



Séminaire énergie

Comprendre et améliorer une installation de ventilation d'un immeuble tertiaire

9 mai 2014



Facilitateur URE non-marchand
de Wallonie

Ventilation et qualité d'air dans les écoles !



J. Claessens
Architecture et Climat – UCL

jacques.claessens@uclouvain.be



Voici le résultat d'une campagne de mesures réalisée dans 5 écoles :

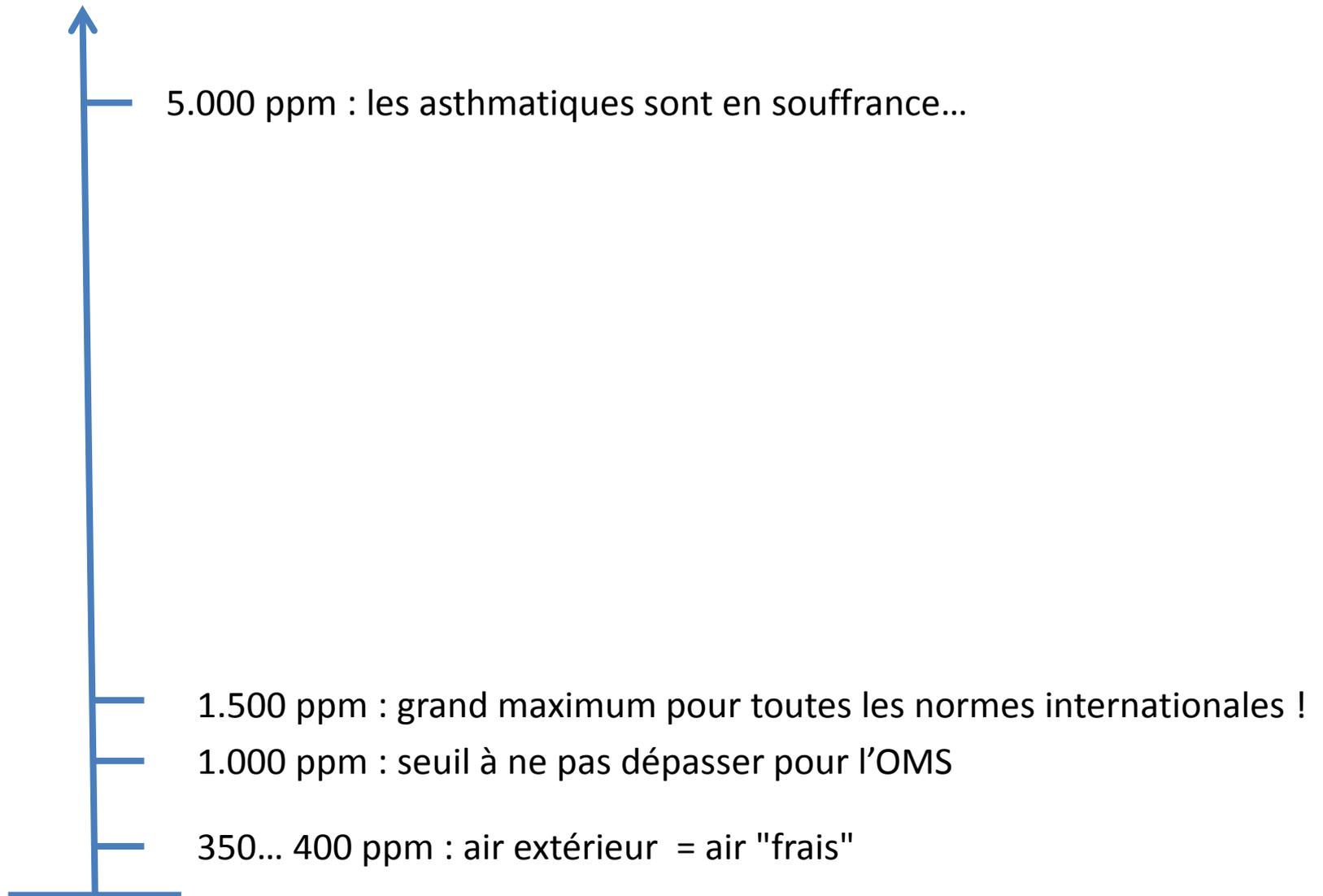
Nous avons demandé à 5 institutrices
d'appliquer diverses stratégies de ventilation,
pour juger de leur efficacité...

Indicateur de la qualité d'air : le taux de CO₂

Unité de mesure de la concentration :

le millionième, encore appelé ppm (part par million).

Exemple : 0,5% de CO₂ = 0,005 = 0,005 000 = 5.000 millionième = 5.000 ppm



**Classes spacieuses,
de hauteur sous plafond variable :**



Les-Bons-Villers

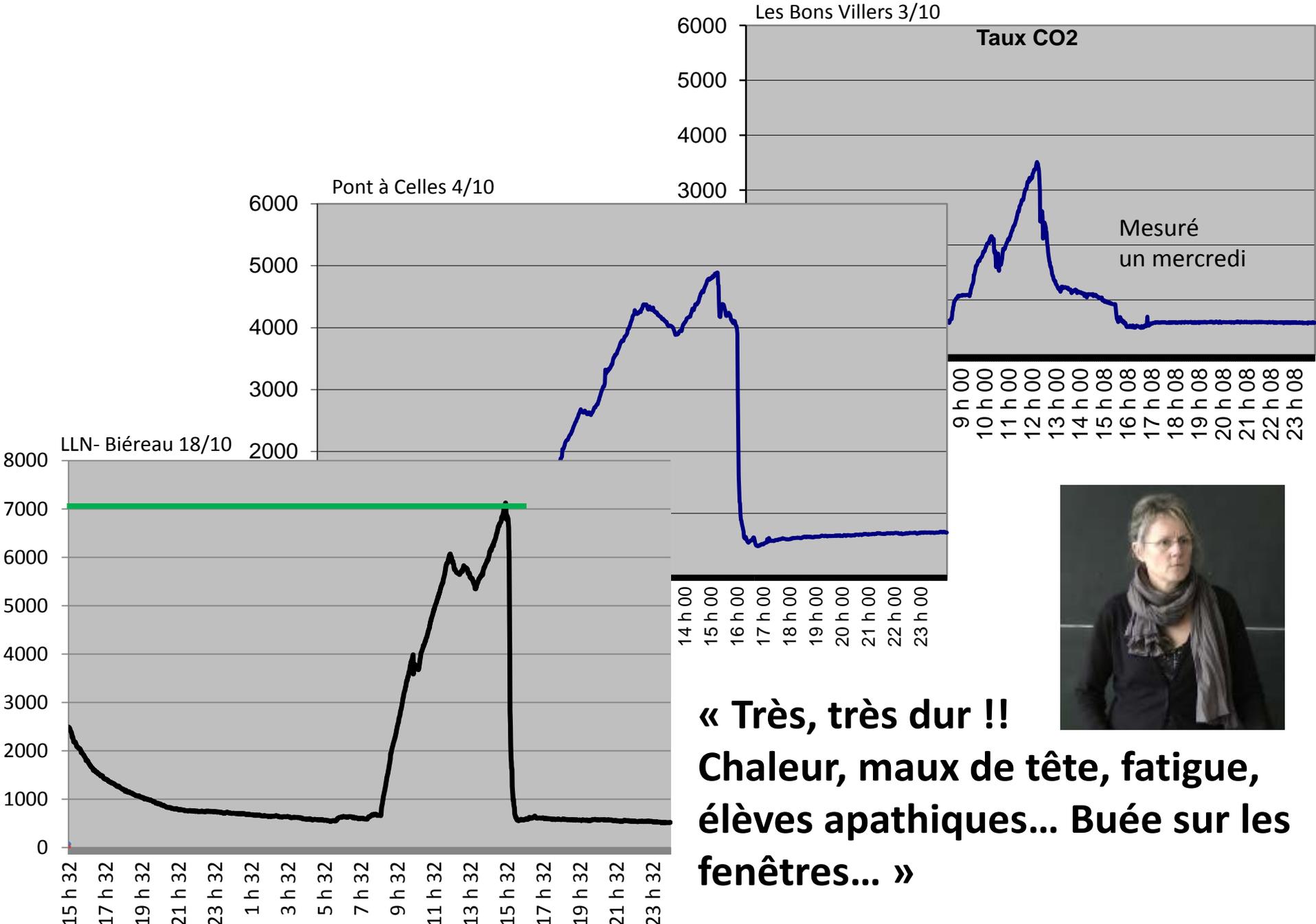


Pont-à-Celles



Lasne

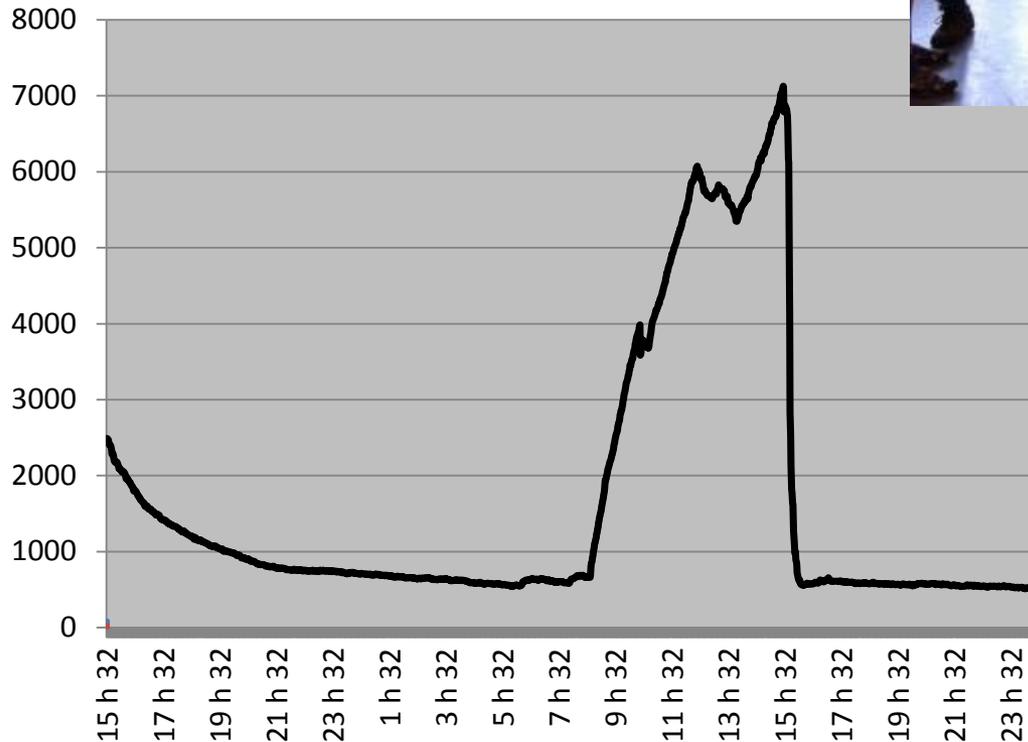
Situation de départ : fermer portes et fenêtres toute la journée.



« Très, très dur !!
Chaleur, maux de tête, fatigue,
élèves apathiques... Buée sur les
fenêtres... »



Analyse de cette dernière situation :



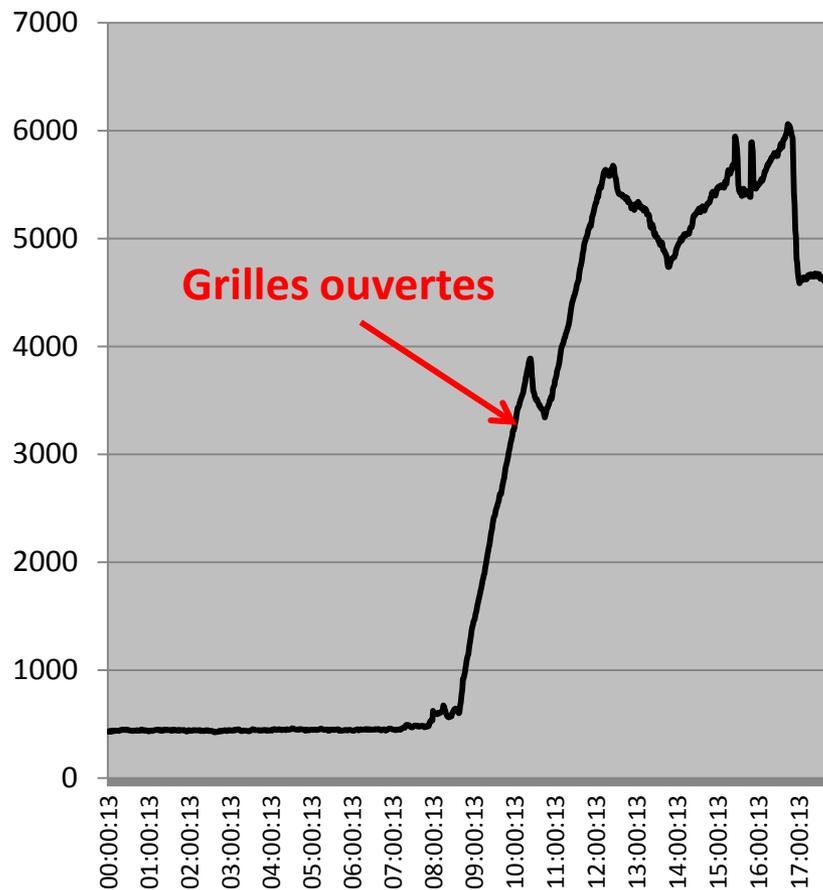
LLN- Biéreau 18/10

Dans cette école (LLN – Biéreau),
rénovation très récente des châssis :

→ étanchéité quasi-totale des joints !

Stratégie 1 : ouverture des grilles de ventilation le jour...

Résultat dans cette même dernière classe :



LLN- Biéreau 22 et 23/10

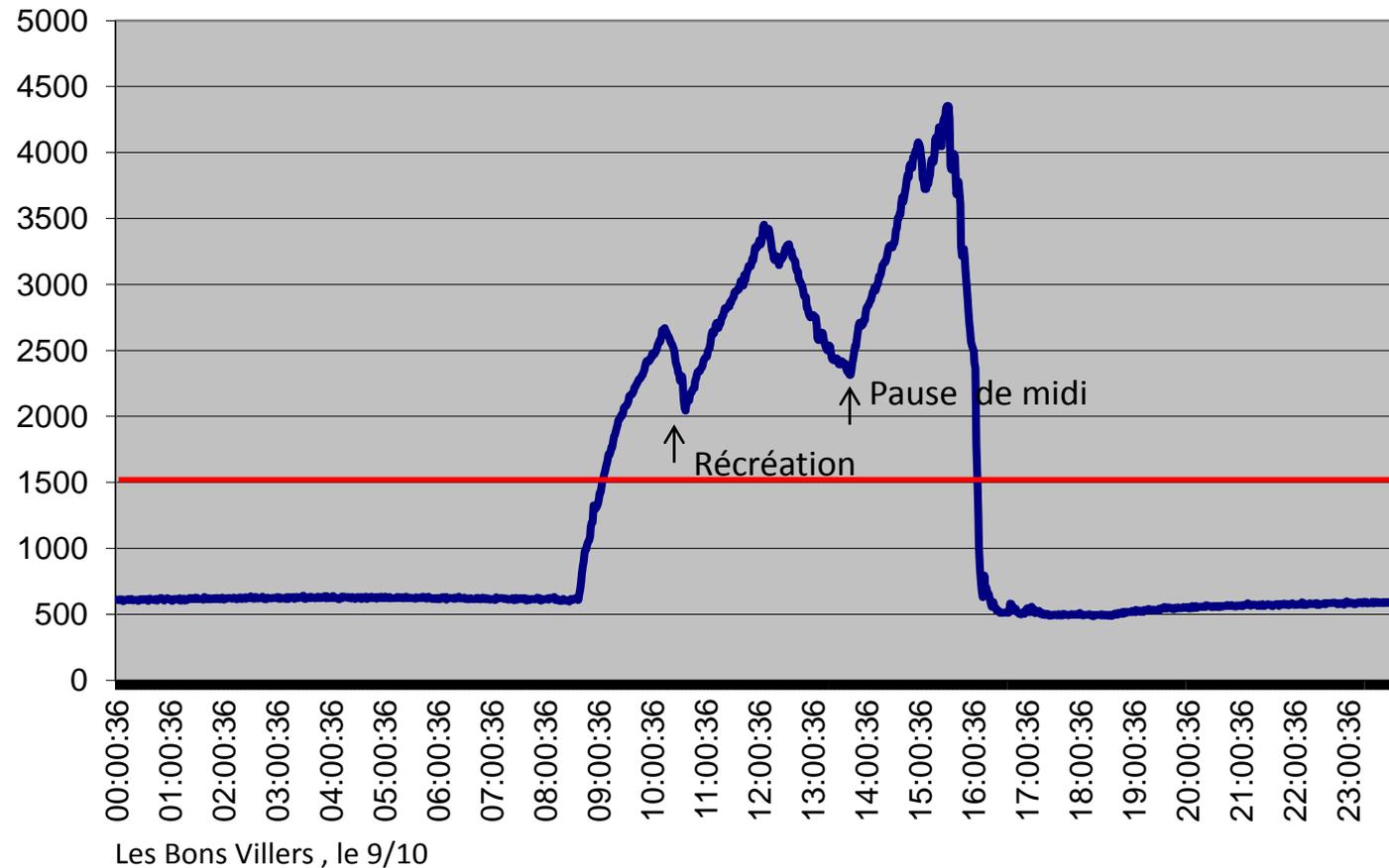


Section d'ouverture des grilles :
 $6 \text{ m} \times 0,03 \text{ m} = 0,18 \text{ m}^2$

→ Respect des normes...

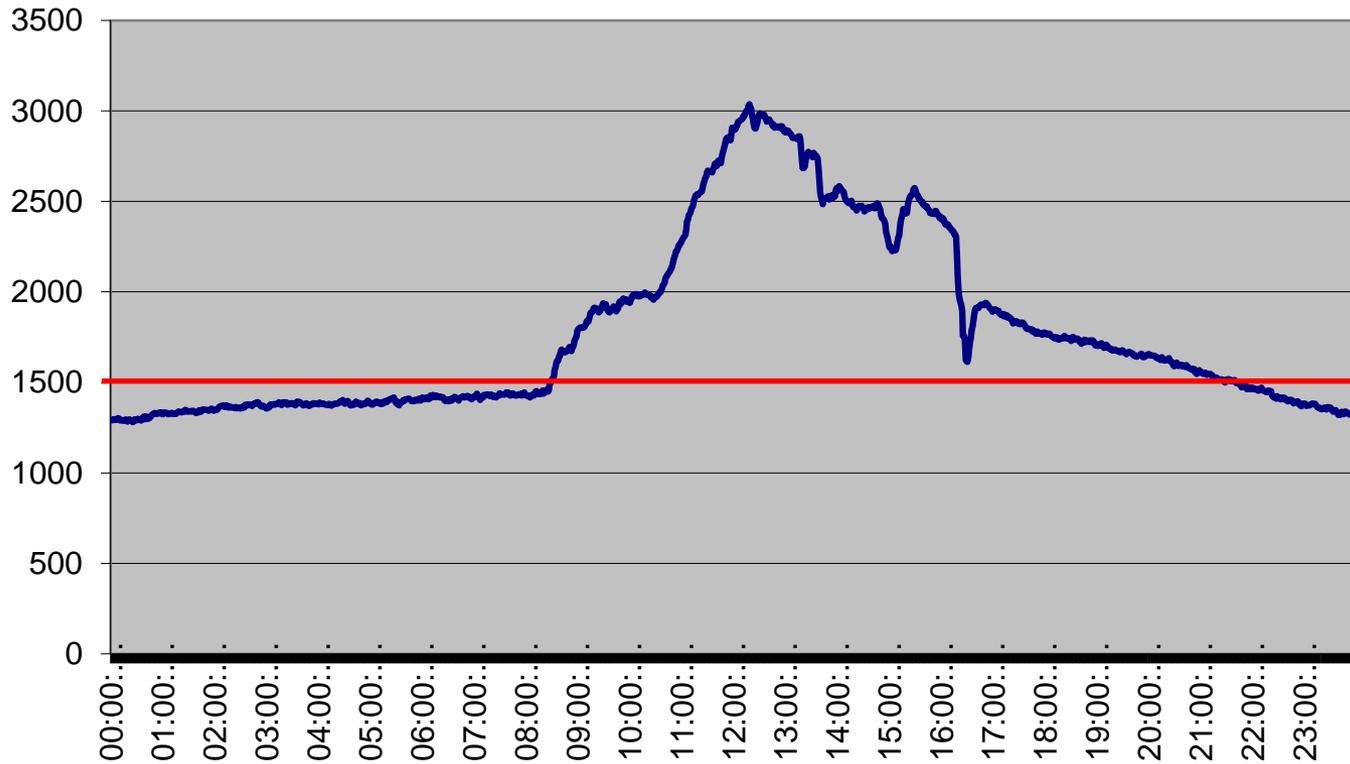
Analyse : pas de passage d'air dans la porte, pas d'extraction dans les couloirs, pas d'extraction dans les sanitaires,...

Stratégie 2 : une fenêtre ouverte en oscillo-battant toute la journée



Analyse : Evacuation insuffisante des polluants ...

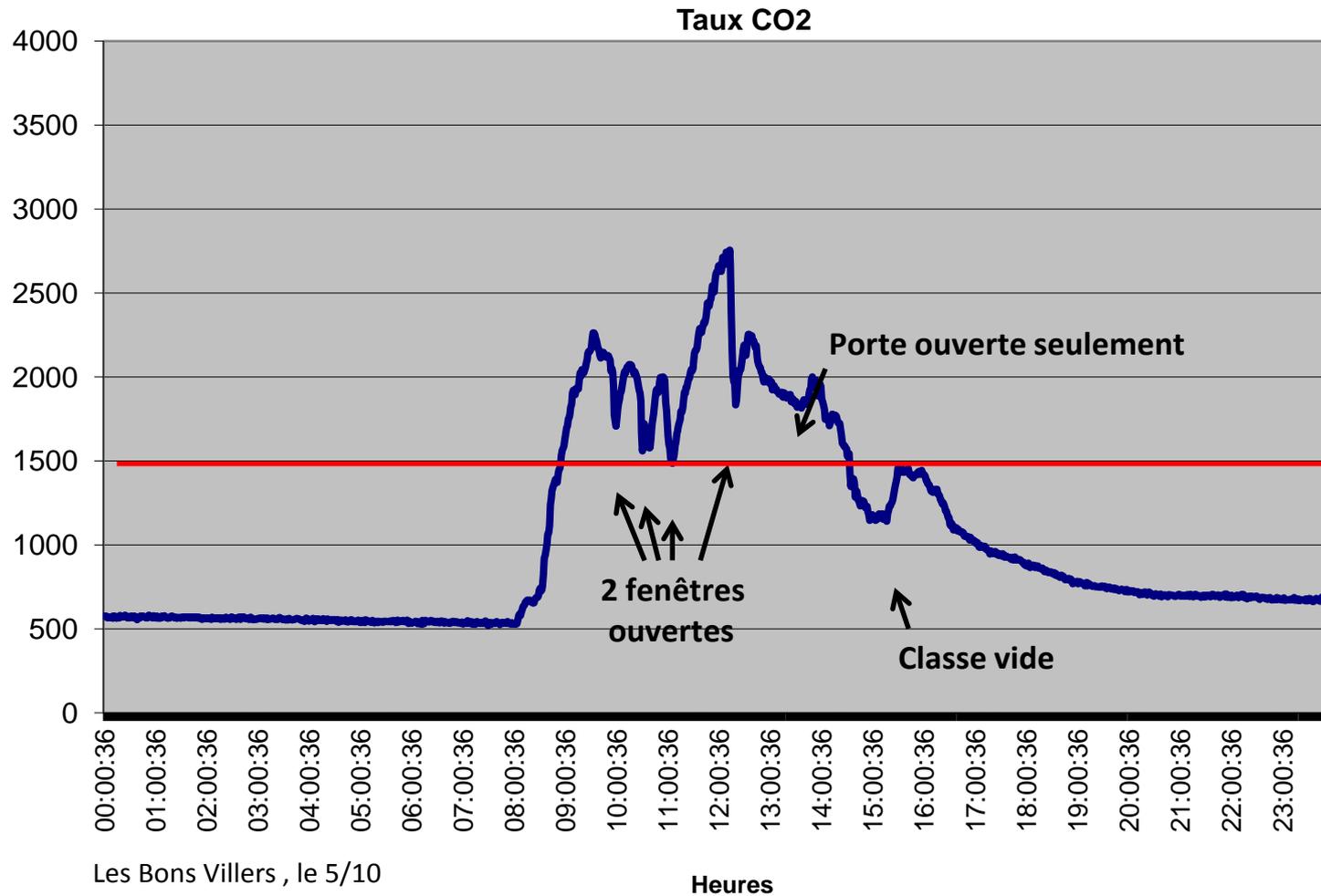
Stratégie 3 : la porte de la classe ouverte toute la journée



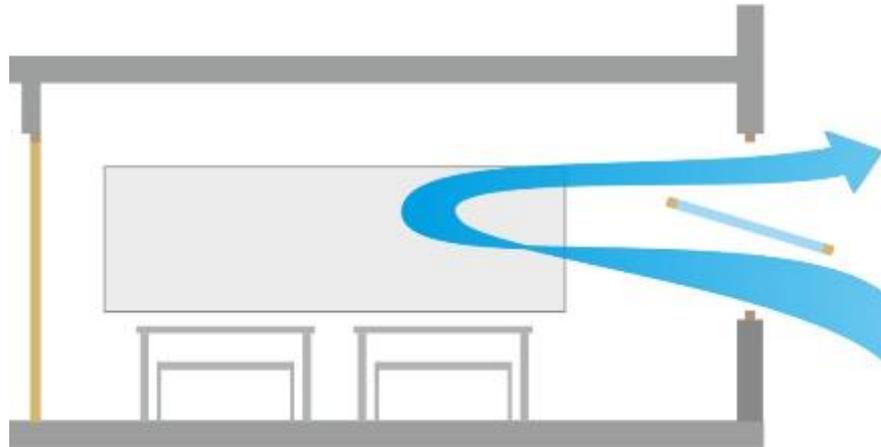
Pont à Celles , le11/10 Avec seulement 14 élèves dans la classe

Analyse : Evacuation insuffisante des polluants ...

Stratégie 4 : ouverture de 2 fenêtres 5 min toutes les heures



Remarque :
coût énergétique d'un refroidissement temporaire ?



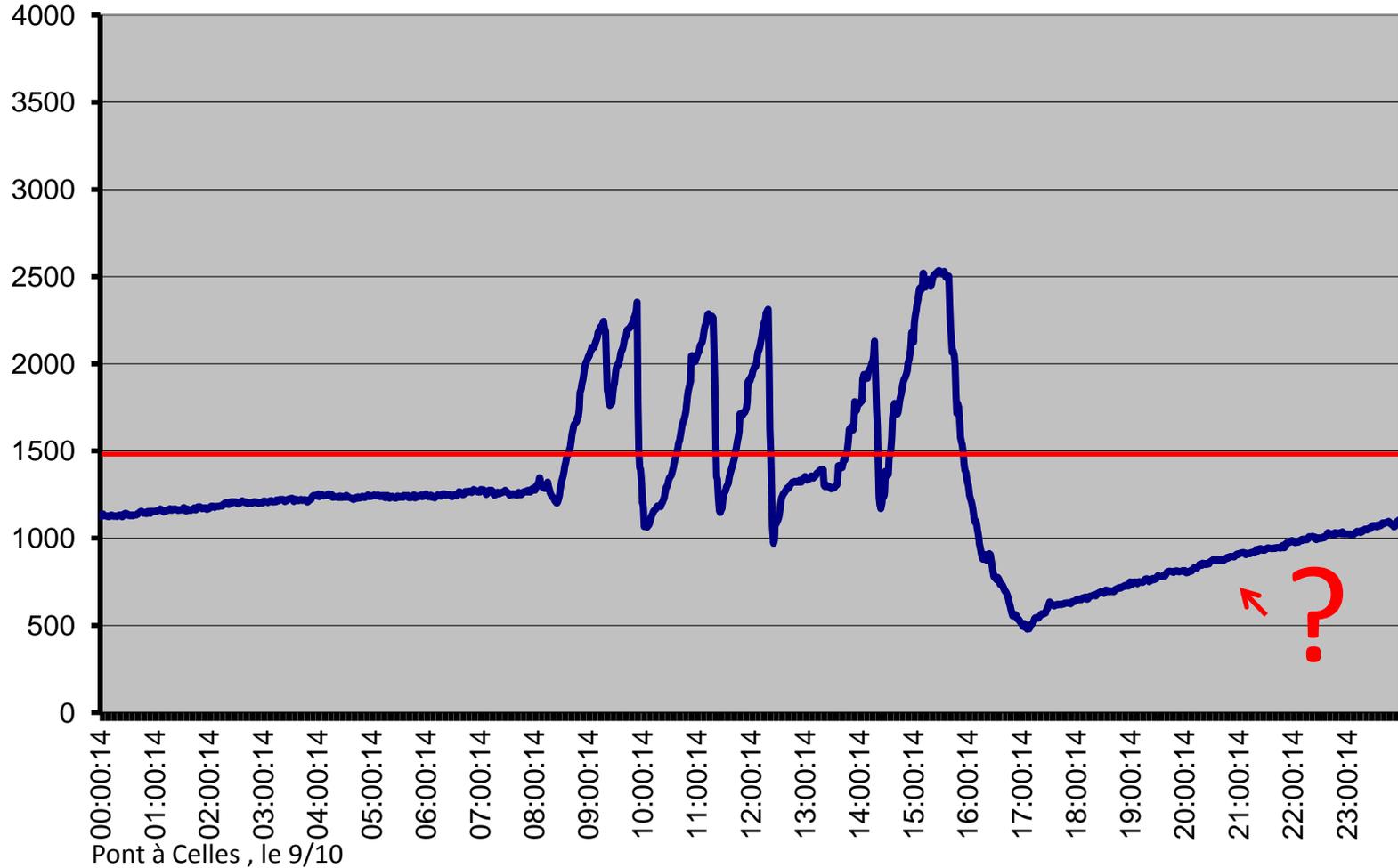
Très faible !

Il y a 150 x plus d'énergie stockée dans 10 cm d'épaisseur des parois (sol, plafond, murs) que dans le volume d'air de la classe.

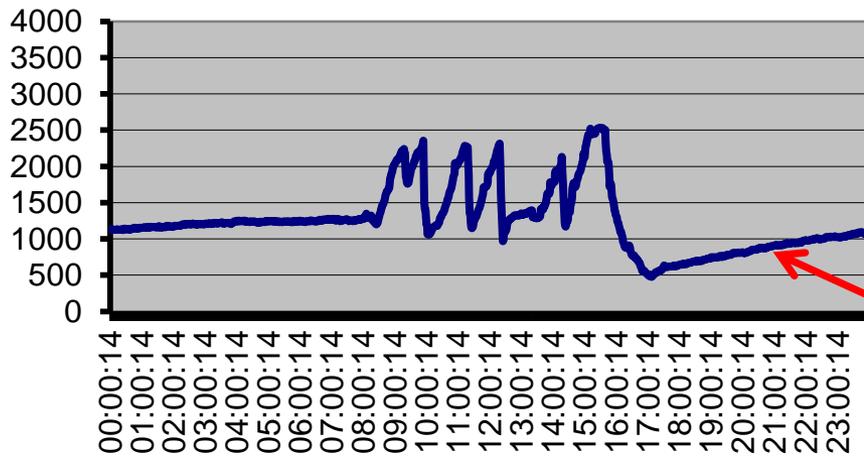
Une fois la fenêtre refermée, la classe se réchauffe rapidement.

Stratégie 4 : ouverture de 2 fenêtres 5 min toutes les heures

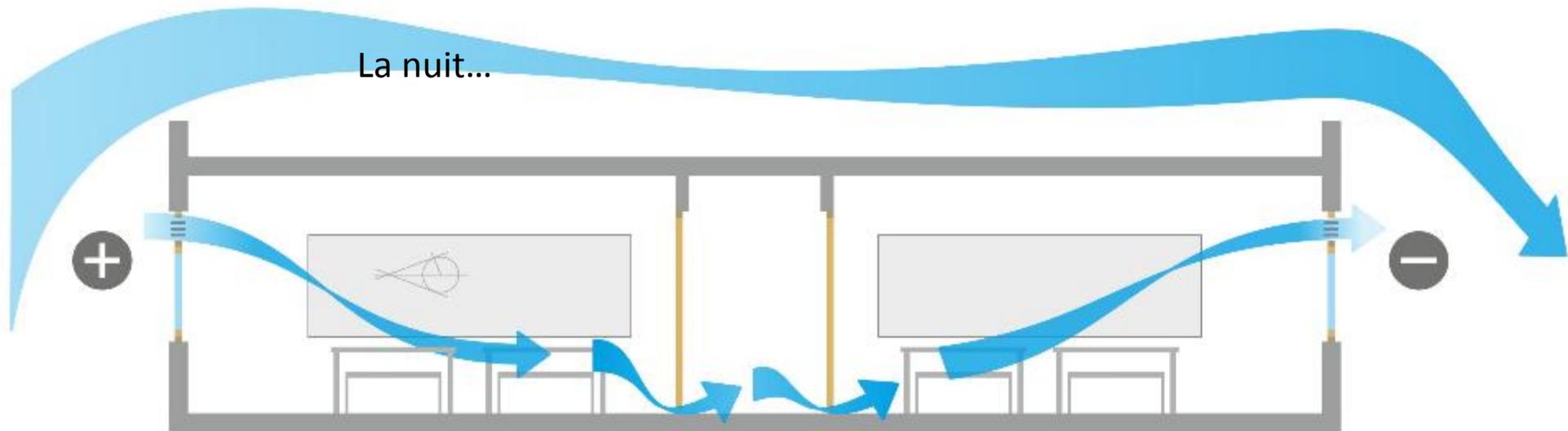
Autre classe :



Analyse : Evacuation insuffisante des polluants ...

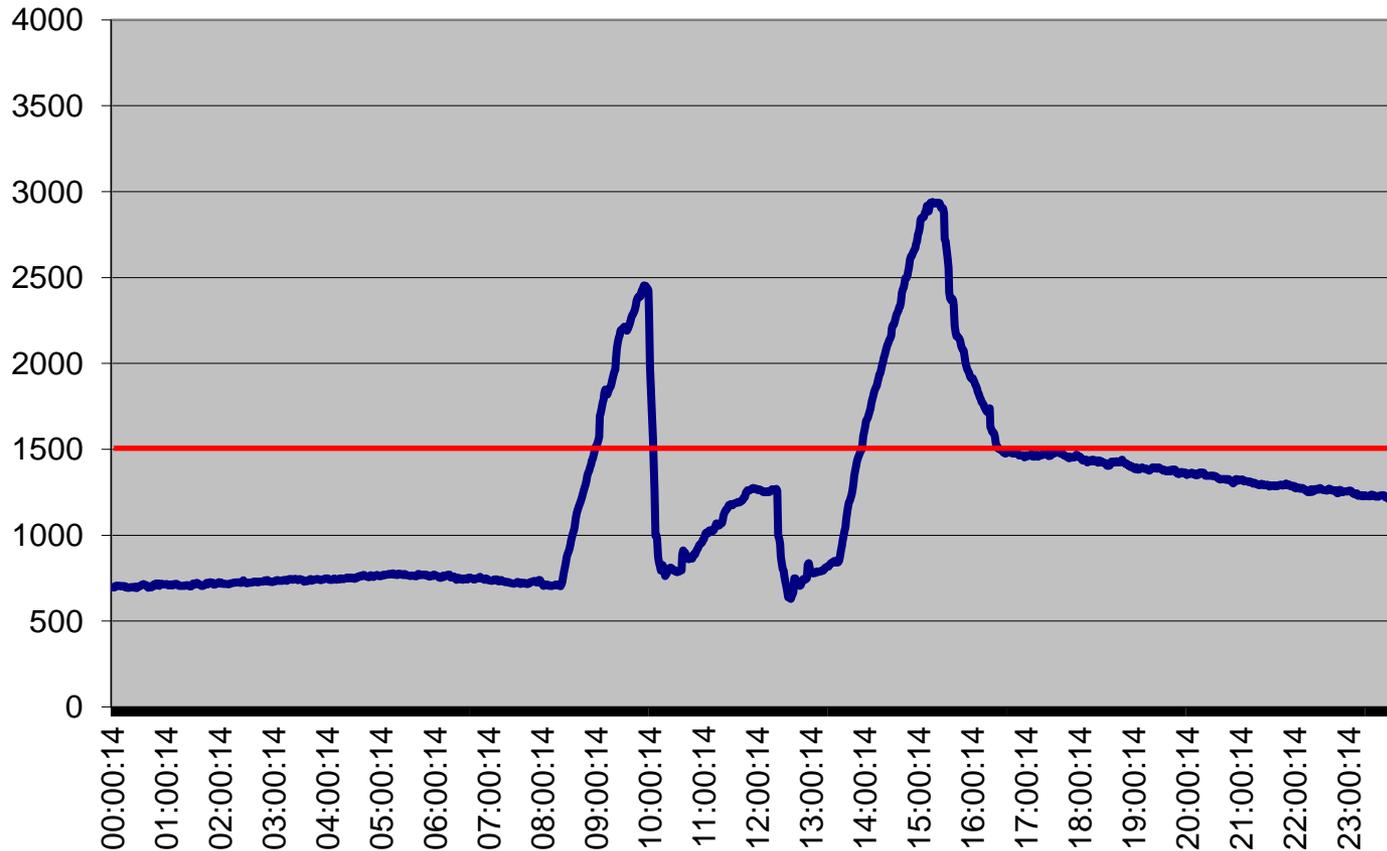


Une remontée du taux de CO2 la nuit ???



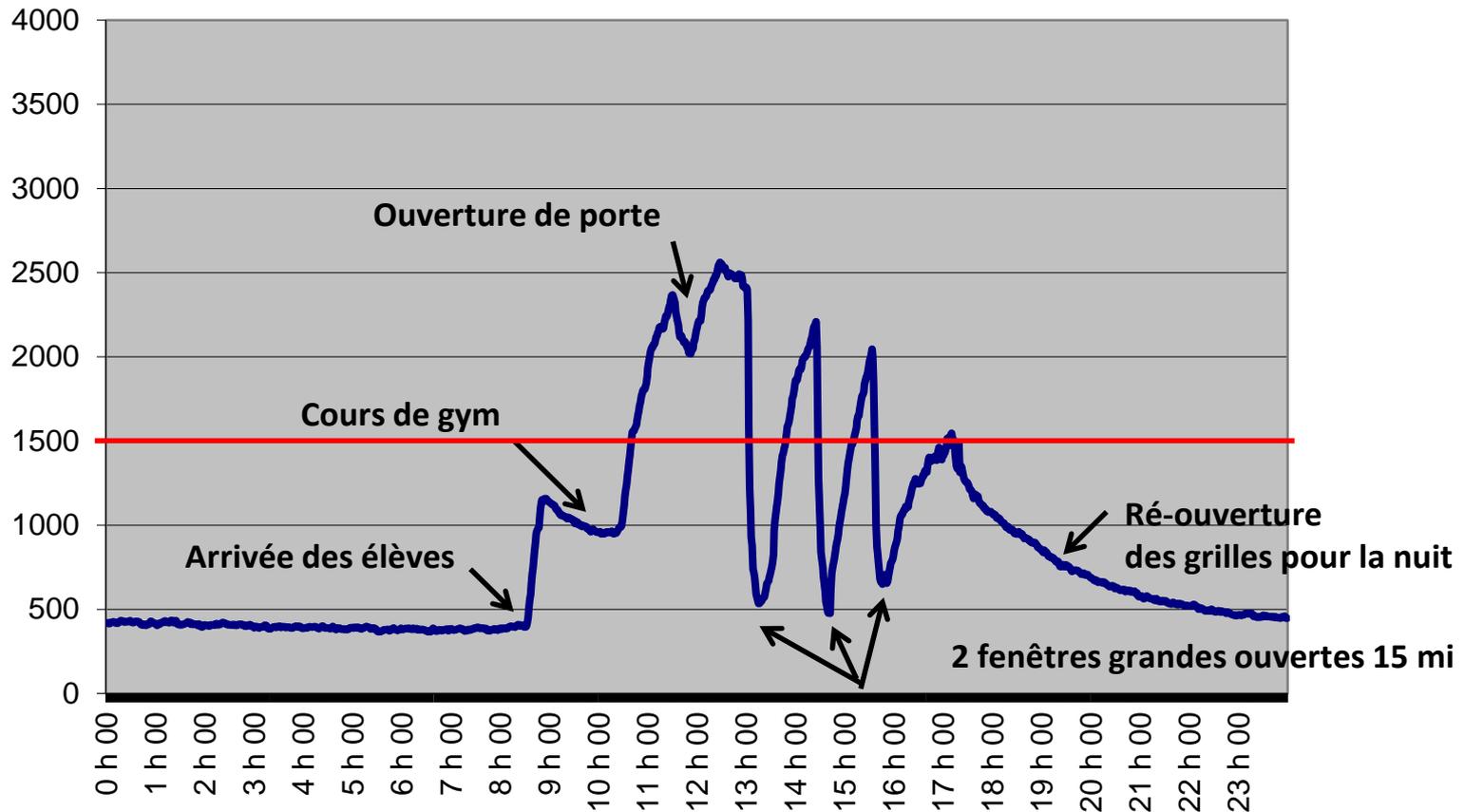
Analyse : une ventilation naturelle est tributaire du sens du vent...

Stratégie 5 : ouverture de 2 fenêtres pendant 15 min durant la récréation et le temps de midi



Pont à Celles , le 5/10

Stratégie 5 : Ouverture de deux fenêtres, sur des façades opposées, pendant 15 min durant les récréations



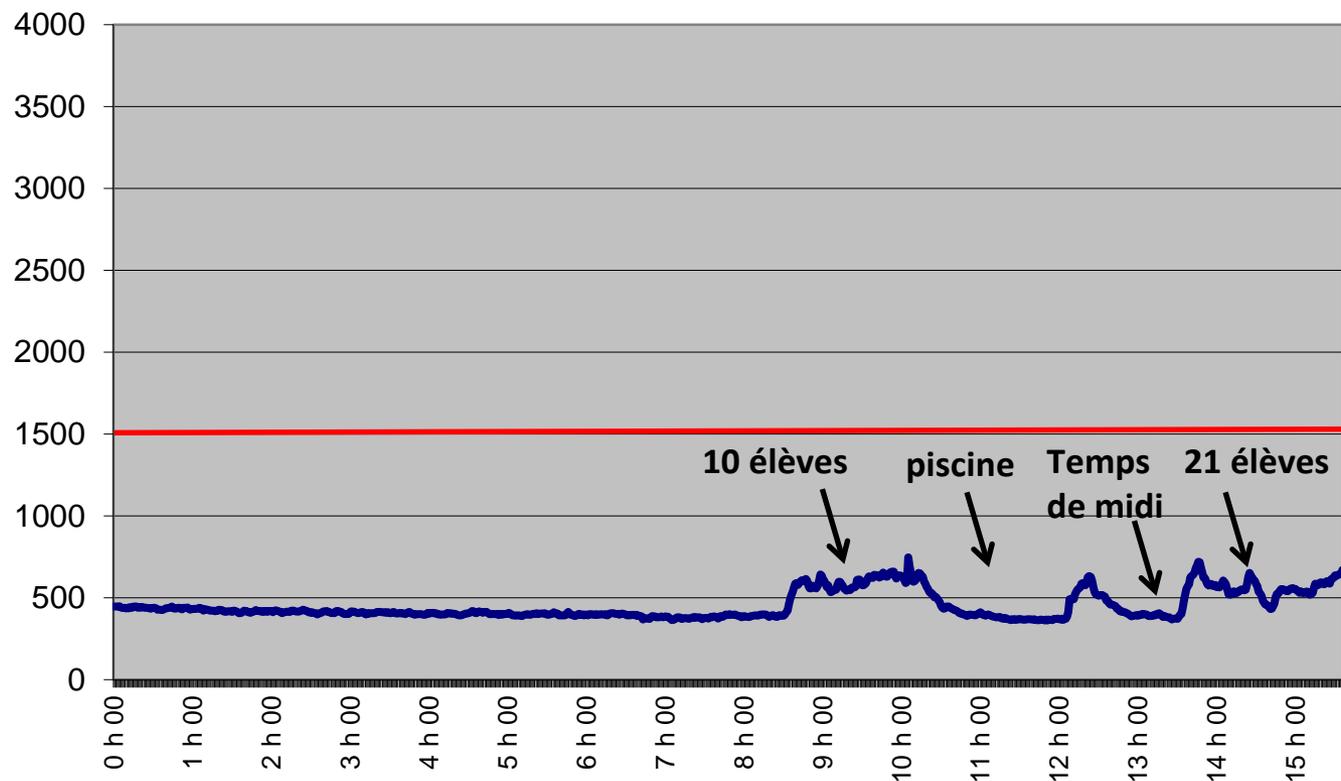
LLN Martin V , le 11/10 - 23 élèves en journée – 14 élèves en garderie jusqu'à 17 h.

Analyse : 1° forte efficacité temporaire de la mesure...

2° l'ouverture des grilles la nuit génère un refroidissement...

Stratégie 6 : ouverture permanente de 2 fenêtres en oscillo-battant, sur 2 façades opposées, avec présence de vent.

Reprenons cette même classe :



LLN Martin V , le 11/10 - 10 élèves au matin - 21élèves l'après-midi

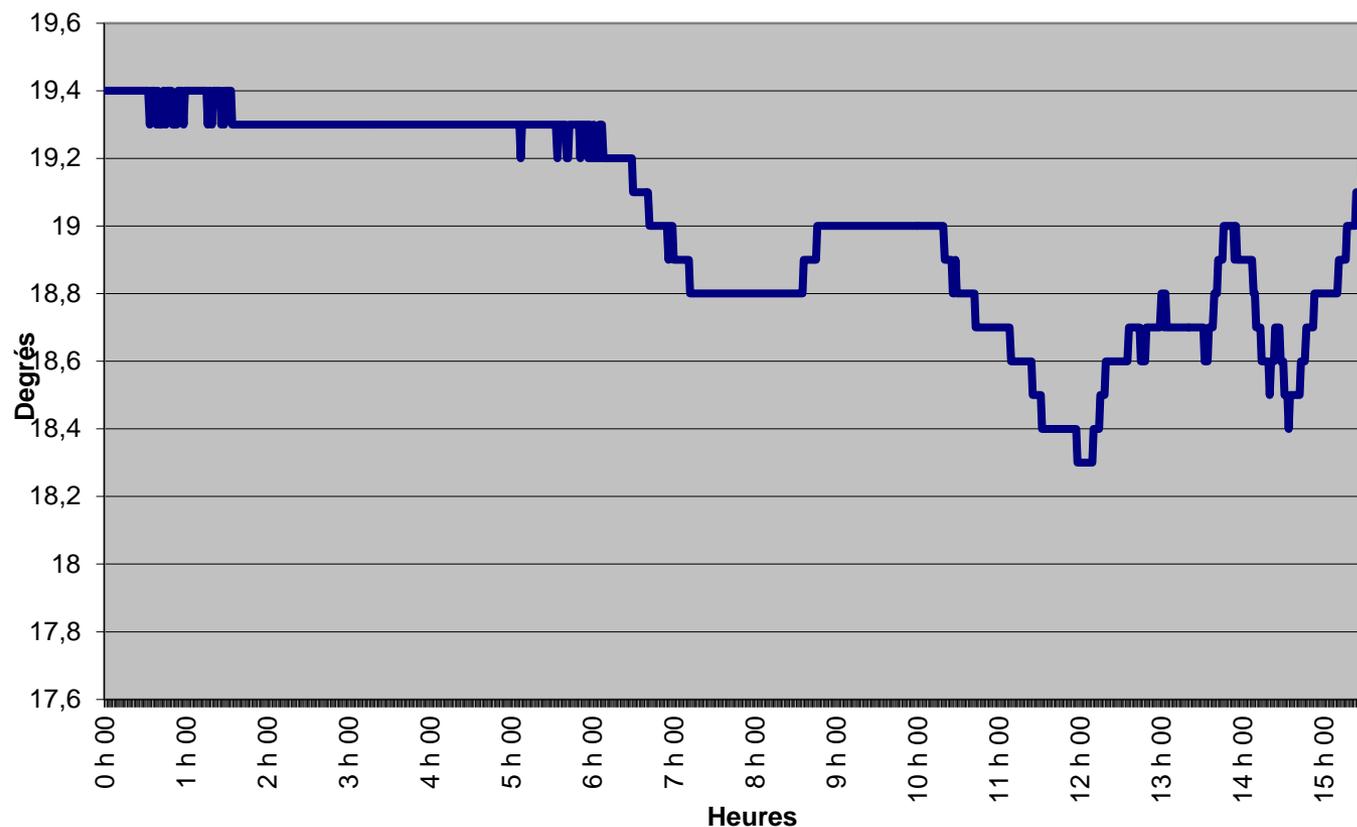
Analyse : ventilation très efficace...

mais plaintes pour inconfort thermique !

Stratégie 6 : ouverture permanente de 2 fenêtres en oscillo-battant, sur 2 façades opposées, avec présence de vent.

Reprenons le diagramme de température dans cette même classe :

Température

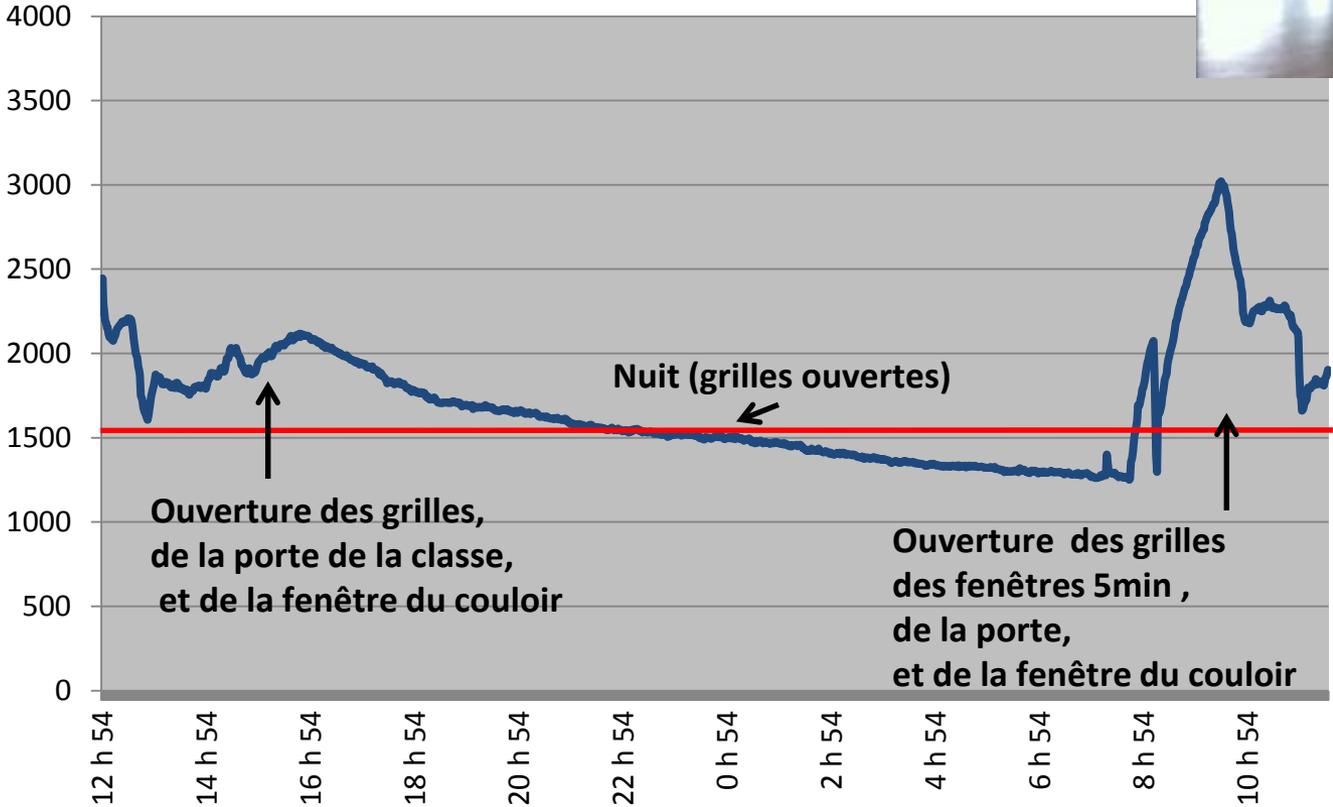


Effectivement trop froid...

Le constat est clair :

Il n'y a **ventilation** que s'il y a **déplacement d'air**
entre une entrée et une sortie...

→ Retour vers l'école du Biéreau-LLN :
« Ouvrez la fenêtre du couloir !... »



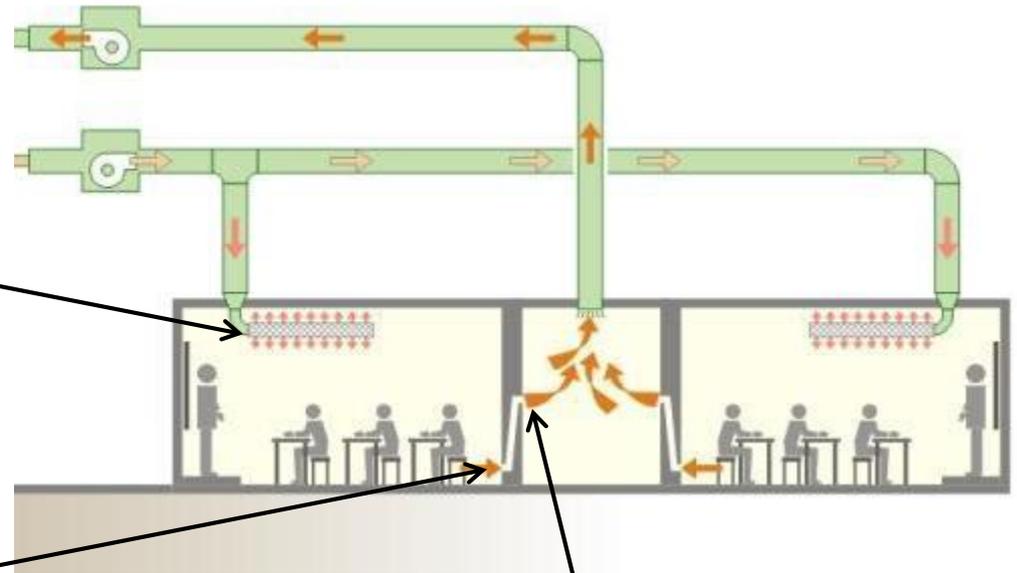
Analyse : ... ces jours-là, pas un pet de vent !!!

→ Une ventilation naturelle est tributaire de l'intensité du vent...



Et l'école passive de Louvain-La neuve ?

- Au départ, une ventilation très forte

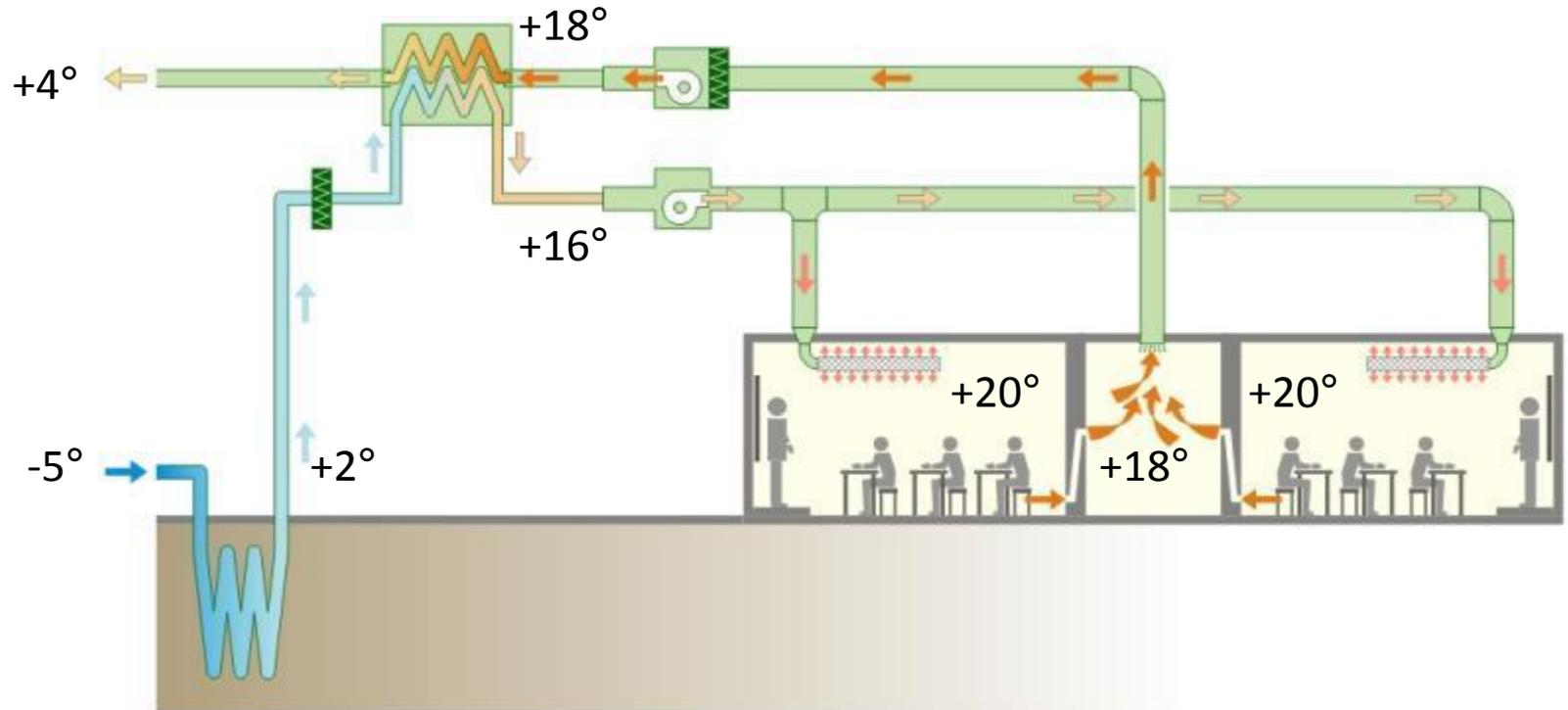


25 m³ d'air frais, par enfant et par heure !

L'air des classes est renouvelé 3 x par heure !



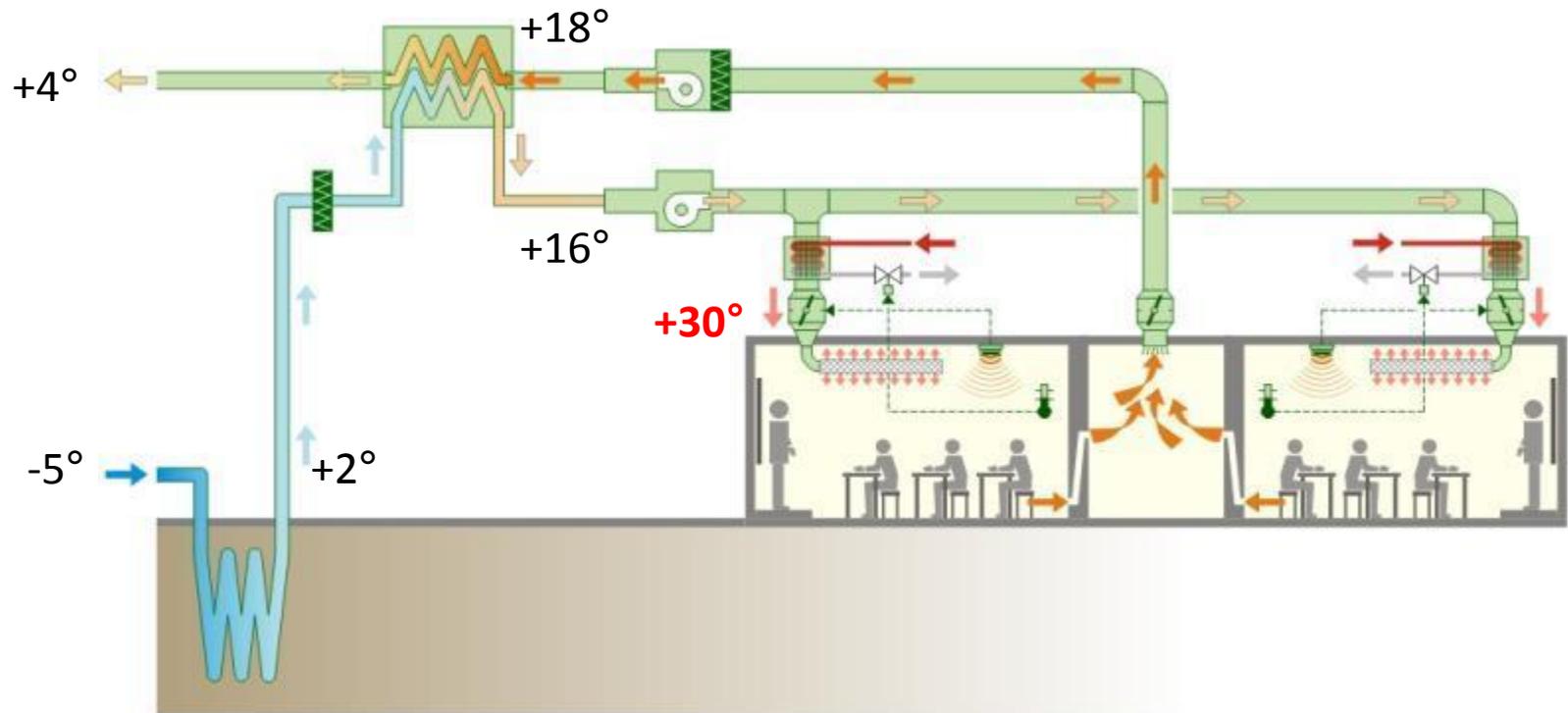
- L'air de ventilation est préchauffé gratuitement



L'air passe dans le sol (puits canadien)...

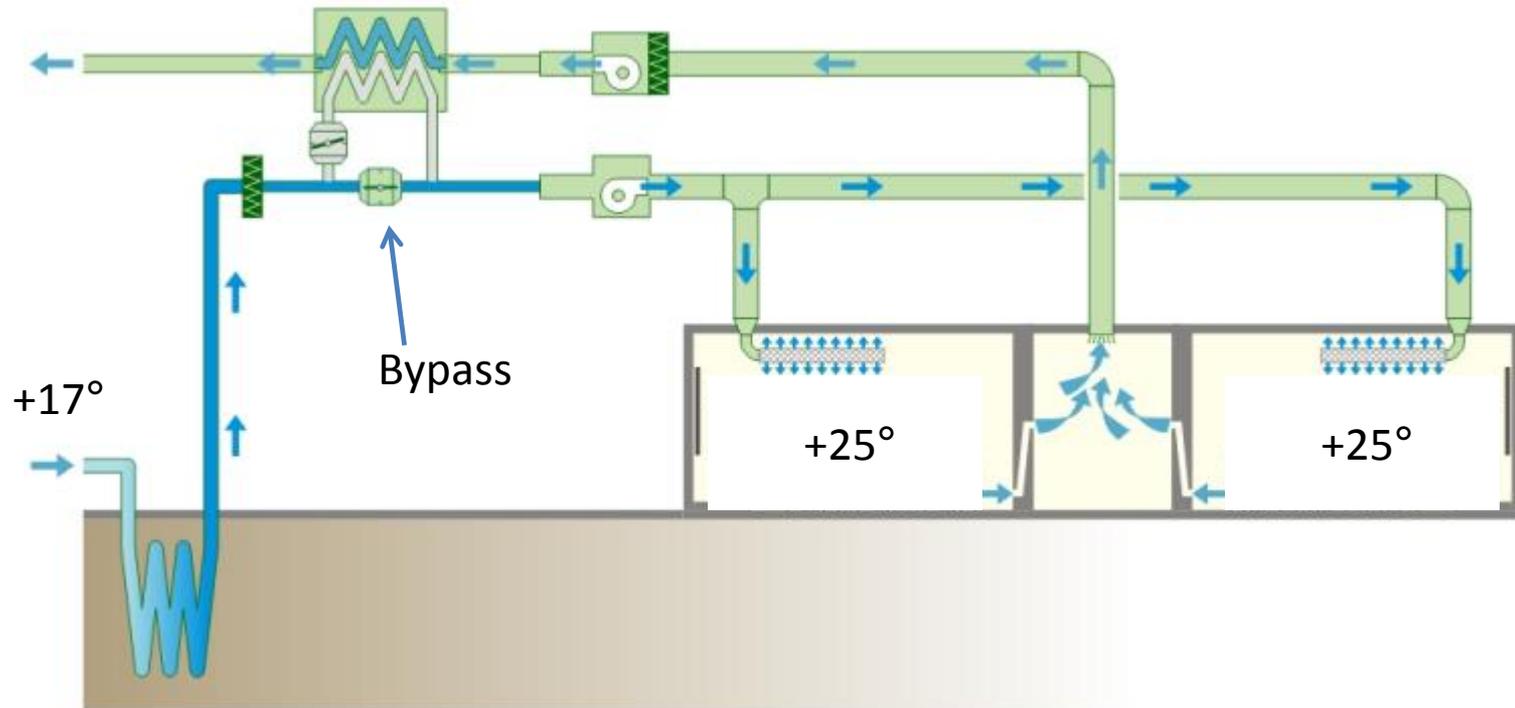
... puis dans un échangeur avec l'air chaud qui sort du bâtiment .

- Un appoint de chauffage est apporté à l'air



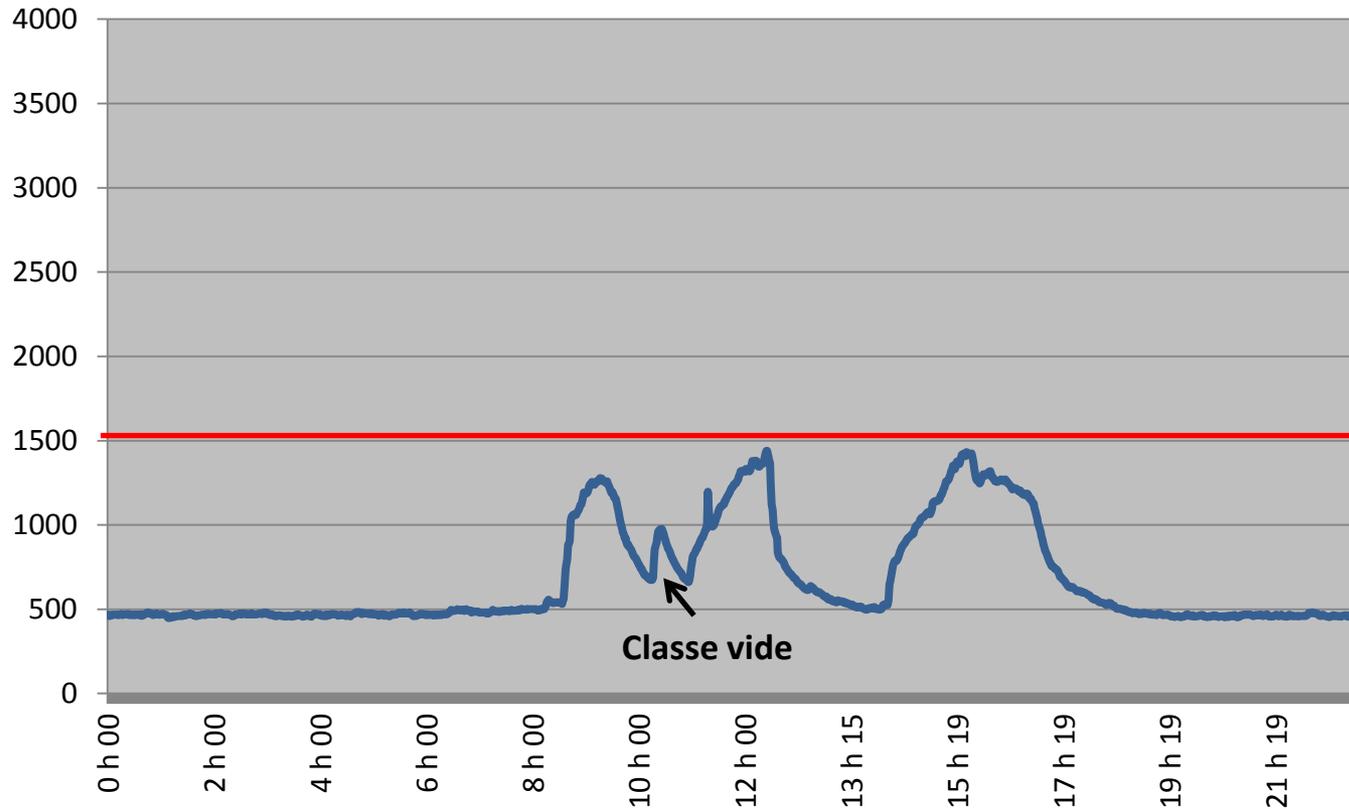
Une sonde de présence et un thermostat décident du besoin.

- De l'air frais pulsé les nuits d'été



L'air frais extérieur décharge le bâtiment de sa chaleur.

Résultats :



Analyse : c'est de l'air en grande quantité et préchauffé...

A noter qu'il y avait 32 élèves dans la classe ce jour-là...!

Conclusions de cette campagne :

- Assurer un max de 1500 ppm est vraiment difficile avec une ventilation naturelle...
- Ventiler, c'est assurer une entrée de l'air neuf ... et une sortie de l'air vicié !
- La seule ouverture des grilles de ventilation ne suffit pas...
pas plus qu'un oscillo-battant ouvert, sur une seule façade...
- Pour ne pas dépasser 1200 ppm, il faut assurer 20 m³ par heure et par élève, soit 500 m³/h par classe,
càd, renouveler l'air entièrement 3 fois par heure !
- En pratique, en ventilation naturelle, il faut créer le balayage maximal dans le temps le plus bref :
 - ouvrir 3 à 5 min toutes les heures + 10 min aux récréations
 - et en même temps, ouvrir la porte,
 - ... et une fenêtre dans le couloir ou la fenêtre de la classe d'en face !

- S'il y a des grilles sur 2 façades, elles doivent être fermées la nuit.
- Toutes les grilles devraient être fermées le WE.
- Fournir aux enseignants un afficheur de CO2 permettrait à chaque enseignant de se faire "sa" stratégie ... Cet appareil passerait d'un enseignant à l'autre.

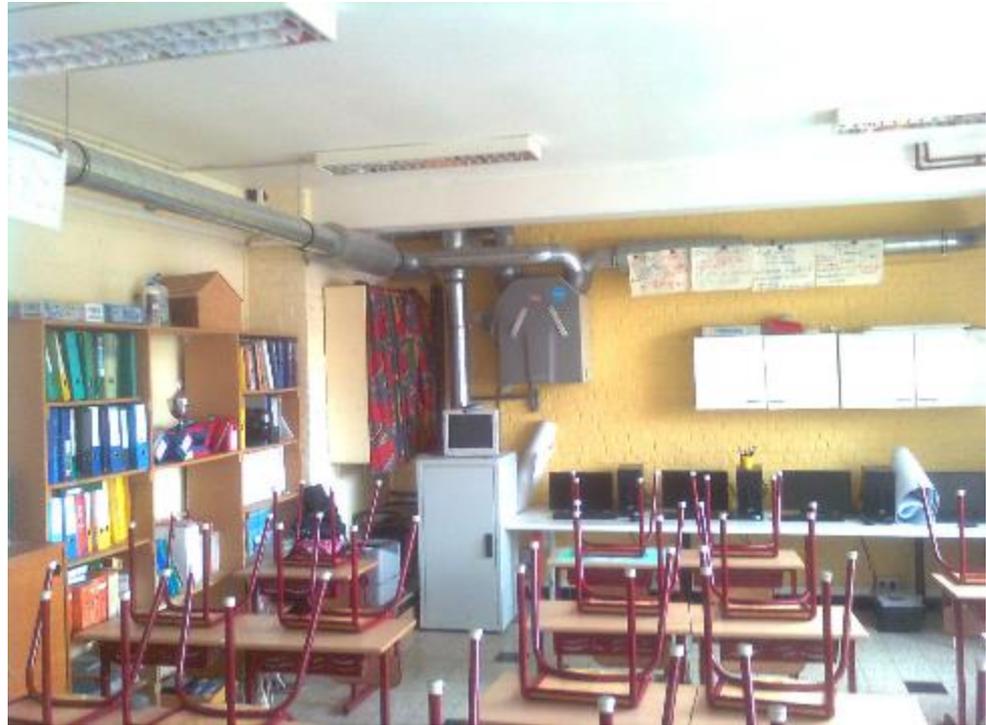


ex: CLIMI – 120 €

- Le double flux, avec récupération de chaleur, semble inévitable pour assurer un débit d'air suffisant, avec confort...
- Mais le budget est inaccessible en rénovation... !
- Coût énergétique de la ventilation idéale ?
 Classe → 500 m³/h durant 1.000 heures → 250 litres de fuel ou m³ de gaz /an/classe.
 Si on a une récupération de 80%, on aura un gain de 200 litres de fuel par classe...

Alternative pour le futur : la ventilation mécanique décentralisée ?

Chaque classe dispose de son propre groupe de pulsion d'air, de taille domestique.



Ecole primaire à Bruxelles

Mais constat : trop de bruit dans la classe,
→ appareils mis en petite vitesse,
soit 100 m³/h ...

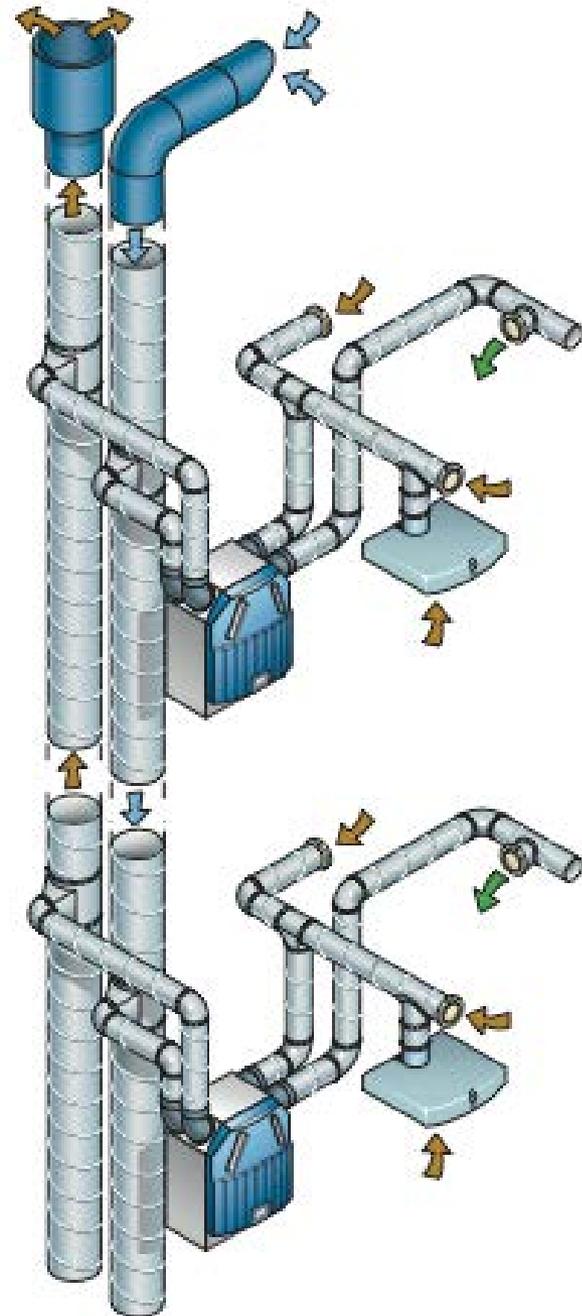
Mais c'est la solution actuelle pour nos nouveaux immeubles d'appartements...

Chaque appartement, chaque studio, disposerait de son système propre.

Le bruit est réduit par le placement dans le faux-plafond du hall d'entrée.

Donc on pourrait y arriver dans chaque classe ?

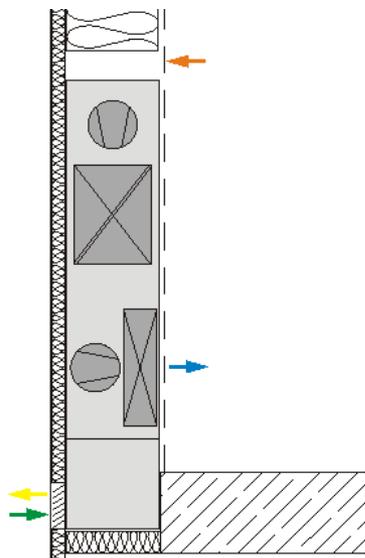
Avec une prise d'air et un rejet d'air en façade ?



Ou alors 2 échangeurs/récupérateurs
de 250 m³/h intégrés dans la façade ?

Investissement : 2.000... Euros/classe ?

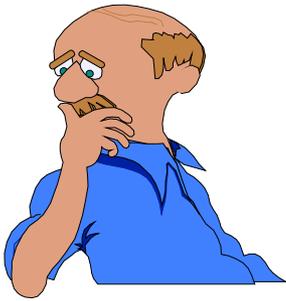
Consommation électrique : 50
Euros/classe/an



A nous de trouver... !

Eux, ils sont en période de croissance...

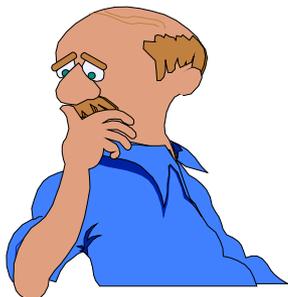




Pourquoi ventiler ?

- **Pour apporter de l'air frais (oxygène) aux occupants ?**
 - ...18... litres de CO₂ par heure et par personne
- **Surtout pour évacuer leurs odeurs !**

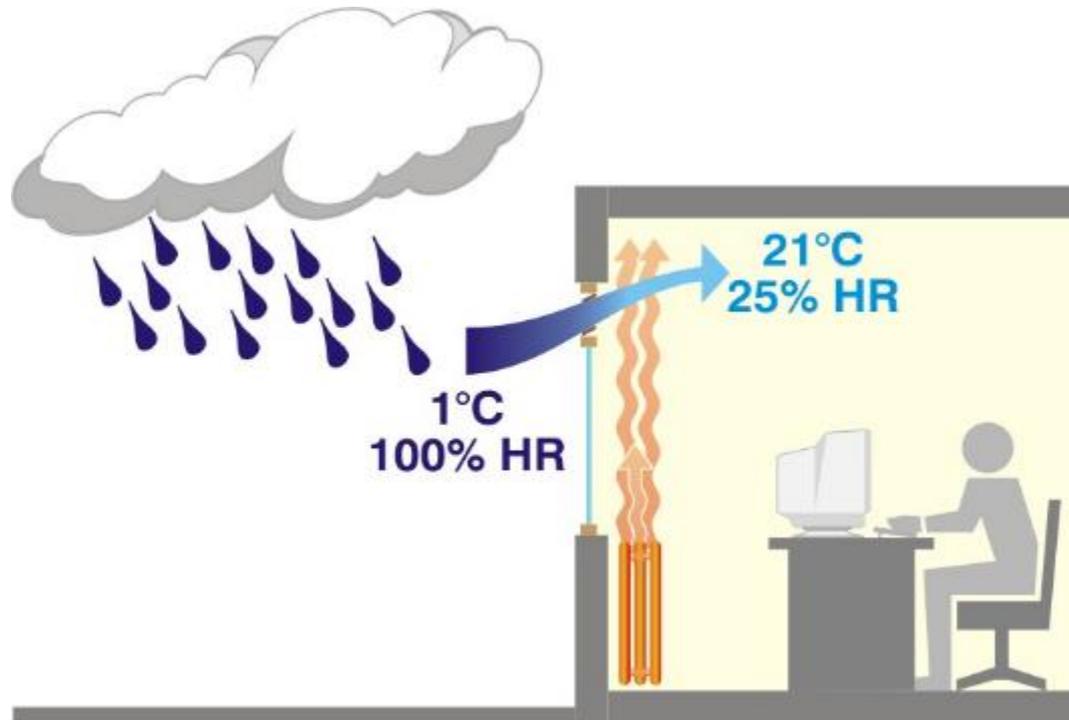




Pourquoi ventiler ?

- Pour évacuer la vapeur d'eau !
 - 50 gr d'eau par heure et par personne
 - plantes, cuisson ... : 5 à 10 litres par jour par maison





Quand l'air est froid, il ne peut « porter » beaucoup d'eau à l'état vapeur...

Donc s'il pleut, l'air est saturé d'eau (il fait humide dehors),
Mais dans l'absolu, il contient peu d'eau.

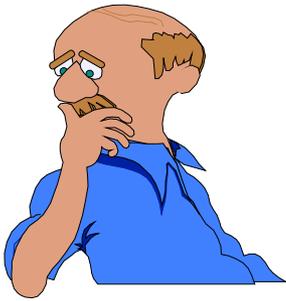
Une fois réchauffé, cet air sera perçu comme très sec !

A défaut de ventilation...

- Condensation sur les vitrages
- Moisissures
- Odeurs persistantes

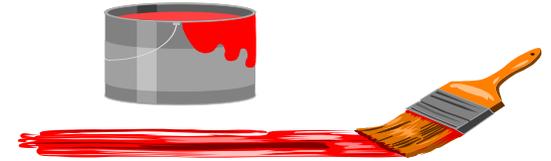


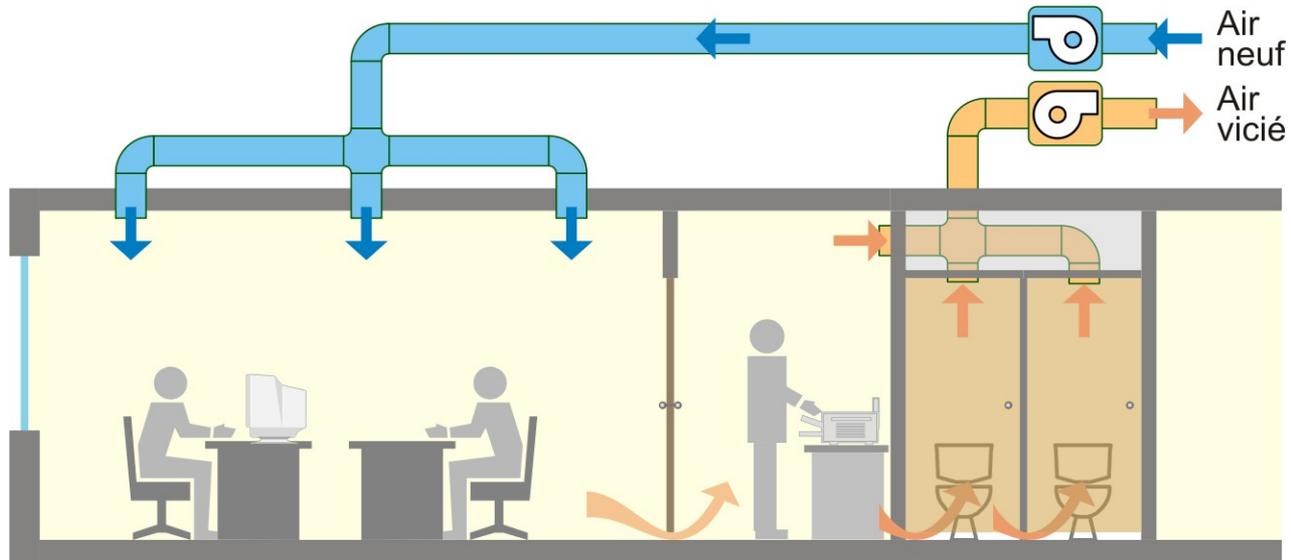




Pourquoi ventiler ?

- Pour évacuer les polluants émis par le bâtiment et les équipements
 - vynil, tapis, colle à tapis,...
 - peintures
 - détergents
 - panneaux de bois (formaldéhyde)
 - imprimantes, fax, ...
 - (voitures)





-> Mettre la photocopieuse près des sanitaires...
pour que les émanations soient extraites rapidement.

A défaut ...

- Irritations des yeux, du nez et de la gorge (tabac)
- Allergies
- Maux de tête, fatigue, nausées, vertiges,...

= "Sick Building Syndrom"

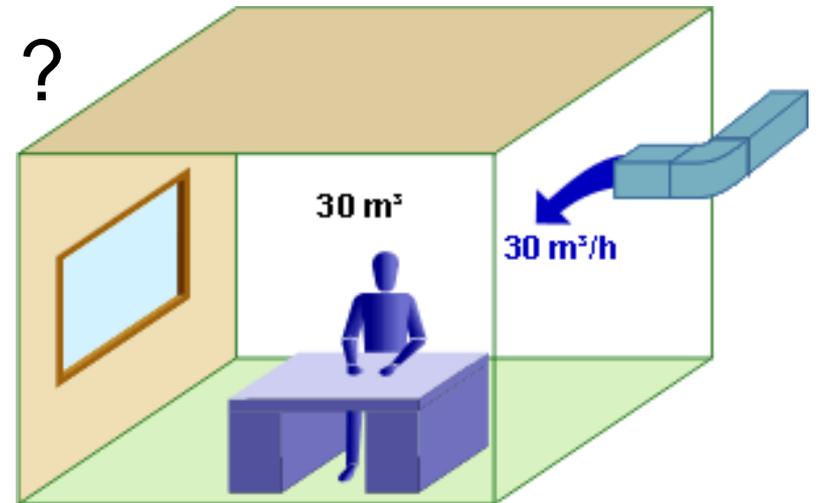


Quel débit de ventilation ?

- Compromis

Energie < - > Qualité d'air ?

- Quel bilan énergétique ?



Calcul du bilan énergétique

Bâtiment récent

- Fenêtres : $6 \text{ m}^2 \times 1,5 \text{ W/m}^2.\text{K}$
- Murs : $6 \text{ m}^2 \times 0,4 \text{ W/m}^2.\text{K}$
- Toitures : $20 \text{ m}^2 \times 0,3 \text{ W/m}^2.\text{K}$

$$\text{Total} = 17,4 \text{ W/K} \times (15 - 6) \text{ K} = 157 \text{ W}$$

- Ventilation

$$60 \text{ m}^3/\text{h} \times 0,34 \text{ Wh/m}^3.\text{K} \times (15 - 6) \text{ K} = 184 \text{ W}$$

Calcul du bilan énergétique

Bâtiment ancien

- Fenêtres : $6 \text{ m}^2 \times 6 \text{ W/m}^2.\text{K}$
- Murs : $6 \text{ m}^2 \times 1,5 \text{ W/m}^2.\text{K}$
- Toitures : $20 \text{ m}^2 \times 1 \text{ W/m}^2.\text{K}$

$$\text{Total} = 65 \text{ W/K} \times (15 - 6) \text{ K} = 585 \text{ W}$$

- Ventilation

$$60 \text{ m}^3/\text{h} \times 0,34 \text{ Wh/m}^3.\text{K} \times (15 - 6) \text{ K} = 184 \text{ W}$$

Quel débit de ventilation ?

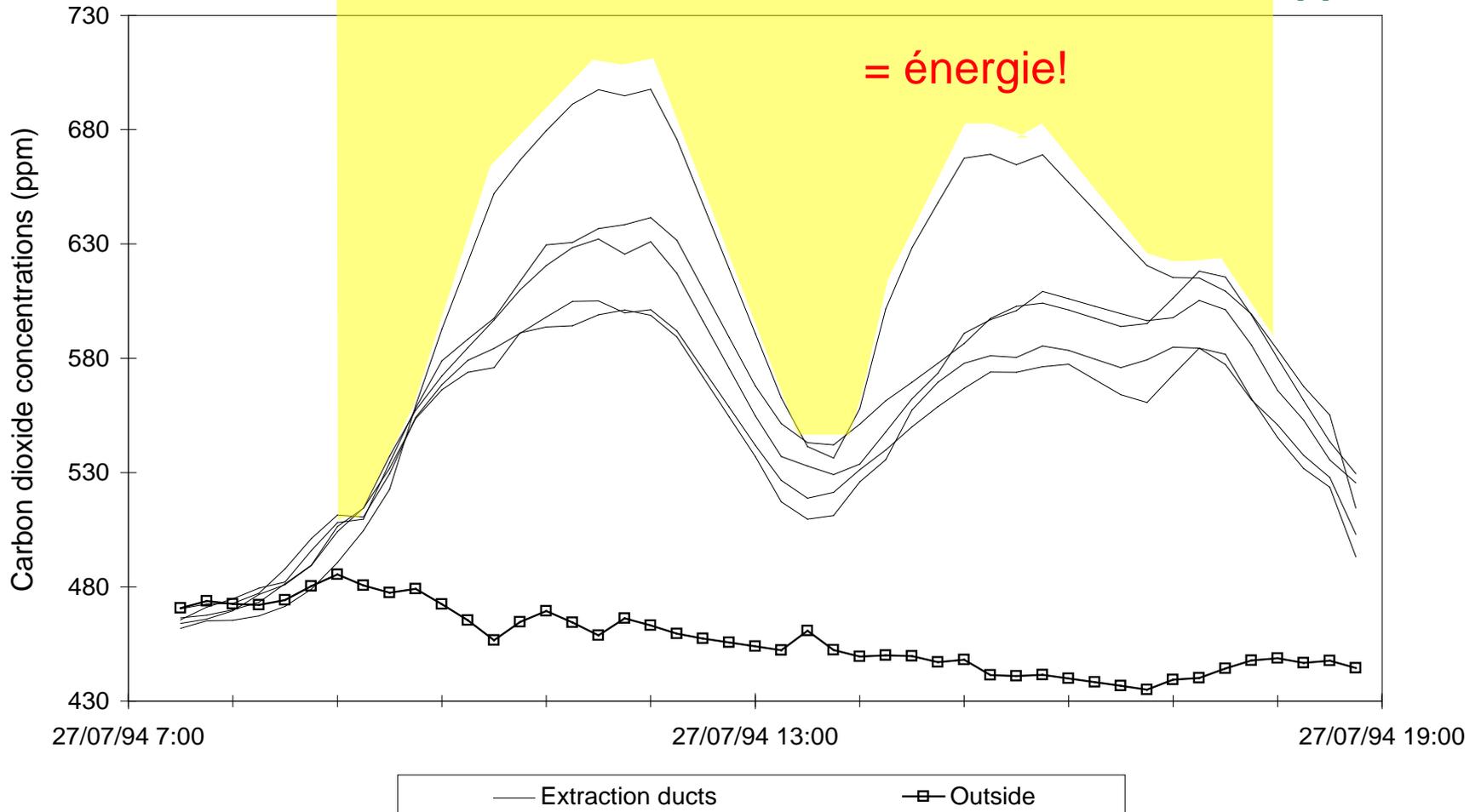
Réglementation :

- RGPT : Si ventilation mécanique, chaque travailleur doit pouvoir disposer d'un débit d'air frais de 30 m³/h.personne
- PEB : 22 m³/h par personne, avec un minimum de personnes présentes par local.

Moins de 1000 ppm = consommer trop ?

1000...1500 ppm

750 ppm

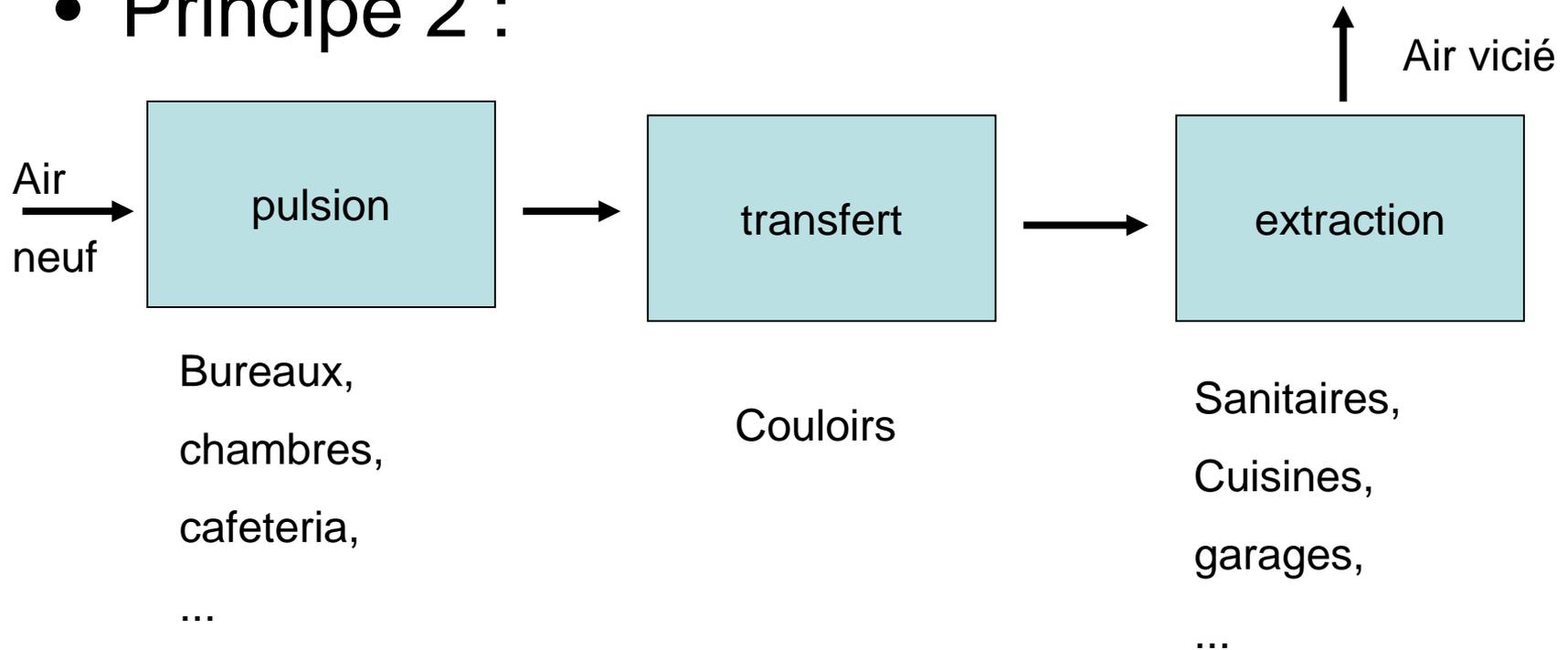


La ventilation : comment ?

- Principe 1: débit entrant = débit sortant

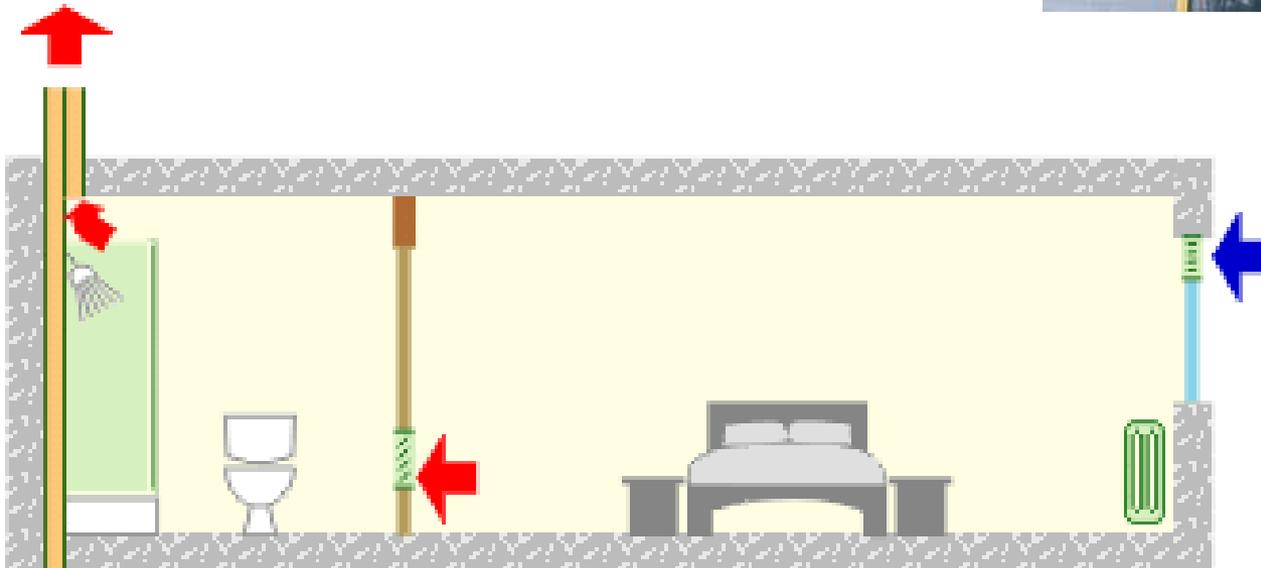
La ventilation : comment ?

- Principe 1: débit entrant = débit sortant
- Principe 2 :



Systeme A

- Exemple pour l'hébergement



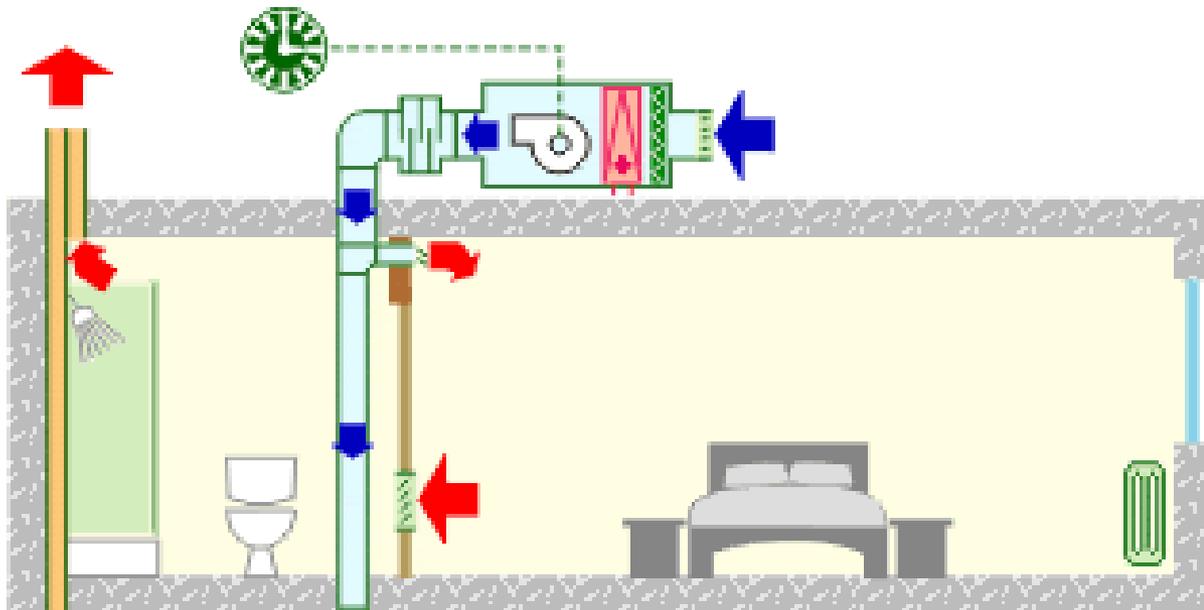
Vitesse de déplacement d'air dans le conduit : 1 m/s

Quelle technologie ?

Entrée → Sortie ↓	Naturel	Mécanique
Naturel	A	B
Mécanique	C (simple flux)	D (double flux)

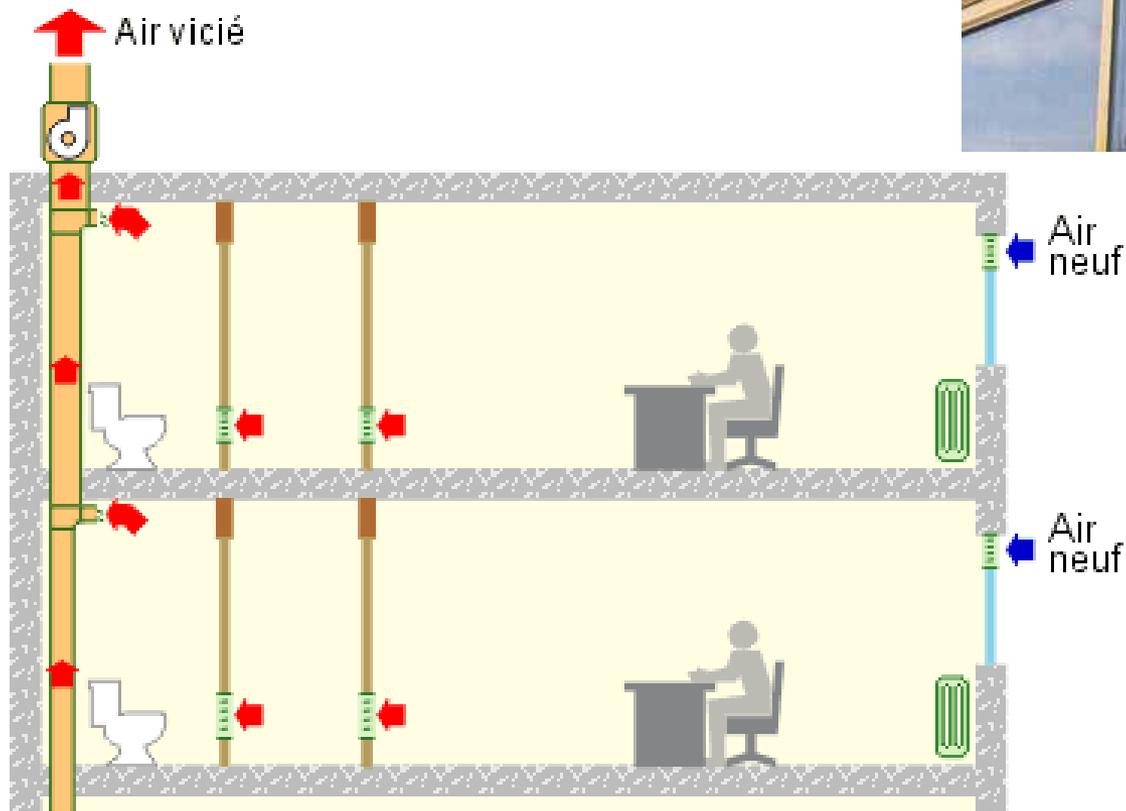
Systeme B

- Exemple pour l'hébergement



Systeme C

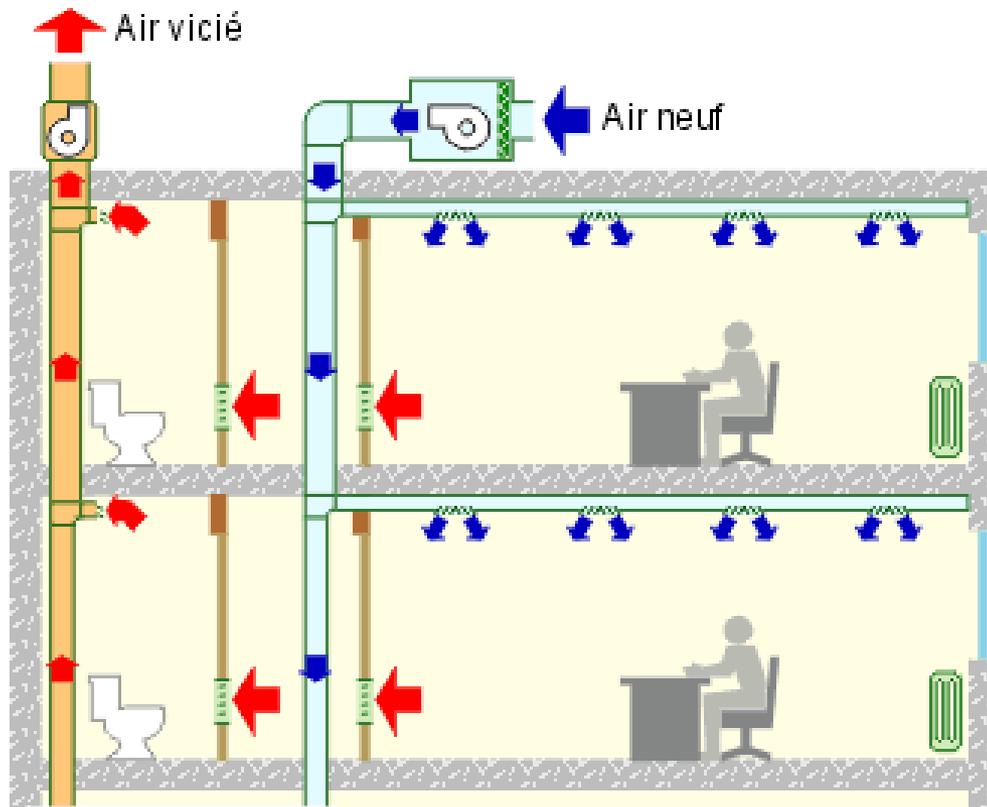
- Exemple pour les bureaux



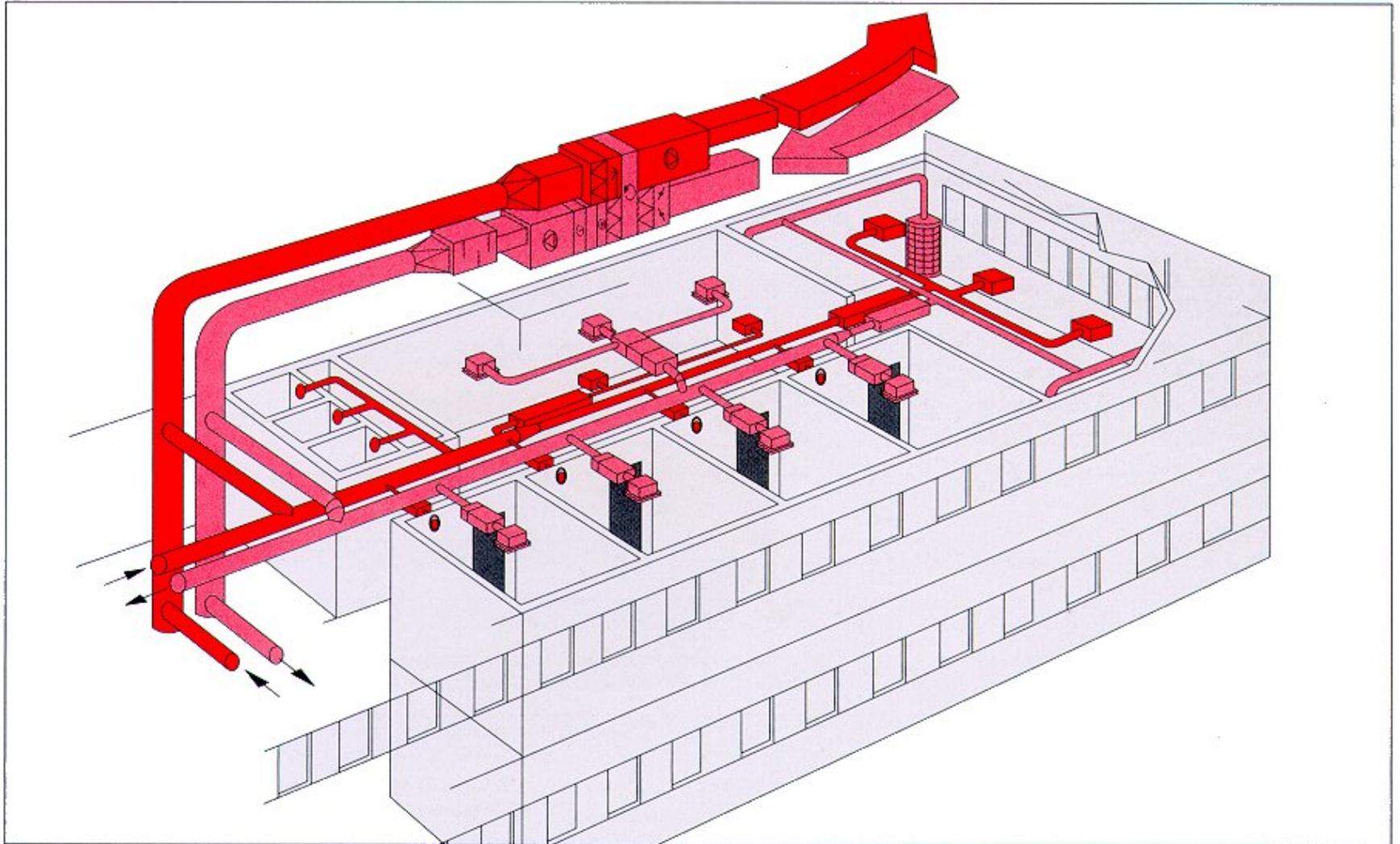
Vitesse de déplacement d'air dans le conduit : **5 m/s**

Systeme D

- Exemple pour les bureaux



Systeme D



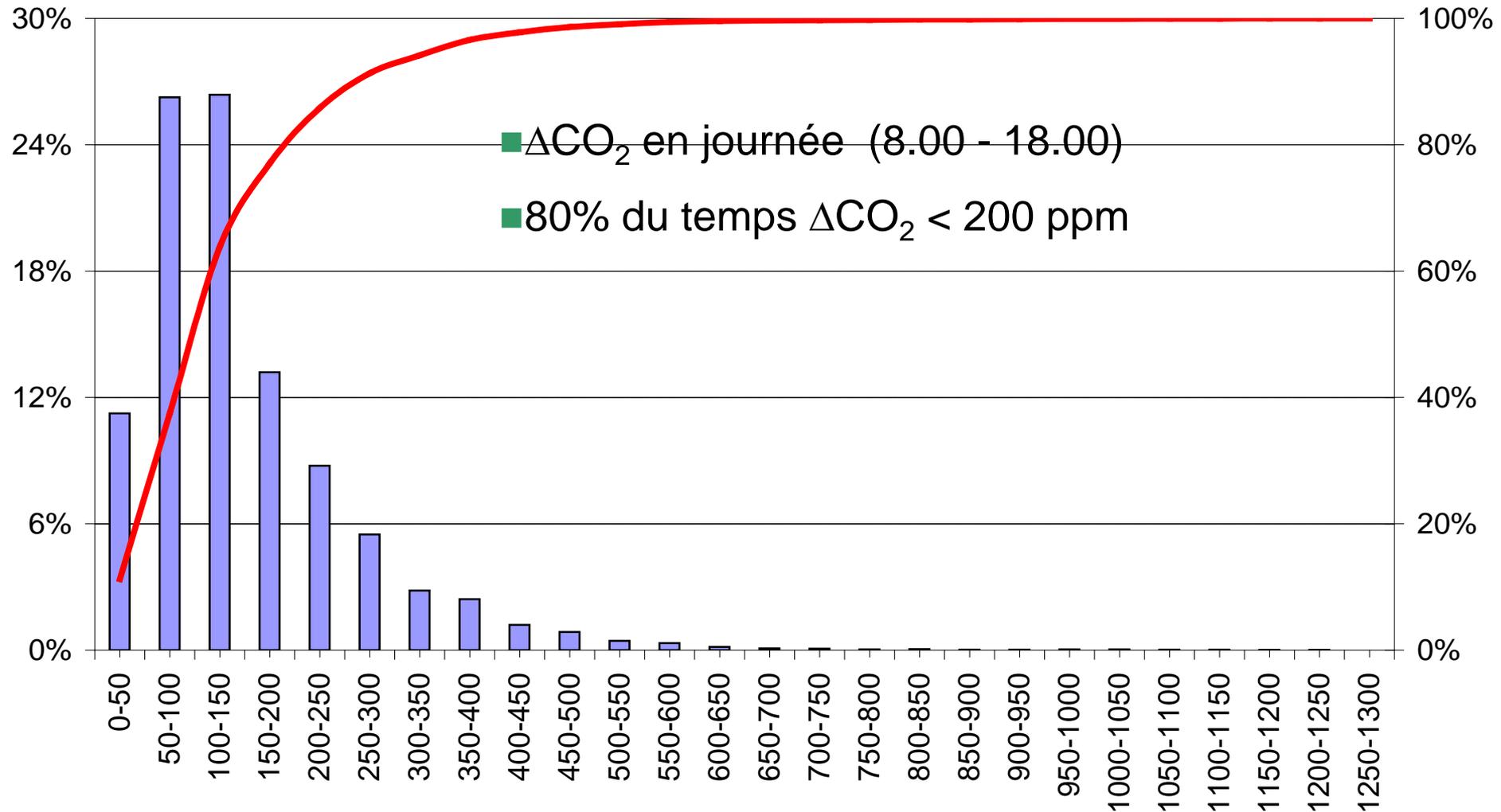




Quelle URE de la ventilation ?

- 1. diminuer le débit nominal**
 - Campagne de mesures "Kantoor 2000" du CSTC :
 - mesures CO₂- dans 7 bâtiments et 63 locaux
 - 6 avec ventilation double-flux et 1 sans ventilation

Mesures CO2 dans "KANTOOR 2000"



1. diminuer le débit nominal

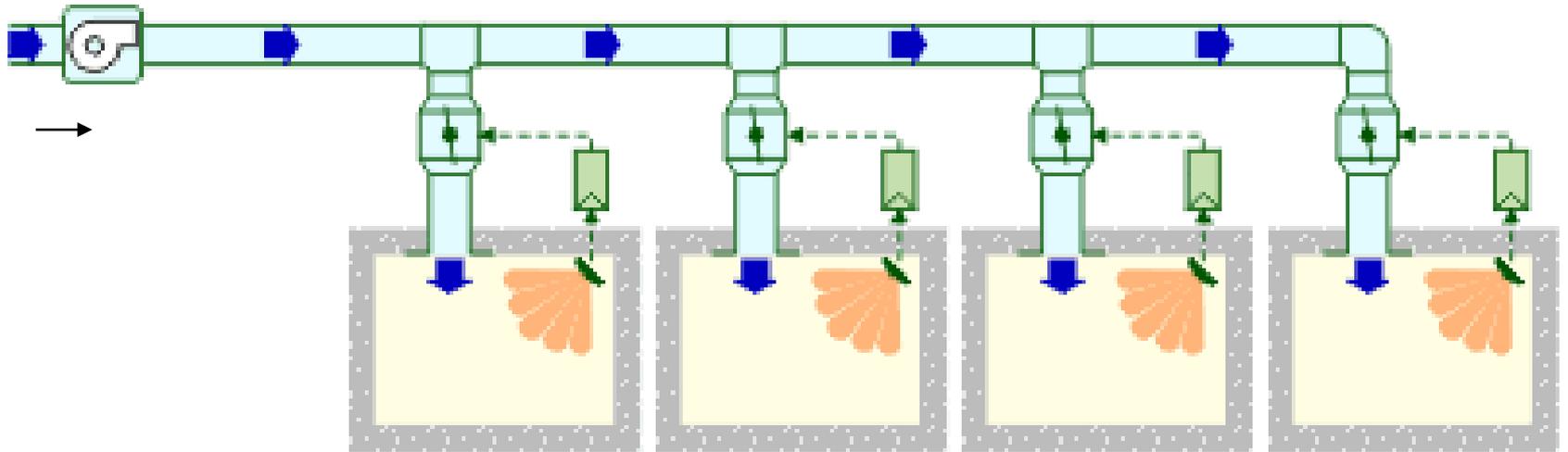
- Limiter le débit aux 30 m³/h.pers demandés par le RGPT
- Adapter le taux d'air neuf en fonction du nombre moyen effectif de personnes présentes (adaptation des poulies ou ventilateur à vitesse variable).



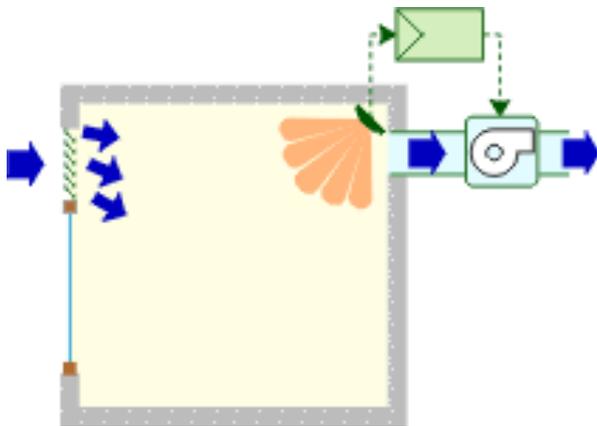
Quelle URE de la ventilation ?

2. diminuer le débit d'exploitation (= ventilation à la demande)

- Moduler le débit d'air neuf en fonction de la présence effective des occupants.
- C'est rentable si on peut économiser le traitement de 2.000.000 m³ (soit 1.000 m³/h x 2.000 h).
- **Outils :**
 - Détecteur de présence
 - Sonde CO₂
 - horloge (cafeteria, cuisine)
 - ...



Gestion d'un système multizone double flux



Gestion d'un système unizone simple flux



**Debit varie avec présence
+ Ventilateur à vitesse variable sur capteur de pression**



Quelle URE de la ventilation ?

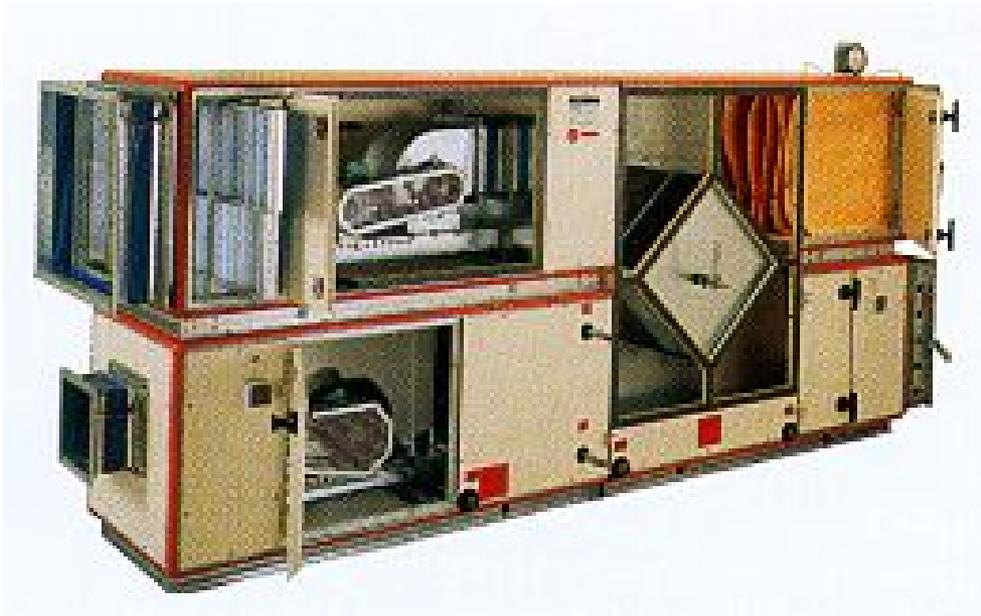
3. couper la ventilation la nuit et le week-end

- Heures de bureaux = 50 h/semaine... alors qu'une semaine dure $7 \times 24 \text{ h} = 168 \text{ h}$!
 - Des grilles qui restent ouvertes = fuite de chaleur permanente
 - Faut-il en déduire que la ventilation mécanique s'impose ?
 - Arrêter l'air neuf en période de relance du matin (avant l'arrivée des occupants).

Quelle URE de la ventilation ?

4. récupérer la chaleur de l'air extrait pour préchauffer l'air neuf

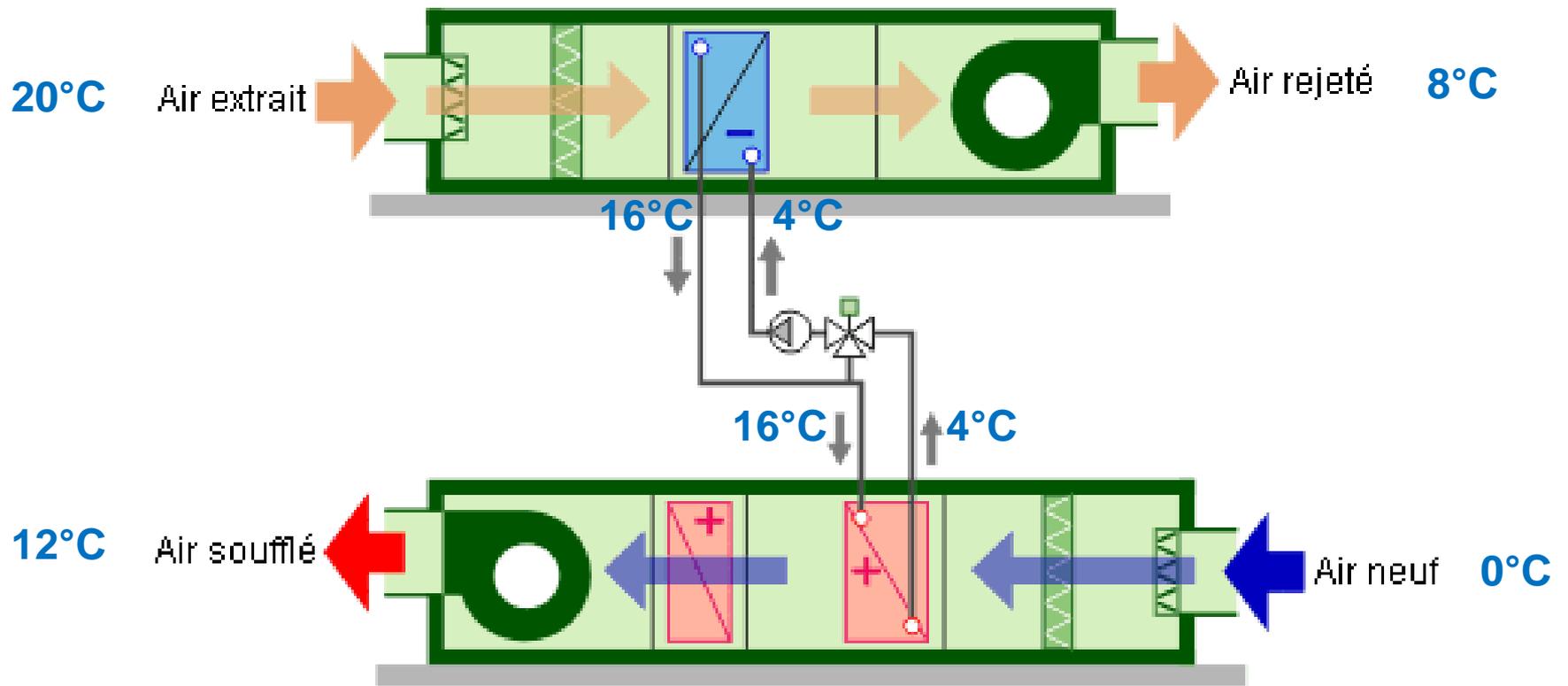
- Placer un récupérateur de chaleur : très "rentable" si
 - débit d'air > 10.000 m³/h en fonctionnement 10 h/jour
 - débit d'air > 4.000 m³/h en fonctionnement 24 h/ 24



Récupérateur à plaques dans un caisson de traitement d'air

Attention au besoin de by-pass en mi-saison !

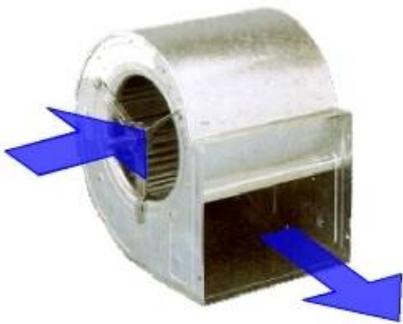
Si les conduites ne sont pas proches l'une de l'autre,
→ récupérateur à eau glycolée



Quelle URE de la ventilation ?

5. choisir des ventilateurs performants

Débit Q [m ³ /h]	Rendement min. Exigé	Rendement min. Conseillé
Q > 20.000	80 %	82 %
20.000 > Q > 10.000	78 %	80 %
10.000 > Q > 6.000	75 %	77 %
6.000 > Q > 3.000	70 %	72 %
Q < 3.000	60 %	60 %



Ventilateur centrifuge

Quelle URE de la ventilation ?

6. concevoir des réseaux sans fuites



- Conduit rectangulaire à angles droits
- Fuites... jusqu'à 50 %!



- Préférer les conduits circulaires
- Etanches!

Classe C



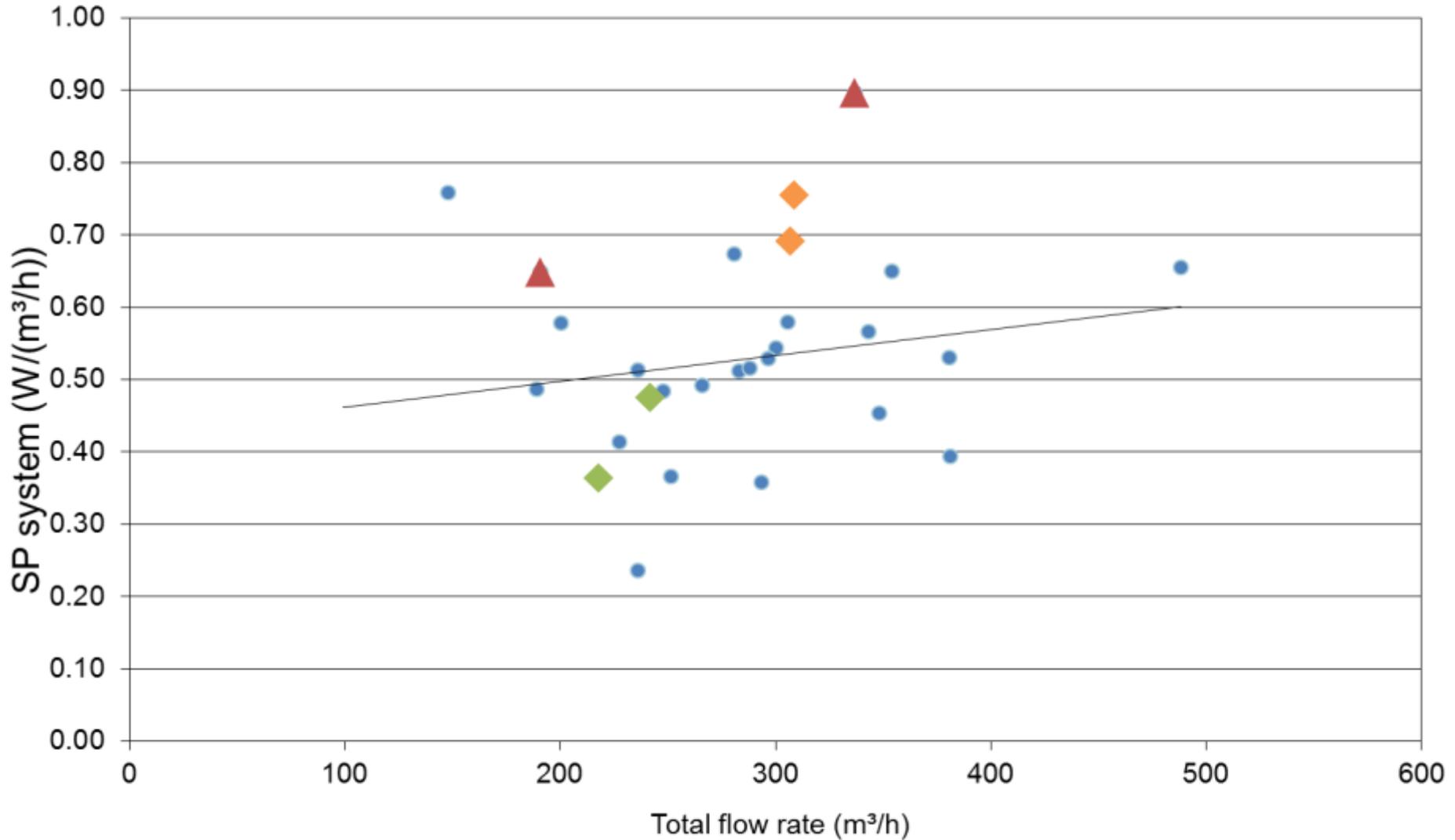
Quelle URE de la ventilation ?

7. choisir des conduits larges

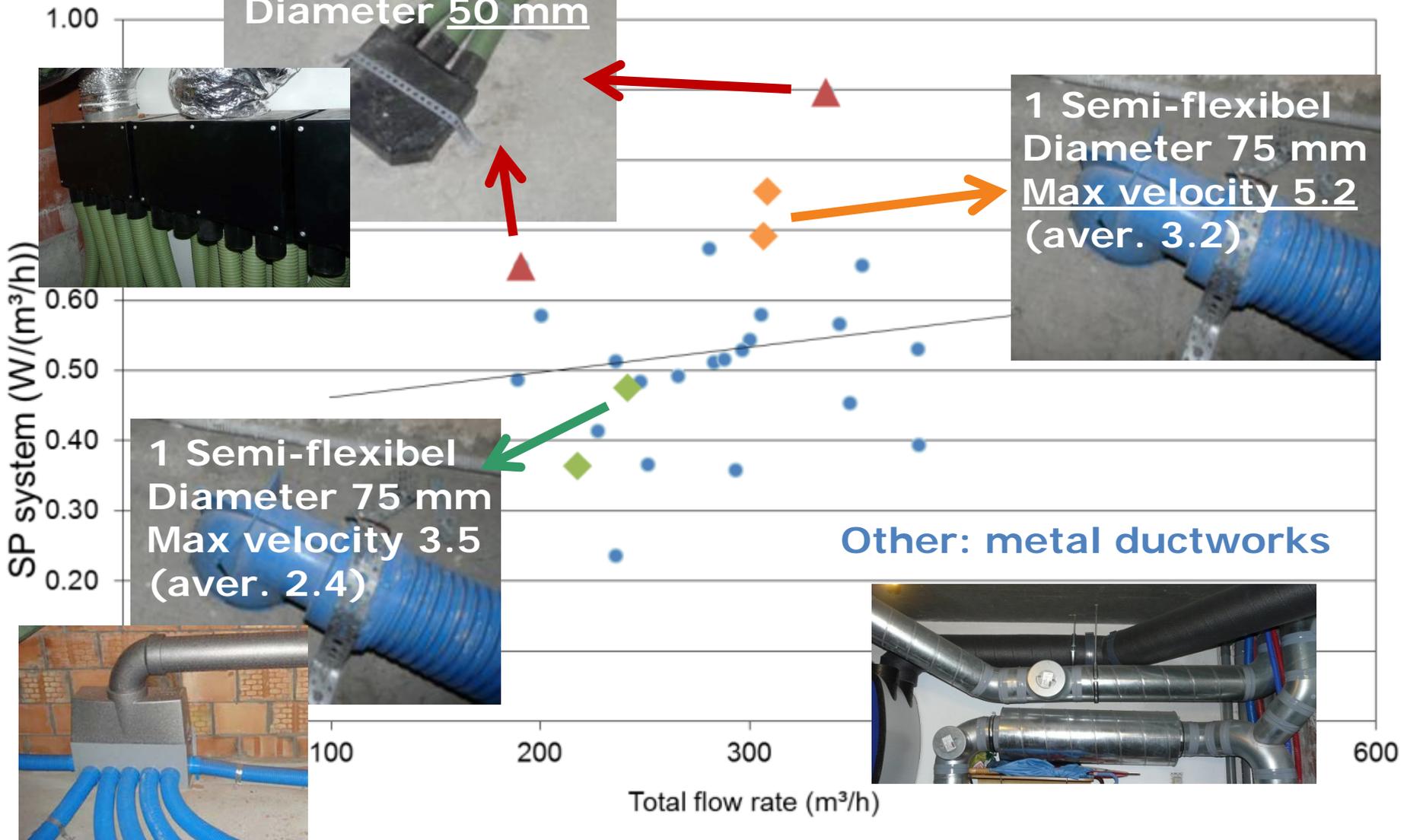
La perte de charge dans les tronçons linéaires ne dépassera pas 1 Pa/m et la vitesse ne dépassera pas 7 m/s.

Pertes de charge maximales : réseau de pulsion			
Composant	Pertes de charge faibles [Pa]	Pertes de charge moyennes [Pa]	Pertes de charge élevées [Pa]
Conduits	100	200	300
Batterie chaude	40	80	120
Batterie froide	100	140	180
Silencieux	30	50	80
Bouche de pulsion	30	50	100
Prise d'air extérieur	20	50	70

SFP for the whole system



SPD for the whole system



Résumé : quelle URE de la ventilation ?

- 1. diminuer le débit nominal**
- 2. diminuer le débit d'exploitation
(= ventilation à la demande)**
- 3. couper la ventilation la nuit et le week-end**
- 4. récupérer la chaleur de l'air extrait pour
préchauffer l'air neuf**
- 5. choisir des ventilateurs performants**
- 6. choisir des réseaux sans fuites**
- 7. choisir des conduits larges**

Quelle maintenance de la
ventilation ?









Bouche d'extraction sanitaire dans un immeuble de bureaux.



*Bac de recyclage
d'un humidificateur ...*



Le meilleur des systèmes peut former un **bouillon de culture** idéal pour une importante flore microbologique ... **s'il n'est pas bien entretenu !**

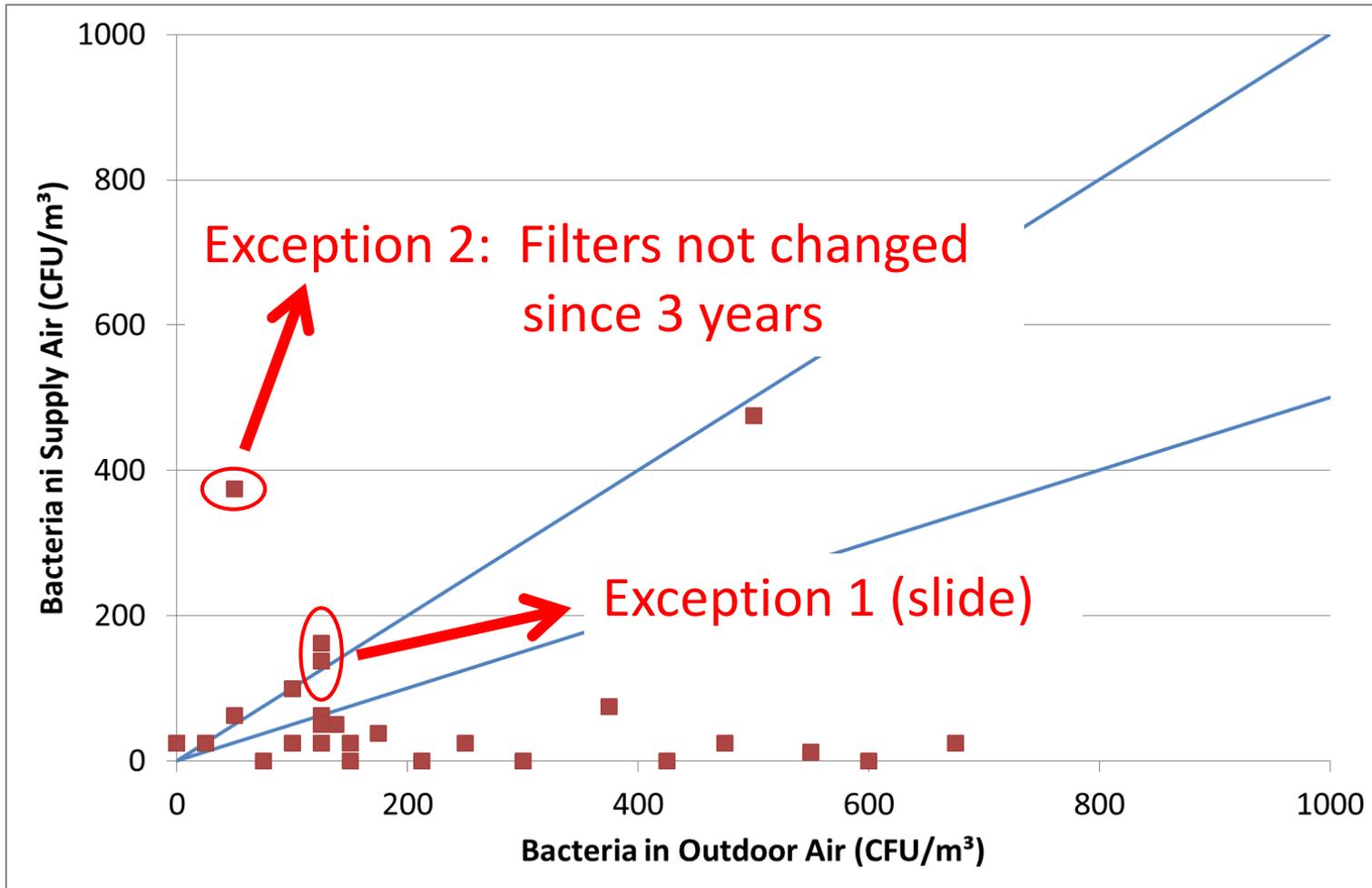


En pratique :



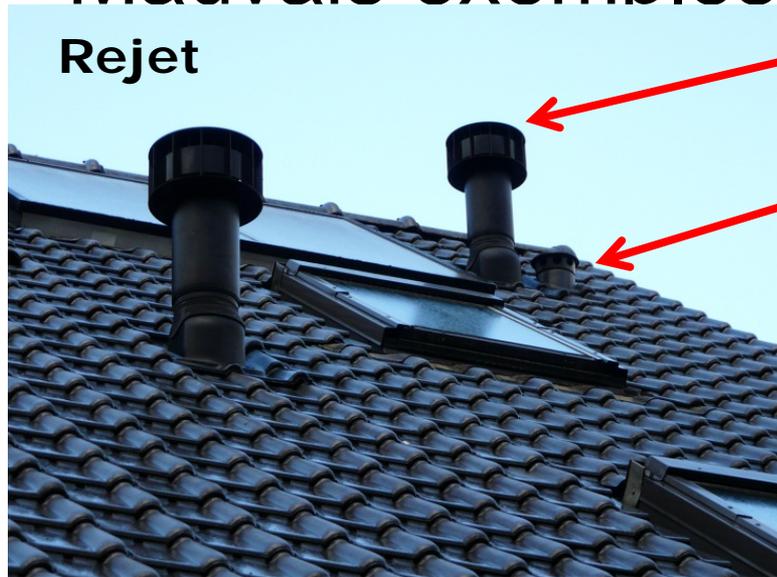
- **vidange et nettoyage de l'humidificateur** à eau froide une fois par mois,
- contrôle de la **lampe UV** de cet humidificateur,
- remplacement des **filtres** colmatés (ex. : si $\Delta p > 150$ Pa),
- contrôle de la lame d'eau (**siphon**) dans l'évacuation vers l'égout du caisson de climatisation
- **nettoyage** et désinfection des **échangeurs** et des **conduits d'air**.

Bacteria in Supply air



Emplacement prise d'air: exemples

- Mauvais exemples...



Prise d'air!

Aération des
eaux usées...



Distance prise d'air: règle simplifiée

- Règle générale: prise d'air
 - **2 m plus bas** que tous les autres rejets (ventilation, hotte, chauffage, etc.)
 - Sur une **autre paroi** si possible
- Exemple pratique
 - Prise d'air dans une façade
 - Rejets en toiture



Encrassement sur chantier

- Protéger tous les composants
 - Pendant le transport ET stockage
 - Pendant le montage (autres travaux en cours)



Entretien (par l'utilisateur)

- Filtres
 - A remplacer **min 1 x par an**, avant l'hiver
 - A nettoyer régulièrement
 - Tous les 2-3 mois selon les cas
 - Aspirer délicatement
 - Le groupe doit être facilement accessible!
- Bouches
 - Très régulièrement
 - Facile à faire pas l'utilisateur



Entretien (par l'utilisateur)

- Ouvertures d'alimentation naturelle
 - Assez régulièrement, selon encrassement
 - Facile à faire par l'utilisateur

