ppm

Débit d'air neuf : 320 m³/h

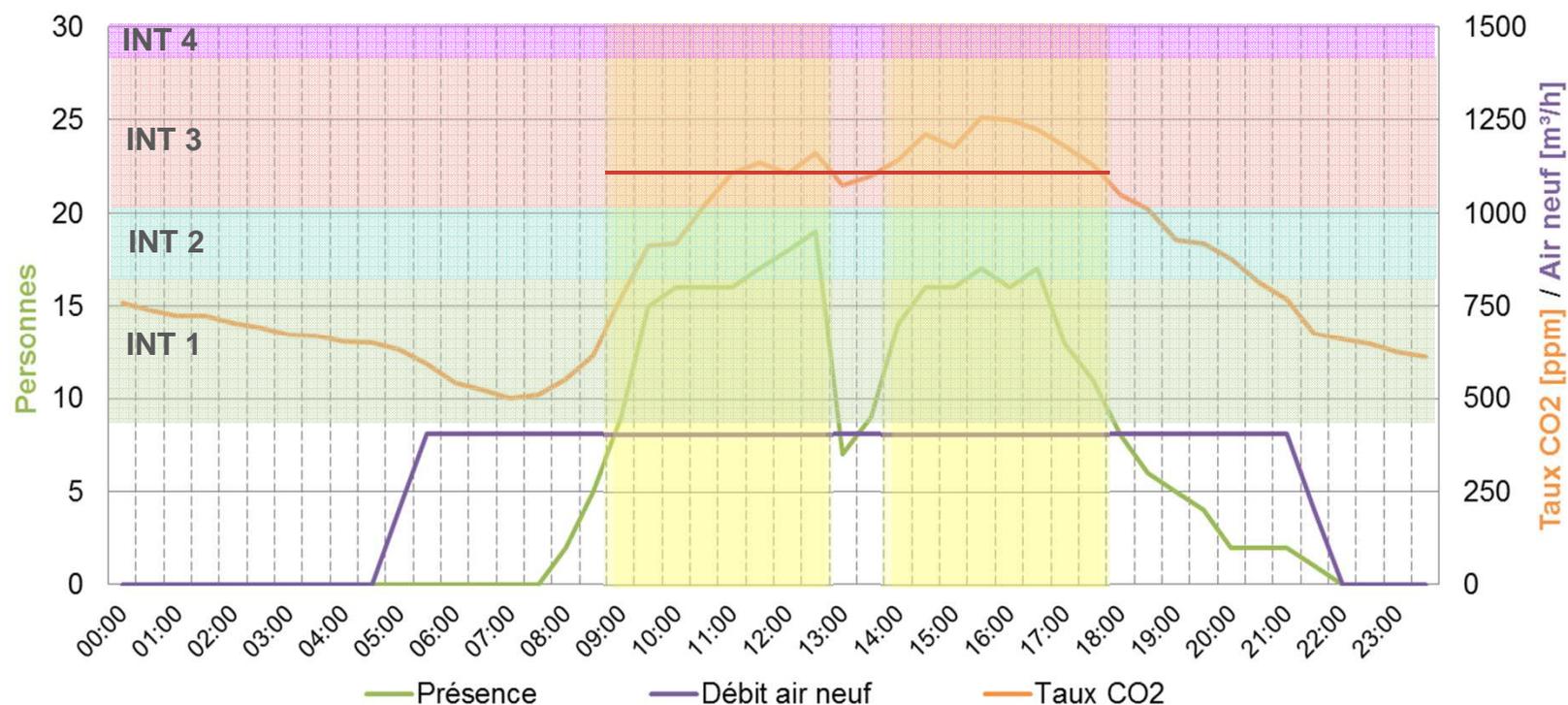
Personnes présentes : 12,3

Débit spécifique : 20 m³/(h.pers)

QUALITÉ D'AIR INTÉRIEUR

Débits de ventilation et taux de CO₂

Plateau bureaux Marcadet, débit moyen



Moyennes 9h-13h et 14h-18h :

Taux CO₂ air extérieur : 407 ppm

Taux CO₂ air intérieur: 1088 ppm

Débit d'air neuf : 405 m³/h

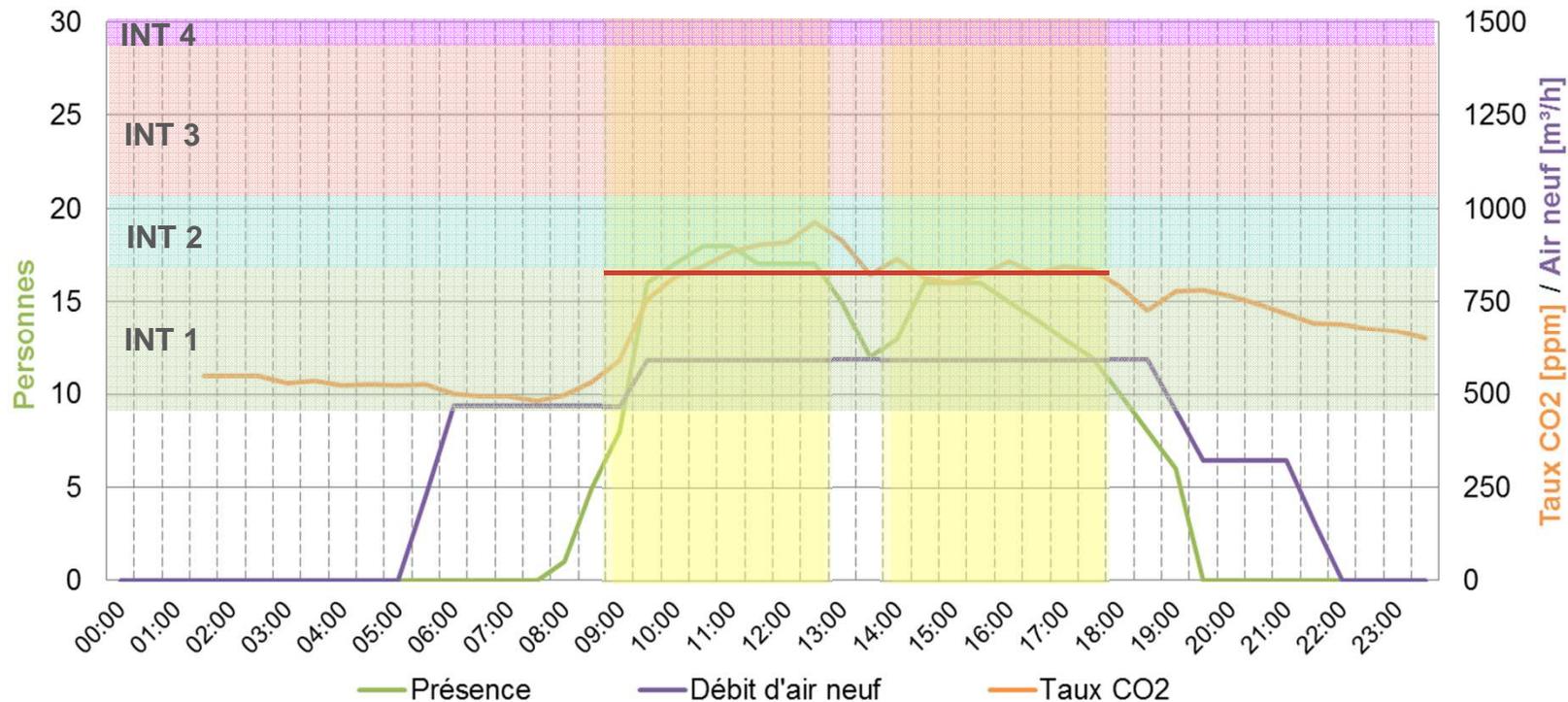
Personnes présentes : 15,0

Débit spécifique : 27 m³/(h.pers)

QUALITÉ D'AIR INTÉRIEUR

Débits de ventilation et taux de CO₂

Plateau bureaux Marcadet, débit élevé



Moyennes 9h-13h et 14h-18h :

| | |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| Taux CO ₂ air extérieur : | 450 ppm |
| Taux CO ₂ air intérieur: | 807 ppm |
| Débit d'air neuf : | 577 m ³ /h |
| Personnes présentes : | 14,4 |
| Débit spécifique : | 40 m ³ /(h.pers) |

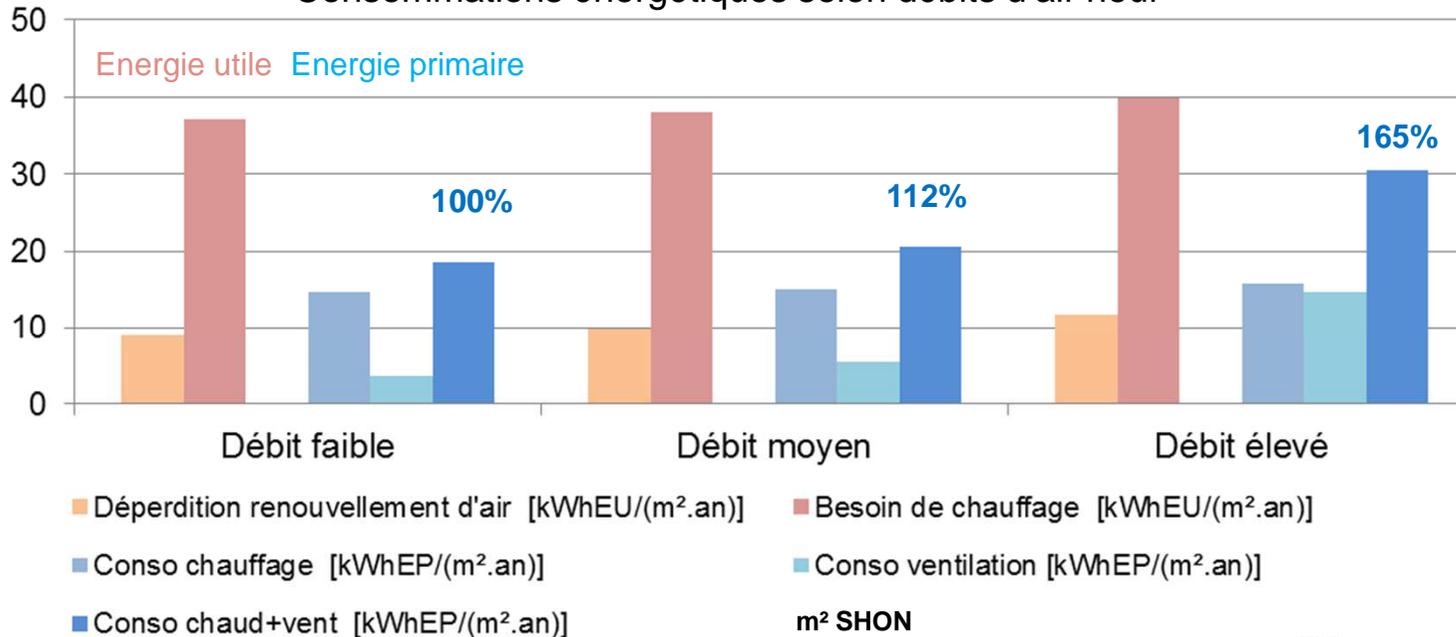
Rappel : L'article R232-5-3 du code du travail du 01/05/2008 impose un débit minimal de 25 m²/(h.pers) pour les bureaux.

Pour une bonne QAI, il en faut 30 à 40 m²/(h.pers)

QUALITÉ D'AIR INTÉRIEUR

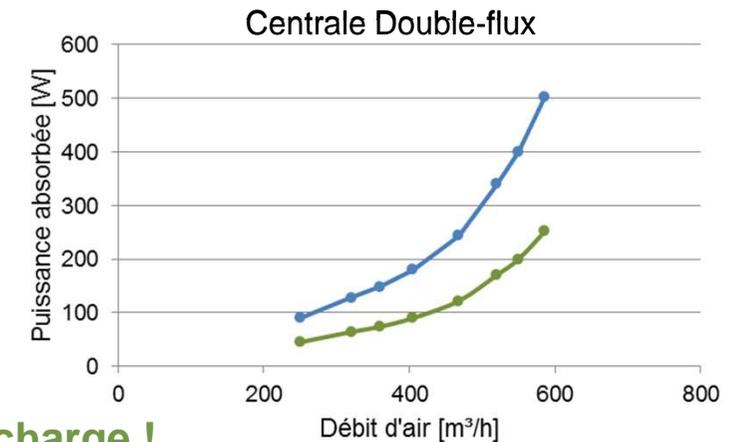
Le coût énergétique de la QAI

Consommations énergétiques selon débits d'air neuf



- Faible impact sur la consommation de chauffage (temps de fonctionnement)
- Fort impact sur les consommations de ventilation (avec réseau de gaine identique)

Concevoir et mettre en œuvre un réseaux à faibles pertes de charge !



CONSOMMATIONS BUREAUX RÉHABILITÉS EN BBC

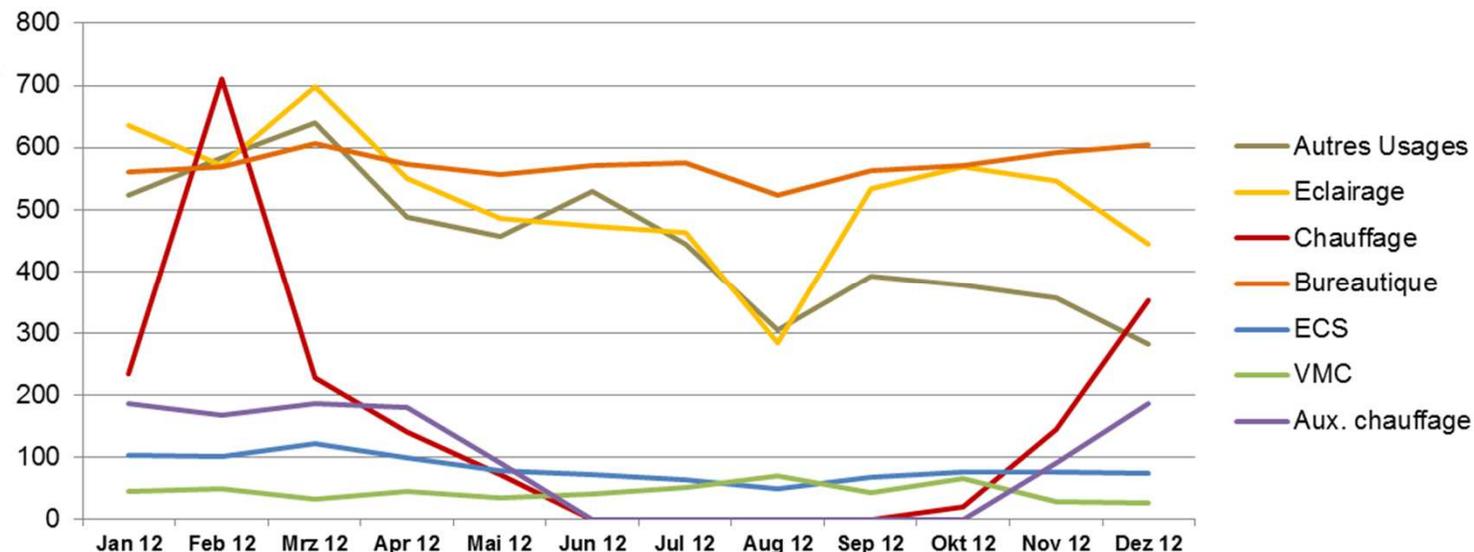
Consommation d'électricité pour la ventilation double-flux

Exemple Bureaux Marcadet

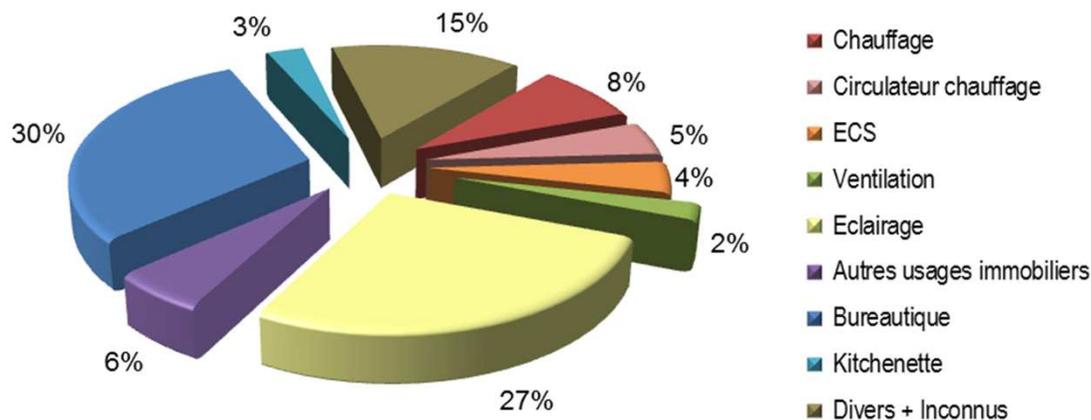
En moyenne en 2012:
320 m³/h, 4160 h/an
environ 0,40 Wh/m³

532 kWh/an

Auxiliaires ventilation :
3,7 kWh_{EP}/(m²_{SHON}.an)



Répartitions des consommations par usage en 2012



| Consommations mesurées | kWh _{EP} /m ² _{SHON} |
|-------------------------|---|
| Chauffage | 13,4 |
| Refroidissement | 0,0 |
| Eclairage | 44,0 |
| Auxiliaires chauffage | 7,7 |
| Auxiliaires ventilation | 3,7 |
| Total | 68,8 |

OPTIMISATION

Étanchéité des réseaux aérauliques

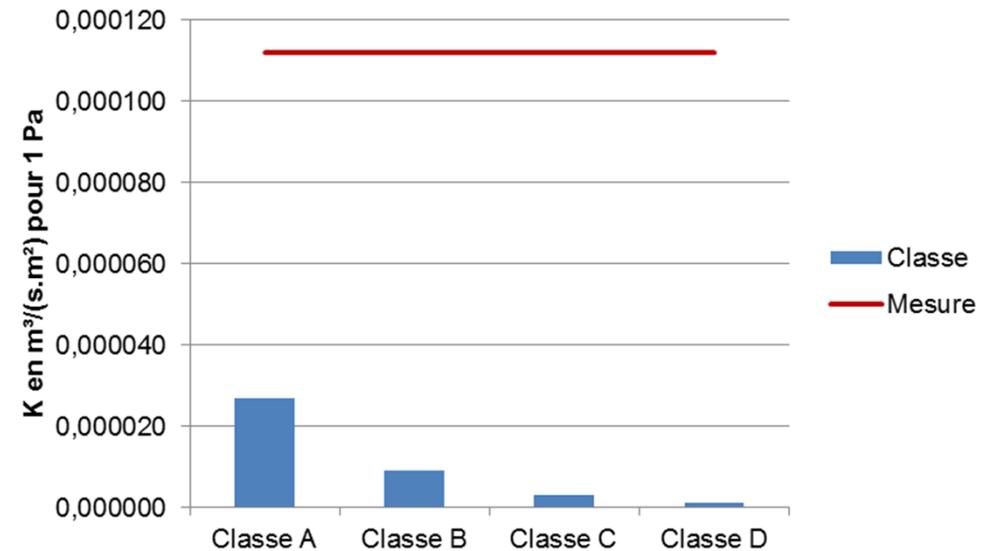
NF EN 12237

Étanchéité à l'air des réseaux aérauliques

| classe d'étanchéité à l'air | Limite d'étanchéité à l'air K_{\max} $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ ramené à 1 Pa |
|-----------------------------|--|
| A | 0,0000270 |
| B | 0,0000090 |
| C | 0,0000030 |
| D | 0,0000010 |



Mesures sur un bâtiment tertiaire existant



4 fois plus de fuites que pour la classe A !
Label Effinergie+ exige classe B

Les solutions existent, mais il faut les mettre en œuvre

OPTIMISATION

Efficacité de ventilation selon type de diffusion d'air

Efficacité de ventilation :

$$\varepsilon_V = \frac{C_{ETA} - C_{SUP}}{C_{IDA} - C_{SUP}}$$

avec

C_{ETA} : concentration contamination dans l'air extrait

C_{SUP} : concentration contamination dans l'air neuf

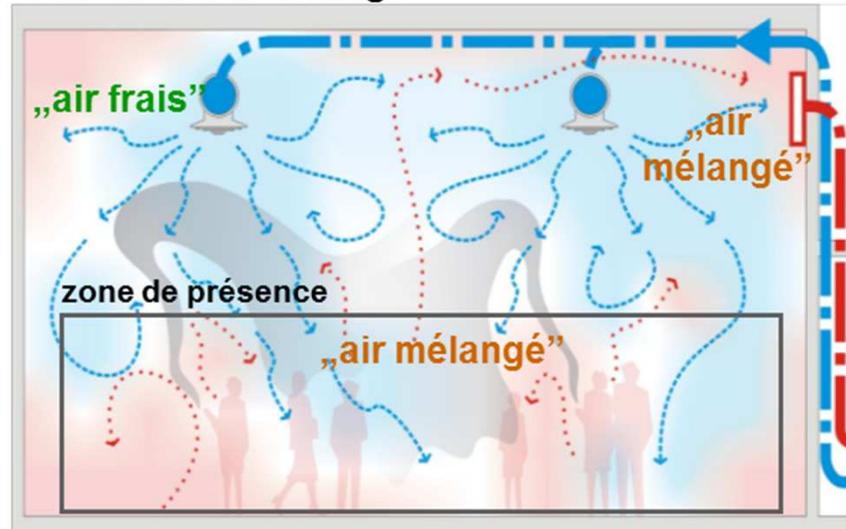
C_{IDA} : concentration contamination dans la zone de présence

Avec température de soufflage < température du local :

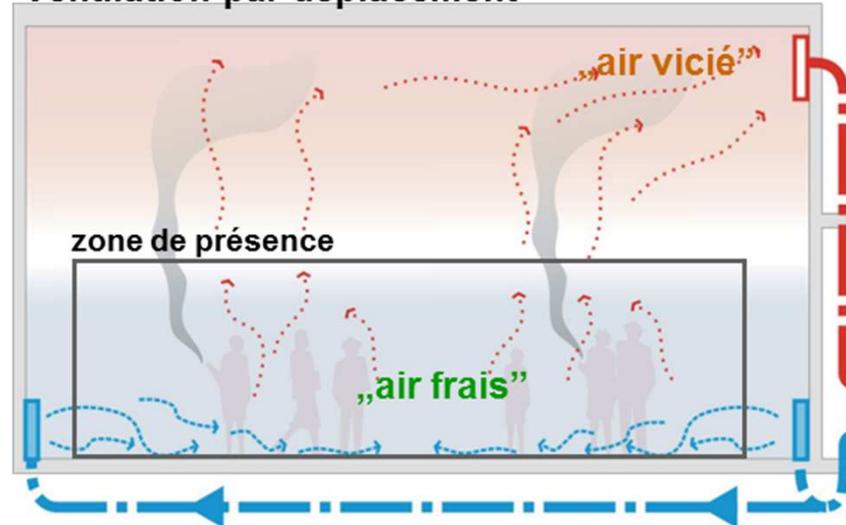
Ventilation de mixage: $\varepsilon_V = 0,7 - 1,1$

Ventilation par déplacement: $\varepsilon_V = 1,2 - 1,4$

Ventilation de mixage

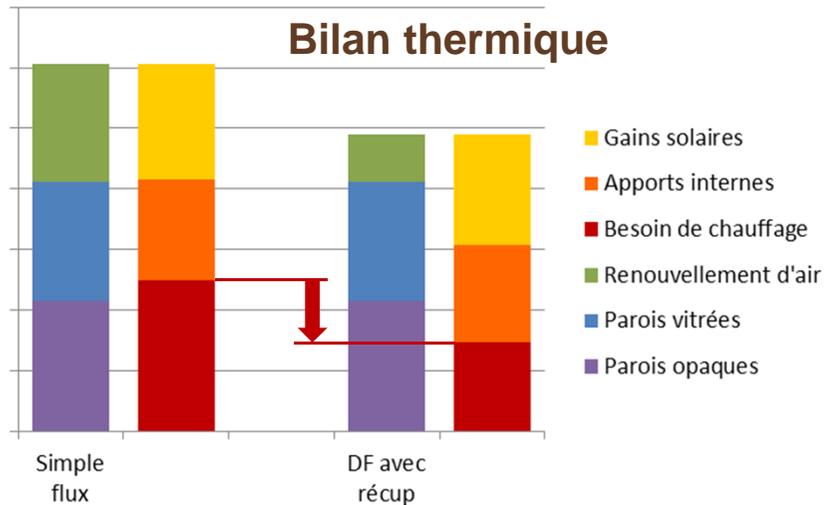


Ventilation par déplacement



RÉCUPÉRATION DE CHALEUR AVEC LA VENTILATION DOUBLE-FLUX

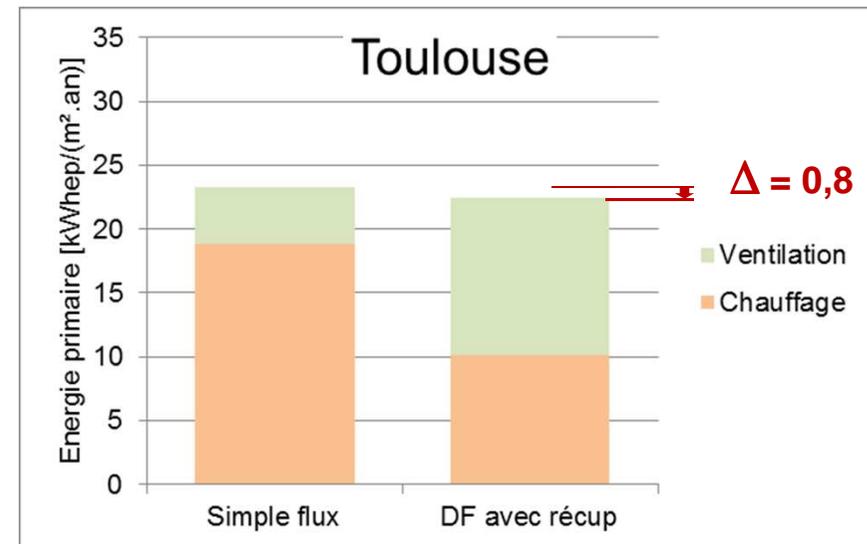
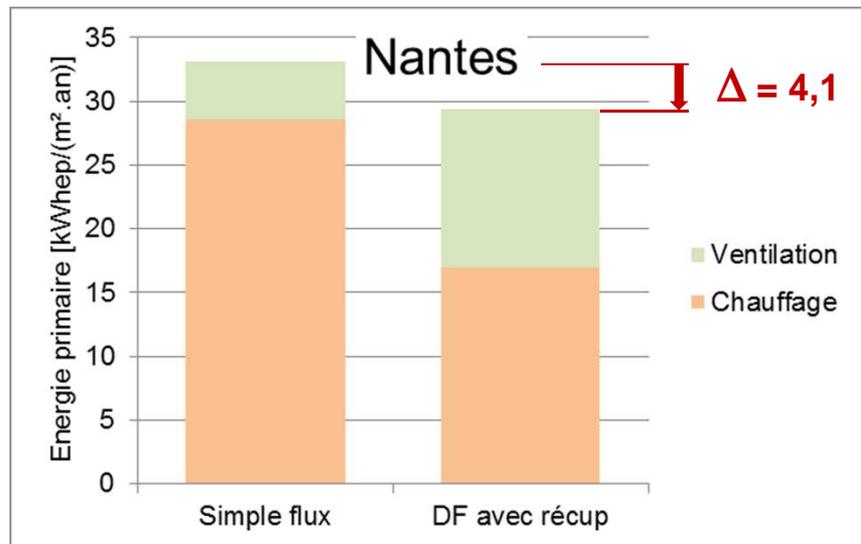
Comparaison avec ventilation simple flux



SF ou DF : du cas par cas en prenant en compte plus de critères

| | SF | DF |
|-------------------------|----|----|
| Investissement | + | - |
| Coûts maintenance | + | - |
| Qualité d'air intérieur | - | + |
| Confort thermique | - | + |

Bilan énergie primaire DF : $\eta = 75\%$ / $P_{\text{spec}} = 0,60 \text{ Wh/m}^3$



RÉCUPÉRATION DE CHALEUR AVEC LA VENTILATION DOUBLE-FLUX

Taux de récupération de chaleur

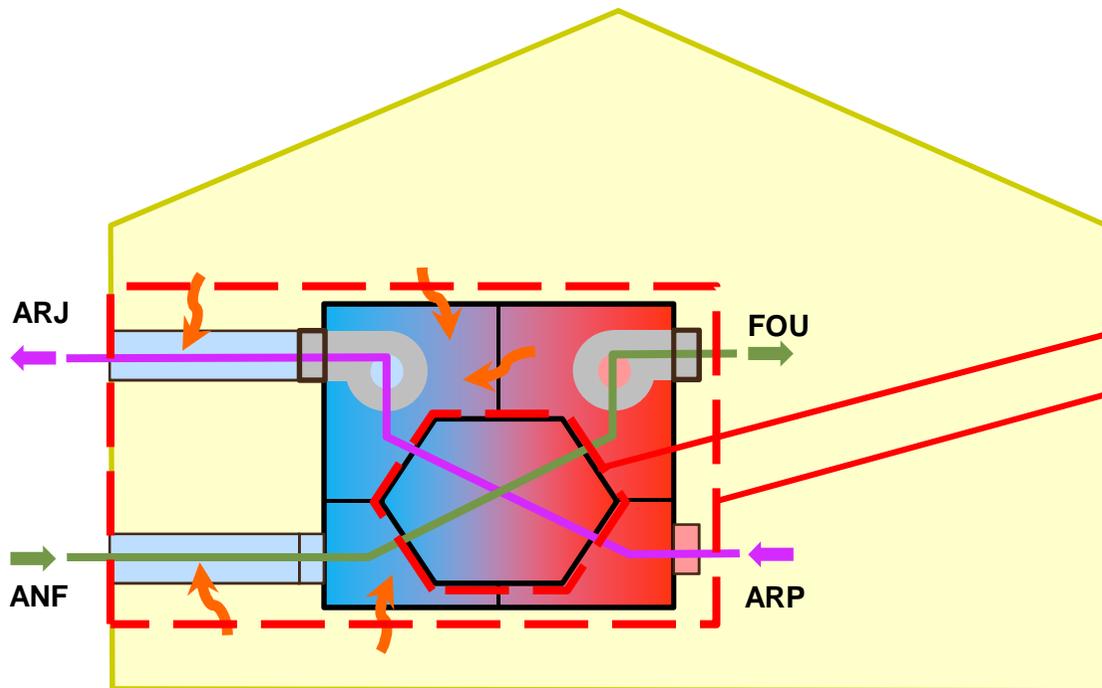
Echangeurs thermiques pour double-flux :

Habituellement utilisés : $\eta_{\text{them}} = 40 \text{ à } 70\%$

Aujourd'hui disponibles : $\eta_{\text{them}} = 75 \text{ à } 94\%$

Attention !

Le taux de récupération réel dépend de la conception et de la mise en œuvre et se fait à partir du bilan système



Exemple Bureaux Marcadet :

Rendement échangeur déclaré : 85%

Rendement effectif mesuré* : 74%

$\Delta = -11$ points

* Mesures de températures et calcul selon équation suivante :

P_{ej} : Puissance absorbée des 2 ventilateurs
 m : Flux d'air

$$\eta_{\text{récup}} = \frac{t_{\text{ARP}} - t_{\text{ARJ}} + \frac{P_{\text{ej}}}{\dot{m} \cdot c_p}}{t_{\text{ARP}} - t_{\text{ANF}}}$$

OPTIMISATION

Réduction des pertes de charges dans le réseau aéraulique

- Dimensionnement de la CTA
- Compacité du réseau
- Dimensionnement des gaines
- Optimisation des changements de directions, bifurcations etc.
- Eléments dans le réseau (filtres, batteries, clapets...)
- Bouches de soufflage ou de reprise
- Prise d'air neuf / rejet d'air

Cibler $P_{\text{élec,spec}} < 0,60 \text{ Wh/m}^3$ pour système double-flux



...et on peut faire mieux :

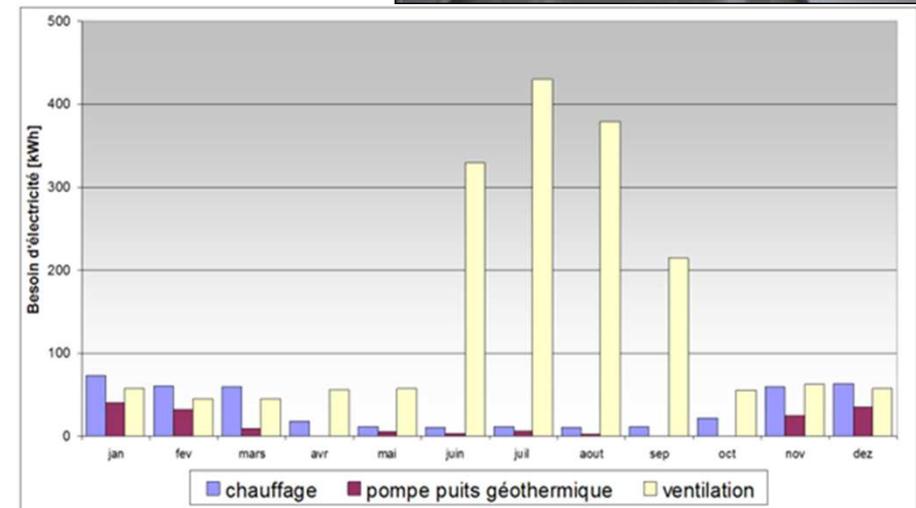
838 m² de bureaux avec centrale double-flux :

Ventilation hiver : 1000 m³/h 0,15 Wh/m³

Ventilation été : 2000 m³/h 0,20 Wh/m³

Surventilation nocturne : 4000 m³/h 0,50 Wh/m³

Consommation annuelle : 5,50 kWh_{EP}/(m²_{SU}.an)



OPTIMISATION

Impact de la régulation sur les consommations

Exemple :

Débit max : 4900 m³/h à 1000 Pa

Rendement : 68%

Puissance absorbée : 2,1 kW

Puissance spécifique : 0,43 Wh/m³

Débit min : 3000 m³/h

Pression : 1400 Pa

Rendement : 64%

Puissance absorbée : 1,8 kW

Puissance spécifique : **0,60 Wh/m³**

Pression : 1000 Pa

Rendement : 67%

Puissance absorbée : 1,25 kW

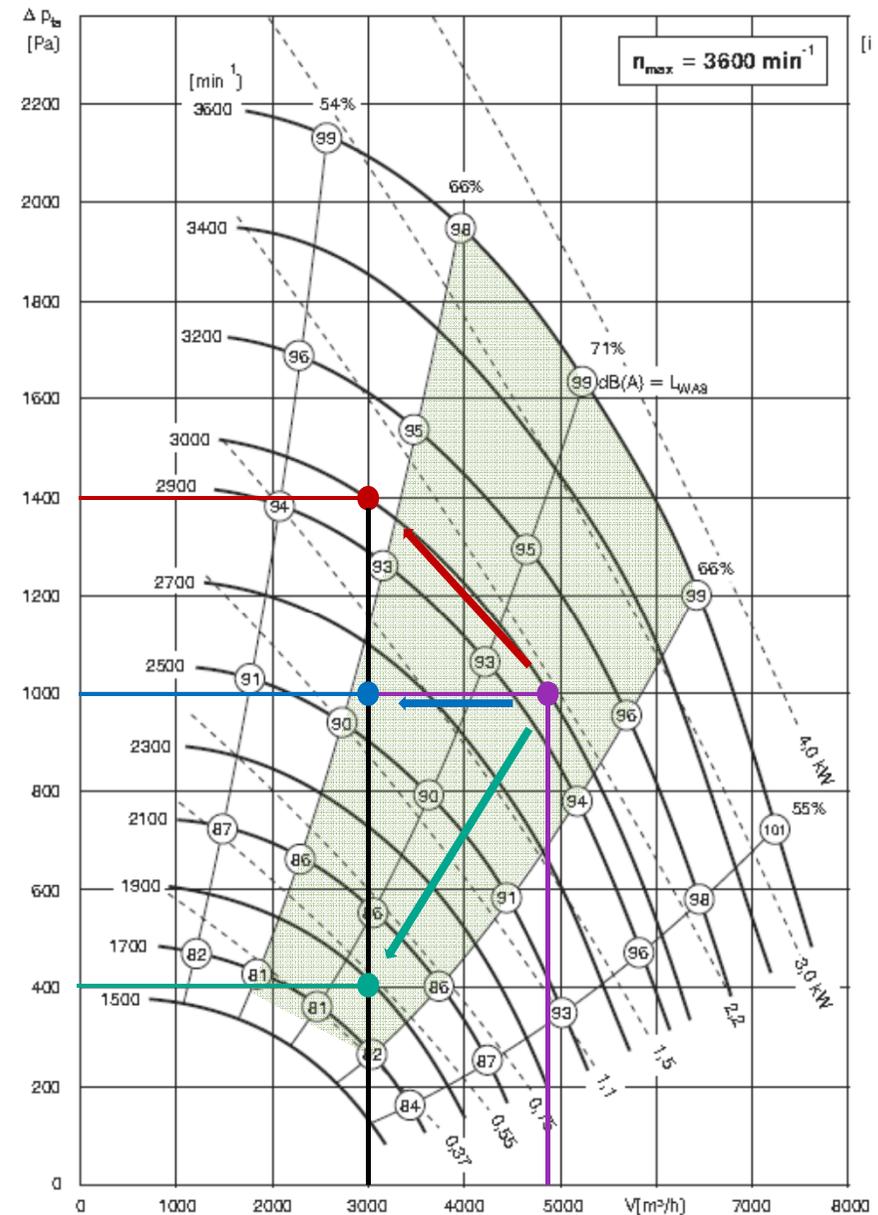
Puissance spécifique : **0,42 Wh/m³**

Pression : 400 Pa

Rendement : 69%

Puissance absorbée : 0,54 kW

Puissance spécifique : **0,18 Wh/m³**





Merci de votre attention !