



UNIPSO

Union des Entreprises  
à Profit Social



S A N T É



ENVIRONNEMENT

## Séminaire : Utilisation Rationnelle de l'Energie et production de froid dans le secteur hospitalier

CHARLEROI, le 23 Février 2011

## SOMMAIRE

- La performance environnementale du bâtiment
- Focus Qualité d'Air Intérieur en milieu hospitalier
  - Définition
  - Focus pollution particulaire
  - QAI un monde normé
  - QAI et Eco-Conception
- La QAI de la zone d'hébergement
  - Traitement de la pollution particulaire
- La QAI et la salle d'opération
  - Focus sur l'optimisation de la filtration et impact énergétique
- Une approche confort en milieu hospitalier
  - L'humidification en zones à risques hospitalières : Enjeu énergétique

# La performance environnementale du bâtiment

## QUALITE D'AIR INTERIEUR

Sécurité sanitaire – Qualité sanitaire des produits

## CONFORT

Bien-être

## OPTIMISATION ENERGETIQUE

Reduction de l'empreinte éq. CO<sub>2</sub> – Gains énergétiques



# **Focus**

## **Qualité d'Air Intérieur en milieu hospitalier**

***La Qualité d'Air Intérieur :  
vecteur de bien-être  
gage de qualité environnementale du bâtiment ...***

***... Et enjeu énergétique !***

## *Mais en fait, la QAI, c'est quoi ?*

- La Qualité de l'Air Intérieur ne se définit pas par un critère unique.
- La qualité d'air intérieur se définit par un ensemble de critères relatifs aux différentes natures de polluants présents dans les bâtiments.
- Les trois types de pollutions de l'air intérieur sont :
  - ➔ la pollution particulaire ;
  - ➔ la pollution chimique ;
  - ➔ la pollution microbiologique.

# Analyse des besoins suivant les applications

# QAI

Aérosol microbiologique

Contaminants particulaires

Contaminants microbiologiques

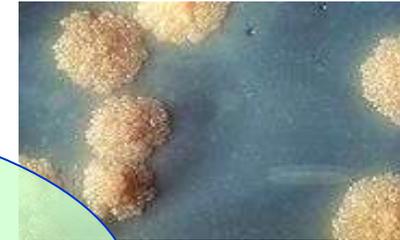
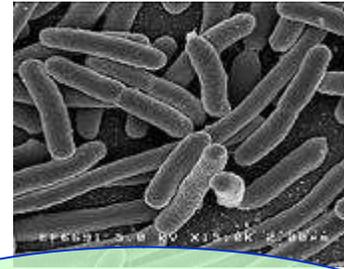
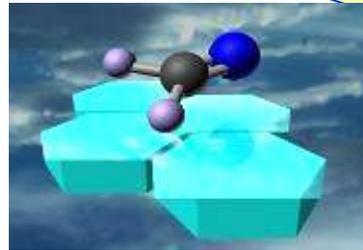
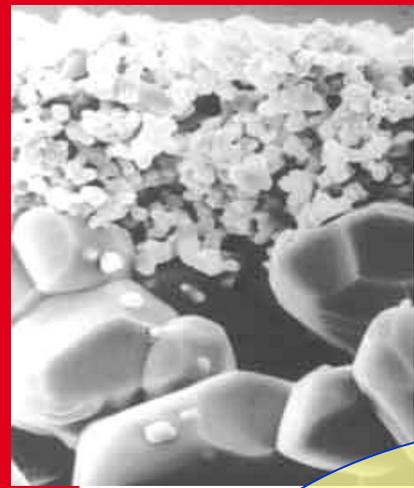
Contaminants moléculaires

Endotoxines, mycotoxines, VOCs

Molécule adsorbée par une particule



Les trois familles de polluants ne peuvent pas être dissociés dans une approche QAI efficace



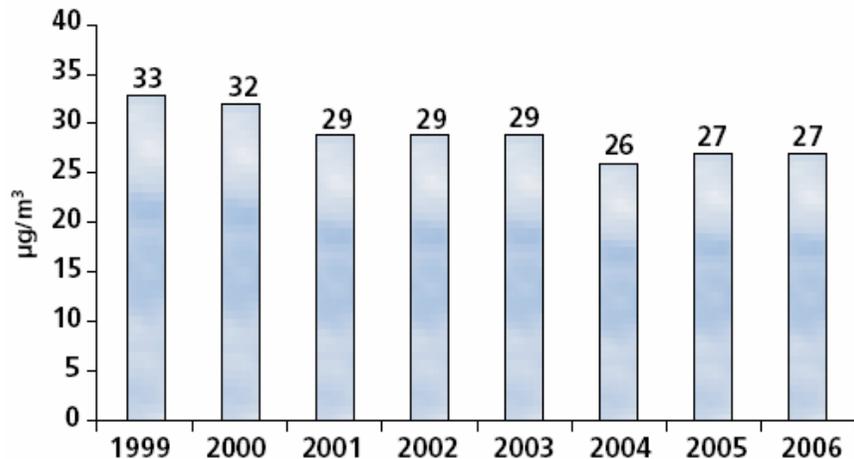
## *Focus pollution particulaire*

# La QAI en milieu hospitalier

## PARTICULES

### *Evolution des niveaux extérieurs*

Évolution de la concentration moyenne de particules PM<sub>2,5</sub> sur la station trafic du boulevard périphérique Auteuil



### Particules PM<sub>2,5</sub> :

On observe une baisse régulière depuis 1999, et une stabilité des concentrations depuis 2004.

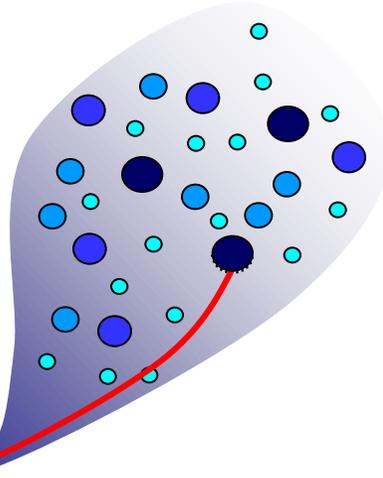
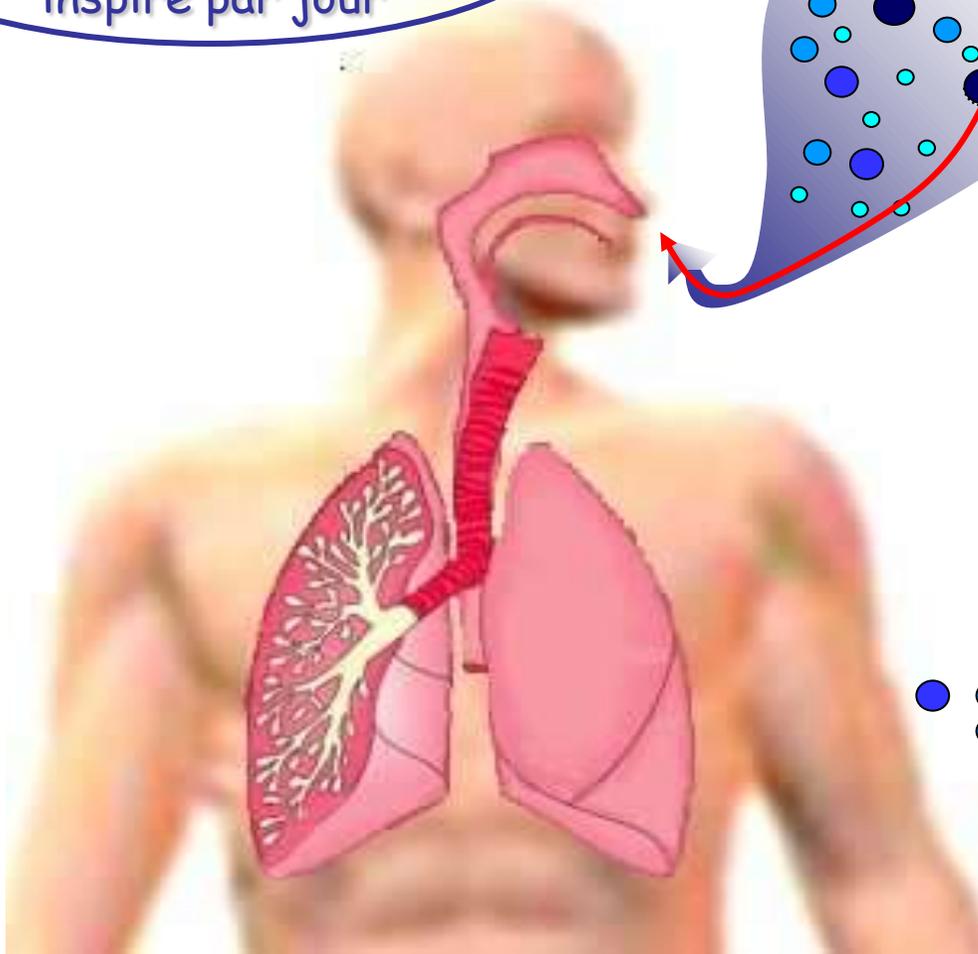
**Or valeur limite admise pour l'air intérieur : 10µg/m<sup>3</sup>**

# La QAI en milieu hospitalier

## PARTICULES IMPACT SANITAIRE

La respiration humaine  $\approx$   
15 m<sup>3</sup> d'air  
inspiré par jour

Section de passage



Vitesse d'air

- Fraction inhalable  $\approx$  PM10
- Fraction thoracique
- Fraction alvéolaire  $\approx$  PM4

## PARTICULES IMPACT SANITAIRE



### L'impact sanitaire pour l'air ambiant

Augmentation de la concentration en PM10 de l'air ambiant de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$



**+ 0,6 %**  
de taux de mortalité générale  
(source InVS)

Augmentation de la concentration en PM2,5 de l'air ambiant de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$



**+ 1,5 %**  
de taux de mortalité générale  
(source InVS)

## *La QAI un monde normé*

- L'approche QAI des certifications environnementales des bâtiments
  - ➔ BREEAM
  - ➔ LEED
  - ➔ HQE

## BREEAM

- **HEA 7 : Potentiel de ventilation naturelle**

- ➔ Encourager la ventilation naturelle efficacement répartie dans toutes les pièces
- ➔ Attention, approche purement énergétique

- **HEA 8 : Qualité d'air intérieur**

- ➔ Positionnement des prises d'air neuf pour garantir la qualité de l'air introduit
- ➔ La filtration n'est pas considérée par BREEAM comme une garantie de protection contre les pollutions extérieures

- **HEA 9 : Composés Organiques volatiles**

- ➔ Utilisation de matériaux intégrés à basses émissions de COV (mobilier non pris en compte par BREEAM !)

- **HEA 12 : Contamination microbiologique**

- ➔ Prévention des risques de contamination légionnelles aéroportée ou sur réseaux eau sanitaire

## LEED

- **Crédit 1** **Contrôle du CO2**
  - ➔ Mesure et monitoring
- **Crédit 2** **Efficacité de la ventilation**
  - ➔ Taux d'air neuf au-delà des valeurs réglementaires
  - ➔ Récupérateurs air/air imposés
- **Crédit 3.1** **Plan de gestion de la qualité de l'air - pendant la construction**
  - ➔ Contrôles QAI durant la phase chantier
  - ➔ Remplacement des filtres avant mise en occupation + sur-ventilation
- **Crédit 3.2** **Plan de gestion de la qualité de l'air - analyse avant l'occupation**
  - ➔ Valeurs guides maximales de polluants indiquées
- **Crédit 4.1** **Matériaux à faibles émissions - adhésive et produits d'étanchéité**
  - ➔ Valeurs guides en COV imposées
- **Crédit 4.2** **Matériaux à faibles émissions - Peintures et enduits**
- **Crédit 4.3** **Matériaux à faibles émissions - Tapis**
- **Crédit 4.4** **Matériaux à faibles émissions - bois stratifié**
- **Crédit 5** **Contrôle des produits chimiques et des sources de pollution**
  - ➔ Filtration + gestion des surpressions

## HQE

- Cible 2 : Choix intégré des produits, systèmes et procédés de construction
  - ➔ Impact ENVIRONNEMENTAL et SANITAIRE des produits et SYSTEMES si cible 4 (gestion de l'énergie) retenue en TP
- Cible 11 : Garantie d'une ventilation efficace, Maitrise des sources d'odeurs désagréables
  - ➔ Contrôle CO2 par pièce
  - ➔ Ventilation naturelle en Base seulement (acoustique, QAI)
- Cible 12 : Qualité sanitaire des espaces
  - ➔ Qualité de la ventilation
- Cible 13 : Qualité sanitaire de l'air
  - ➔ Garantie d'une ventilation efficace
  - ➔ Maitrise des sources de pollutions

## La QAI, un monde bientôt réglementaire

- **Des valeurs guides ou valeurs maximales d'exposition sont éditées :**

- ➔ OMS (Organisation Mondiale de la Santé)
- ➔ INVS (Institut de Veille Sanitaire)
- ➔ ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail)

- **Des normes prennent leur place :**

- ➔ NF EN ISO 15251, « *Critères d'ambiance intérieure pour la conception et l'évaluation de la performance énergétique des bâtiments couvrant la qualité de l'air intérieur, la thermique, l'éclairage et l'acoustique* », Août 2007
  - ➔ Norme établie en marge de l'EPBD afin d'éviter de privilégier exclusivement l'énergie au détriment du confort et de la QAI
- ➔ NF EN ISO 16814 : « *Conception de l'environnement des bâtiments -- Qualité de l'air intérieur -- Méthodes d'expression de la qualité de l'air intérieur pour une occupation humaine* », octobre 2008.
  - ➔ Outil de conception globale

## *QAI et Energie*

- Une QAI maîtrisée a un impact énergétique réduit (apport d'air neuf, filtration, ventilation, )
  - ➔ C'est la connaissance des polluants alliée à l'expertise système qui permet de réduire cet impact
- Le challenge est d'améliorer la QAI avec moins d'énergie
- Nécessité d'une approche système globale et efficace :
  - ➔ Des produits adaptés et prévus pour travailler ensemble de manière optimale
  - ➔ Un pilotage intégrant toute l'intelligence requise et l'expertise du fonctionnement des systèmes de traitement d'air du bâtiment
  - ➔ Une Eco-Conception garantissant les performances environnementales des systèmes

## Qu'est-ce que l'éco-conception ?

- Réduire les impacts environnementaux du produit sur tout son cycle de vie et pour différentes catégories de dommages sur l'environnement (normes ISO 14062 - NF EN 62430) :



Dommages quantifiés :

Santé humaine

Changement climatique

Consommation des ressources

Qualité des écosystèmes

- L'Analyse de Cycle de Vie (ISO 14040) est un outil d'éco-conception permettant d'obtenir l'impact environnemental du produit.

## *Démarche environnementale globale nécessaire.*

- **Mise en place d'une méthodologie d'Eco Conception dans le respect des normes.**
  - ➔ Amélioration environnementale continue des produits.
- **Réalisation des Analyses de Cycle de Vie.**
  - ➔ Définition de l'impact environnemental.
- **Synthèse fiable et normée des données environnementales en respect des normes:**
  - ➔ Fiches de Déclaration Environnementales et Sanitaires
  - ➔ Profils Environnementaux Produits (pour les systèmes)
- **Intégrer le paramètre QAI dans les ACV.**

*QAI, enjeu majeur du confort et de la sécurité sanitaire de l'occupant*



**Amélioration** de la Qualité des ambiances intérieures



**Diminution** de la consommation d'énergie

**Un AIR SAIN**

**Un AIR CONFORTABLE**

**Un AIR Énergétiquement Économique**

*Compromis nécessaire entre qualité de l'air et économies d'énergie*



Transformer ce compromis en paradoxe .



**Dépasser un paradoxe c'est de l'INNOVATION ...**

# La QAI en milieu hospitalier

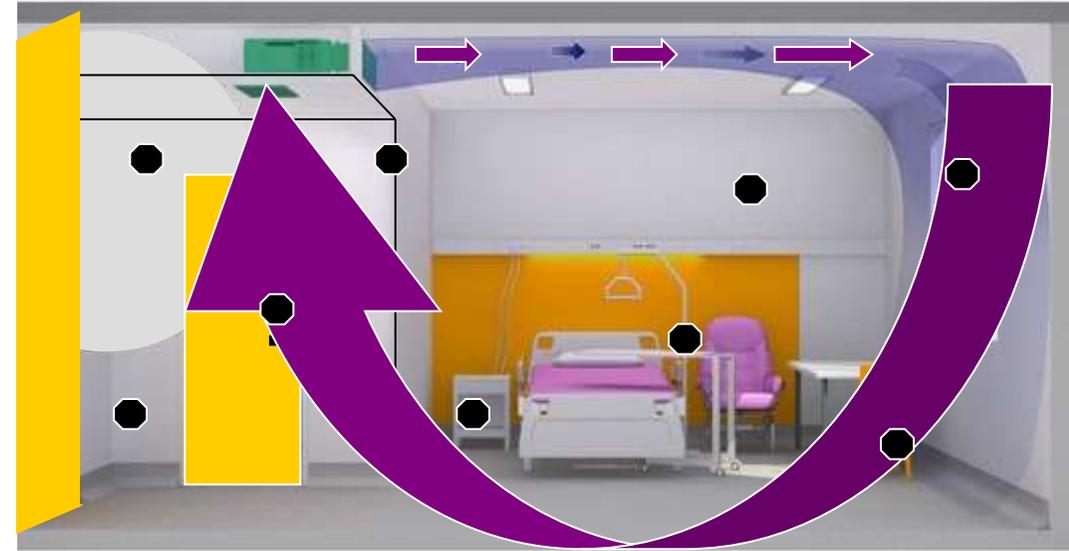
## La QAI de la zone d'hébergement

### Focus sur le traitement de la pollution particulaire



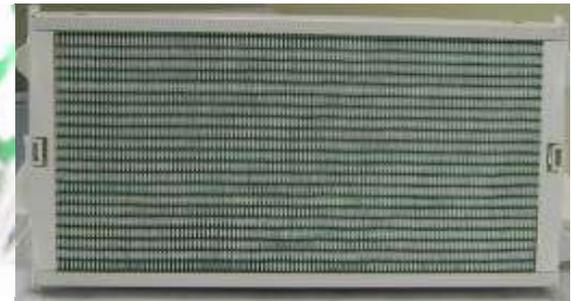
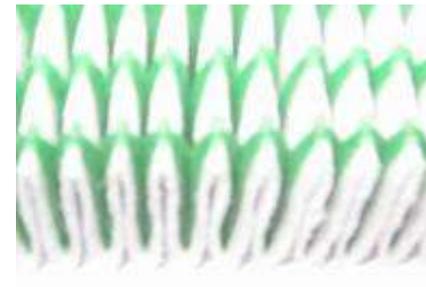
## QAI

- Recyclage
  - Veine d'air protégée



- Diffusion
  - Traitement homogène

- Filtration
  - Haute performance

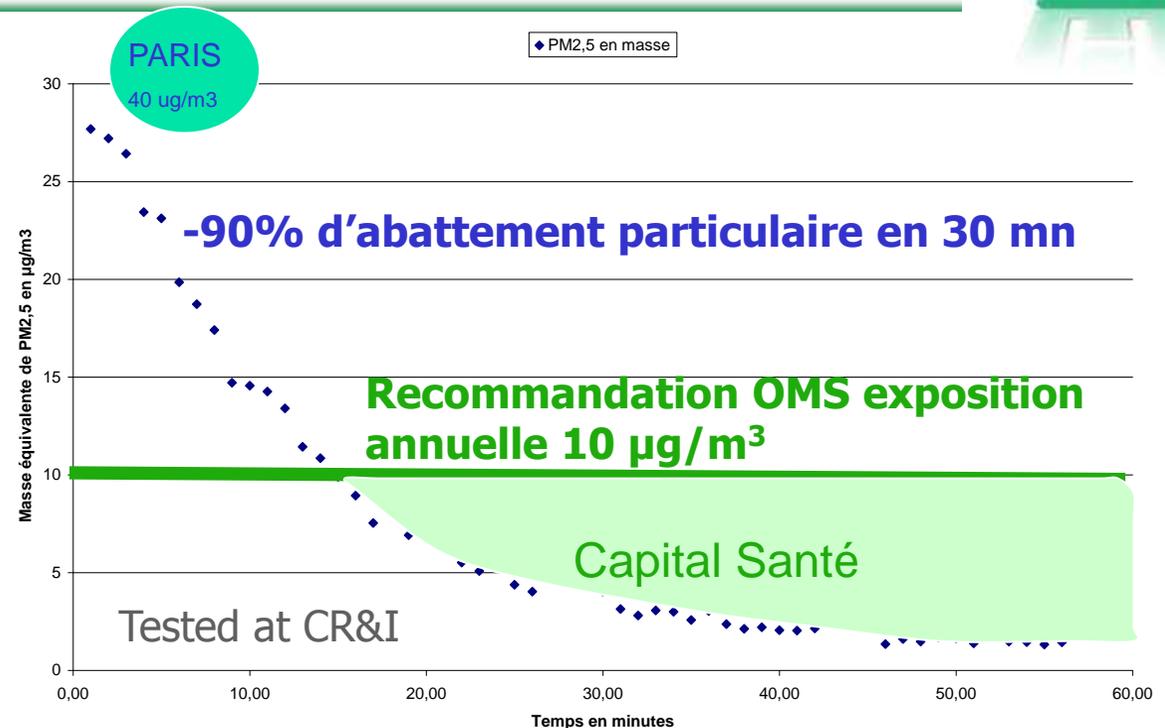


# FONCTION EPURE



## ◆ Avantages :

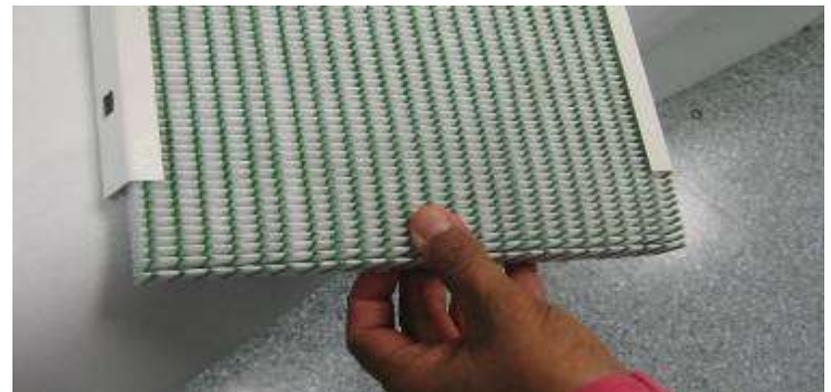
- Réduction impact sanitaire des PM 2.5
- Amélioration pathologie apnée du sommeil



## ◆ Maintenance réduite:

- Durée de vie du filtre renforcée

**Exclusivité CIAT**



# La QAI en milieu hospitalier

## La QAI de la salle d'opération

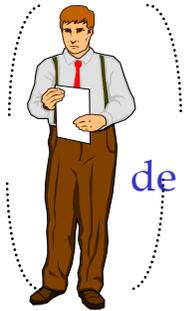
**Focus sur l'optimisation de la filtration  
et impact énergétique**

# Salle blanche : problématique

Air atmosphérique

30 000 000  
particules/m<sup>3</sup>

Plusieurs  
millions

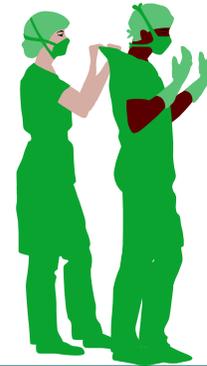


de particules/mn

- Architecture
- Exploitation
- Traitement de l'air

Salle à empoussièrement contrôlé

3 500 particules/m<sup>3</sup>



*Zone à risques 4*

## HYPOTHESE

## RESULTAT

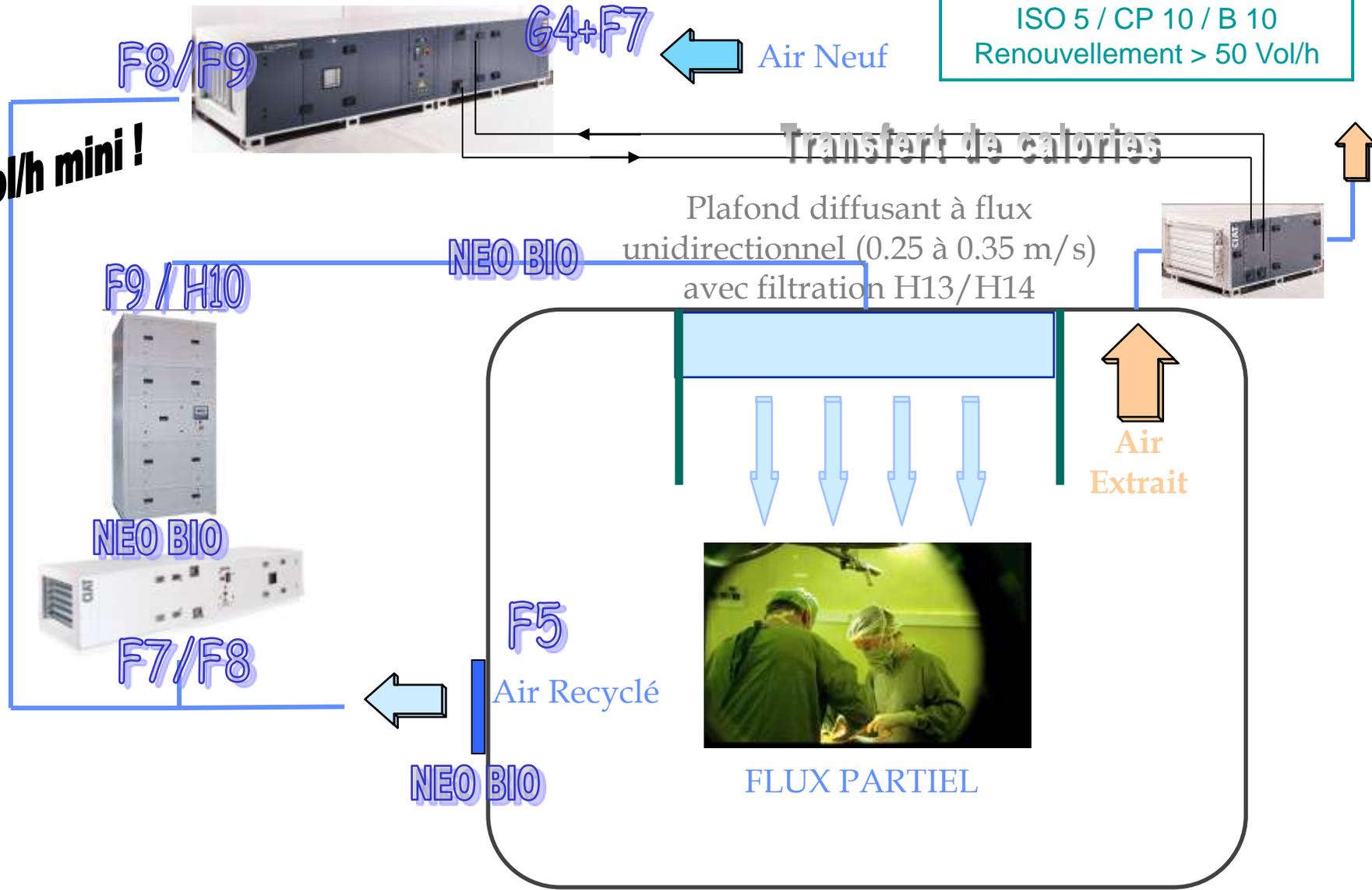
### TRAITEMENT D'AIR

- . Air neuf et Taux de Renouvellement
- . Contrôle T° et H%
- . Suppression, dépression
- . Diffusion
- . Filtration

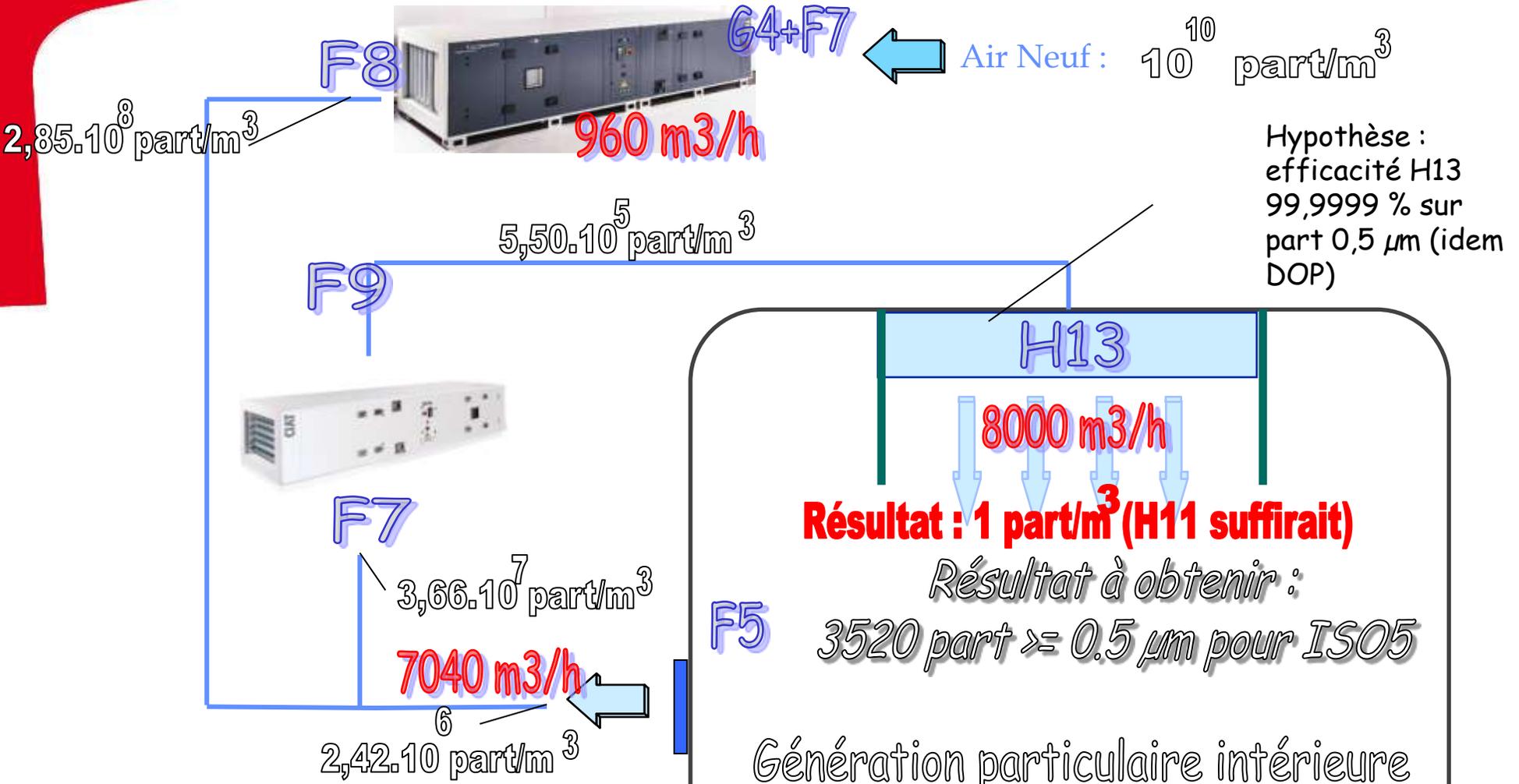
# Zones à risques 4

Très hauts risques  
ISO 5 / CP 10 / B 10  
Renouvellement > 50 Vol/h

6 vol/h mini !



# Zones à risques 4



Hypothèse :  
 efficacité H13  
 99,9999 % sur  
 part 0,5 μm (idem  
 DOP)

**Résultat : 1 part/m<sup>3</sup> (H11 suffirait)**

Résultat à obtenir :  
 3520 part  $\geq$  0.5 μm pour ISO5

Génération particulaire intérieure  
 $10^6$  part/s x 5 personnes

Option 2 : F6 + F8 + F9 sur CTA AN, on tombe à  $6,67 \cdot 10^6$  part en sortie, soit 82% de particules en moins.

Dans ce cas un filtre terminal à 0,96 d'efficacité suffit => F9 à 0,95 suffit presque.

## Calcul de la concentration particulaire résultante

- Dans l 'exemple précédent l 'influence de la génération intérieure est négligeable par rapport à l 'extérieur
- D 'où l 'intérêt d 'améliorer la filtration de l 'air neuf
- Ce calcul sert essentiellement à quantifier l 'amélioration induite par un changement de filtre dans la chaîne

# **L'humidification en zones à risques hospitalières :**

## **Enjeu énergétique**

## Notions de base d'humidité

Définition du conditionnement d'air :

" Traitement de l'air permettant de régler simultanément les caractéristiques de l'atmosphère d'un local :

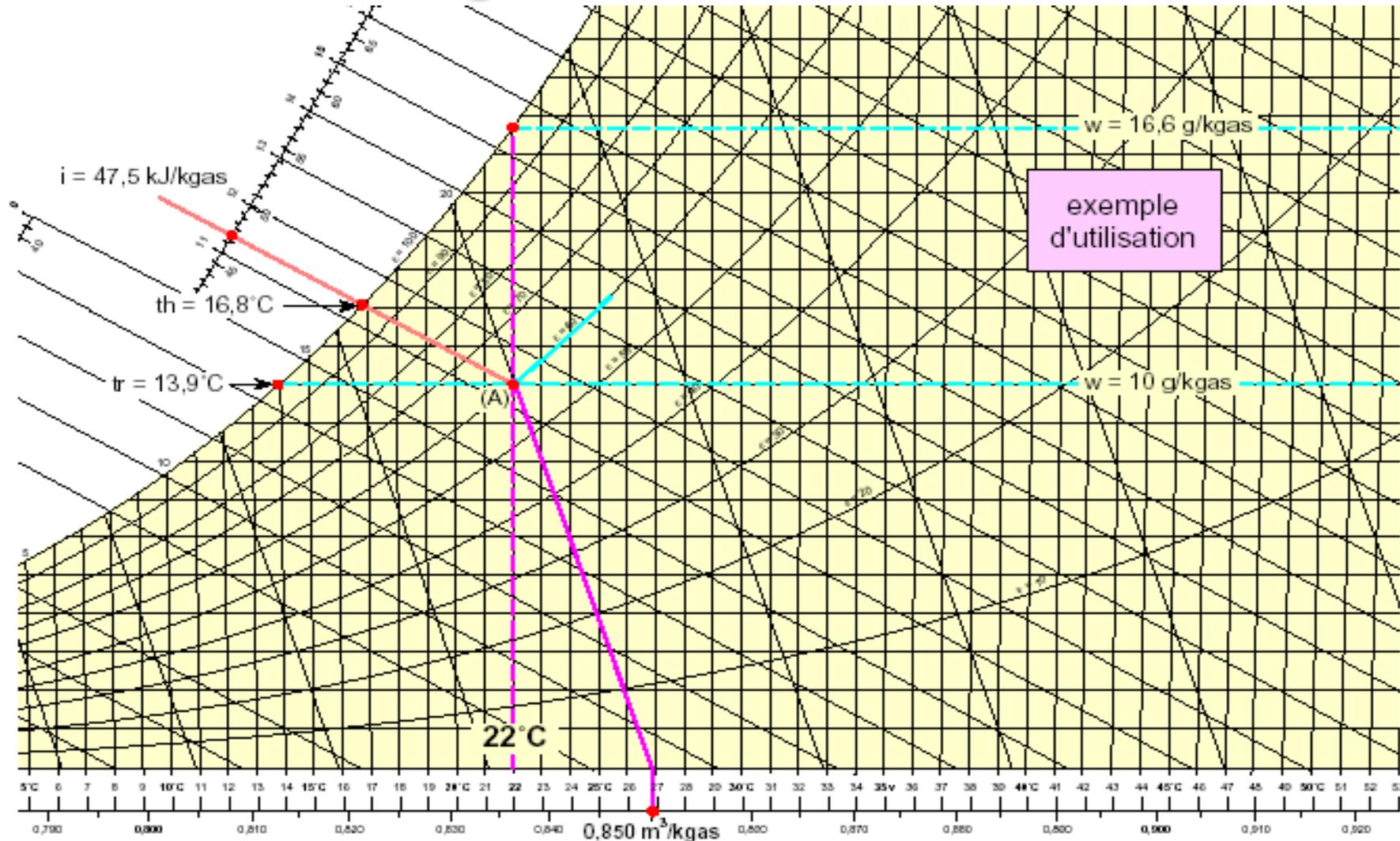
- ✓ température
- ✓ pression
- ✓ hygrométrie
- ✓ propreté "

## Le diagramme de l'air humide

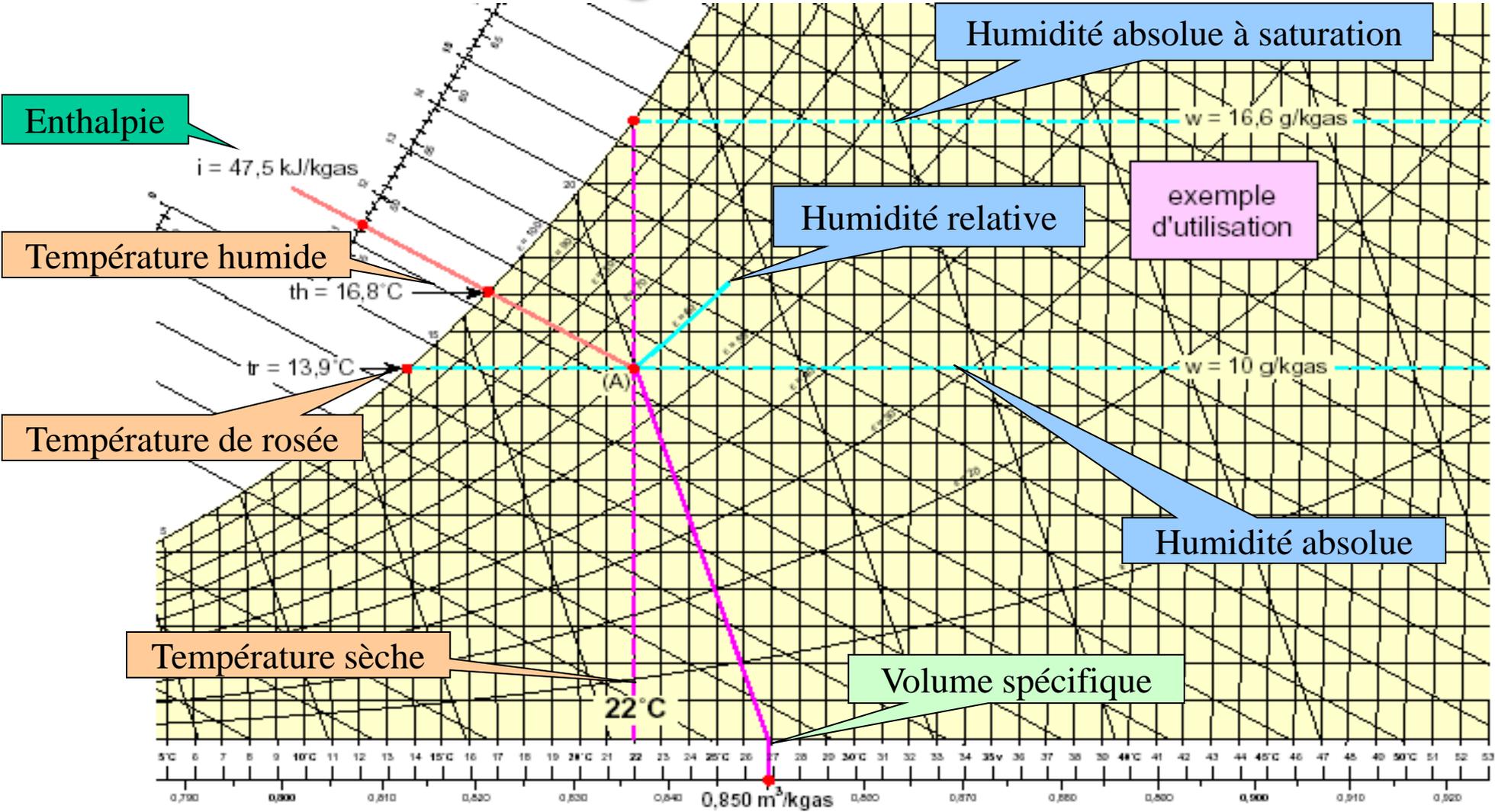
Quelques définitions :

- Air sec : mélange de gaz parfaits ( $O_2$ ,  $N_2$ , Ar,  $CO_2$ , gaz rares)
- Air humide : mélange d'air sec et de vapeur d'eau
- Masse volumique : masse de l'unité de volume d'air humide ( $kg_{ah}/m^3_{ah}$ )
- Humidité absolue ou « poids d'eau » : masse de vapeur d'eau dans l'unité de masse d'air sec ( $kg_{eau}.kg_{as}$ )
- Température de rosée : température à laquelle apparaissent des gouttelettes d'eau lors du refroidissement
- Humidité relative : Assimilée au rapport entre l'humidité absolue au point considéré et au point de saturation à la même température
- Différence d'enthalpie : quantité d'énergie nécessaire pour élever ou abaisser la température de l'air sec, augmenter ou diminuer la teneur en vapeur d'eau, ceci pour 1 kg d'as (unité  $kJ/kg_{as}$ )

## Le diagramme de l'air humide



## Le diagramme de l'air humide



## L'humidification en zones à risques

### Importance du couple température hygrométrie

**La norme française NF-S 90-351  
indique : T = 19 à 26 °C / HR 45 à  
65 %**

**La législation belge : jusqu'à 24° C  
et le degré d'humidité de 40 à 60 %**

**Humidité absolue :  
de 6 g à 13,5 g / kg as  
=> 2,25 fois plus  
d'humidité**

**Humidité absolue :  
de 5,5 g à 11,5 g / kg as  
=> 2,1 fois plus  
d'humidité**

## Importance du couple température hygrométrie

Apport d'air neuf 7 °c / 95 % HR => 6 g/kgas

Apport interne 8 personnes (hypothèse 60 W soit 86 g H<sub>2</sub>O / h / pers.)

=> 688 g/h pour 8 personnes.

Volume salle d'opération : 200 m<sup>3</sup> => 6 x 200 = 1200 m<sup>3</sup>/h d'AN soit 1404kg/h (hypothèse 6 vol/h)

Le poids d'air de la salle (en tenant compte d'une densité de 1,17 kg/m<sup>3</sup>) est de 234kg.

Ainsi l'accroissement d'humidité en 1h est de 688/234 = 2,9 g d'eau / kg as

En partant de conditions de départ de 22°C / 50% (poids d'eau 8,5 g/kgas), sans air neuf on se retrouverait à 8,5 + 2,9 = 11,4 g/kgas

Fin de première heure :  $((8,5 + 2,9) * 200 + 6 * 1200) / (200 + 1200) = 6.8$  g/kgas

Fin de deuxième heure :  $((6.8 + 2,9) * 200 + 6 * 1200) / (200 + 1200) = 6.5$  g/kgas

Fin de troisième heure :  $((6.5 + 2,9) * 200 + 6 * 1200) / (200 + 1200) = 6,5$  g/kgas

On a stabilité à 6,5 g/kgas soit 22°C/40% ou 21°C/45%

# L'humidification en zones à risques

## Importance de la consigne intérieure

**Autre hypothèse consigne 20°C / 45% => 6.5 g/kgas**

**On a stabilité à ce poids d'eau dans le mode de fonctionnement précédent et on maintient donc les conditions initiales**

# L'humidification en zones à risques

## Impact du taux d'air neuf

**Si taux d'air neuf 15 vol/h, débit AN  $15 \times 200 = 3000 \text{ m}^3/\text{h}$**

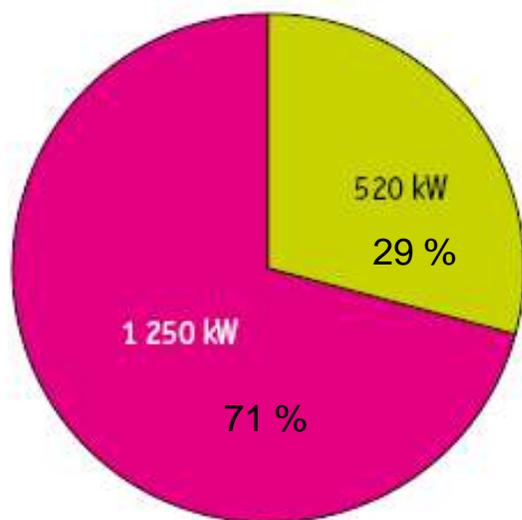
**Hygrométrie résultante au bout d'1 heure : 6.3 g/kgas  
Hygrométrie résultante au bout de 2 heures : 6.2 g/kgas  
Hygrométrie résultante au bout de 3 heures : 6.2 g/kgas**

**Donc 41 % à 21 °C**

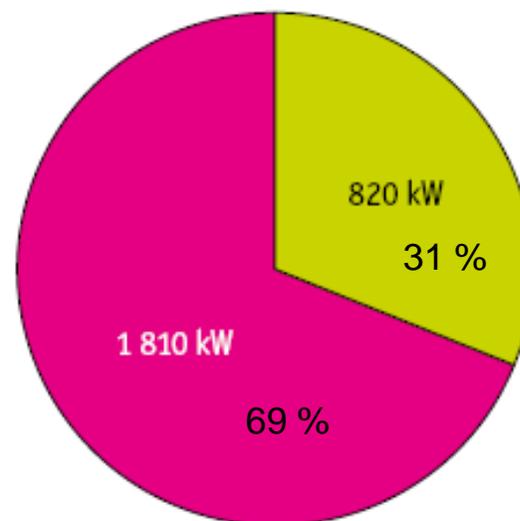
# L'humidification en zones à risques

Impact de l'humidification sur les puissances électriques installées des centrales de traitement d'air

1a - Données CHU de Tours



1b - Données CHU de Toulouse



 Puissance électrique des moteurs des CTA  
 Puissance électrique pour les humidificateurs

# L'humidification en zones à risques

## Exploitation des humidificateurs existants

Tableau II - Établissements de santé ayant mis à l'arrêt tout ou partie de leur parc d'humidificateurs

Établissements	Nombres de centrales de traitement d'air (CTA)	Nombres de centrales équipées d'humidificateurs
Marseille	71	1 CTA équipée en fonctionnement
Lourdes	25	8 CTA équipées dont 6 humidificateurs à l'arrêt
Dijon	105	30 CTA équipées dont 28 humidificateurs à l'arrêt
Martigues	30	0
Tours	241	68 CTA équipées tous les humidificateurs à l'arrêt
Nancy	140	4 CTA équipées tous les humidificateurs à l'arrêt
Toulouse	253	97 CTA équipées tous les humidificateurs à l'arrêt
Caen	119	67 CTA équipées tous les humidificateurs à l'arrêt
Les CH de Strasbourg, Orléans, Poitier, Metz-Thionville et Lille ont mis à l'arrêt tous leurs humidificateurs.		

**Nouveau CHU de TOULOUSE : 90 000 m<sup>2</sup> (+ de 100 CTA) ...**

**Pas d'humidificateurs hors IRM et Grands brûlés**

**Gains sur investissement : 400 000 €**

## Exploitation des humidificateurs existants

### Raisons évoquées :

- ✓ Référentiel HQE « établissement de santé » : proposer à un chirurgien de pouvoir opérer à 18°C en été et 24 °C en hiver avec des taux d'humidité pouvant varier de 30 à 60 % en moyenne incite à la consommation
- ✓ Réduction de l'impact CO2,
- ✓ Hausse du coût de l'énergie
- ✓ Coûts de maintenance élevés
- ✓ Difficultés de réglage (imprécision de la régulation)
- ✓ Absence d'apports mesurables en termes de qualité d'ambiance pour les patients et de confort pour le personnel
- ✓ Fonctionnements paradoxaux : déshumidification / ré humidification

Peu d'intérêt d'implanter des humidificateurs si on ne cherche pas à atteindre l'extrême haute des plages normatives pour HR

Nécessité de faire évoluer les normes européennes en supprimant ces critères de condition hygrométriques inutiles et coûteuses

# La performance environnementale du bâtiment

## QUALITE D'AIR INTERIEUR

Sécurité sanitaire – Qualité sanitaire des produits

## CONFORT

Bien-être

## OPTIMISATION ENERGETIQUE

Reduction de l'empreinte éq. CO<sub>2</sub> – Gains énergétiques





**QAI**  
**ECO-CONCEPTION**  
**CONFORT DE L'OCCUPANT**

**Les critères fondamentaux  
de la performance du bâtiment**