

SSST 14.11.2008

Qualité de l'air intérieur

C. A. Bernhard

Hygiéniste du travail, retraité IST

Sommaire

- **Qualité de l'air intérieur**
- **Sources de problèmes**
- **Effets sur la santé**
- **Moyens d'investigation**
- **Moyens d'action**

*Tout ça en une heure?
Y'en a un qui manque pas d'air!*

L'air? *Mais c'est pas une vie!*

- L'eau c'est la vie... mais l'air est sec!
- L'air... c'est dangereux!
 - 78% d'azote narcotique
 - 21% d'oxygène tue les cellules
(radicaux libres)
 - 1% d'argon asphyxiant, inerte
- ...et sinon?
 - CO₂ ça remonte!
 - traces, variables, polluants, particules,...

Qualité de l'air, critères

- Le pire: **Zone d'exclusion**
Dépassement de valeurs limites
- L'incorrect : **Zone d'insatisfaction**
Moins de 85% d'usagers satisfaits (ISO 7730)
- Le rêve : **Définition positive**
Quels déterminants?

*En moyenne, nous passons
90% de notre temps "dedans"*

"Petites phrases" ...

La qualité de l'air dans les bureaux, les habitations, les lieux publics? C'est :

- aussi vieux que la Guerre du Feu
- *dans les cas graves* : une question strictement toxicologique
- *mais dans tous les autres cas* : un truc psychologique et comportemental
- une maladie de riches
- un objectif en contradiction avec les économies d'énergie

Sources de problèmes

- Environnement extérieur, radon
- Matériaux et équipements
- Réactions chimiques
- Installations de traitement d'air
- Occupants et activités
- Bioaérosols
- Microclimat, environnement sonore
- Facteurs psychosociaux

Matériaux et équipements

■ Construction

- Les affreux: amiante, PCB...
- Les tenaces: colles, résines...
- Les (\pm) fugaces: solvants

■ Aménagement

- Mobilier
- Machines et ustensiles

■ Consommables

- Produits d'entretien
- Biocides

Réactions chimiques

- **Ozone indoor**
 - sources extérieures et intérieures
 - "pertes": surfaces, réactions, aération
- **$t_{1/2}$ 7-10 min**
 - assez pour réagir avec C=C (\approx 10% VOC)
 - produits d'oxydation irritants (et/ou réactifs!)
- **Radical OH• $> 10^{-5}$ ppb**
 - responsable de $> 50\%$ formaldéhyde,
 $> 70\%$ de formation de particules (SOA)

Traitement d'air: défaillances

- **Débit et circulation de l'air**
 - air **neuf** insuffisant, recyclage excessif
 - **distribution**, mélange mal réalisés
 - **courants** d'air, gradients de pression
- **Réglages**
 - température, humidité **inconfortables**
 - "réglages" **personnels** pulsion/aspiration
- **Qualité de l'air distribué**
 - polluants **extérieurs** (épuration, prise d'air)
 - **entretien** insuffisant, eau, moisissures

Occupants

... "bien sages"!

<i>Activité physique</i>	<i>Métabolisme W</i>	<i>CO₂ L/h/pers.</i>	<i>vapeur d'eau g/h/pers.</i>
Sédentaire	100-120	19	50
Légère	300	50	200
Moyenne	600	100	430
Intense (athlètes)	1000	170	750

*La fumée, c'est où? Et les bricoleurs?
Et le parfum de ma voisine?*

Bioaérosols

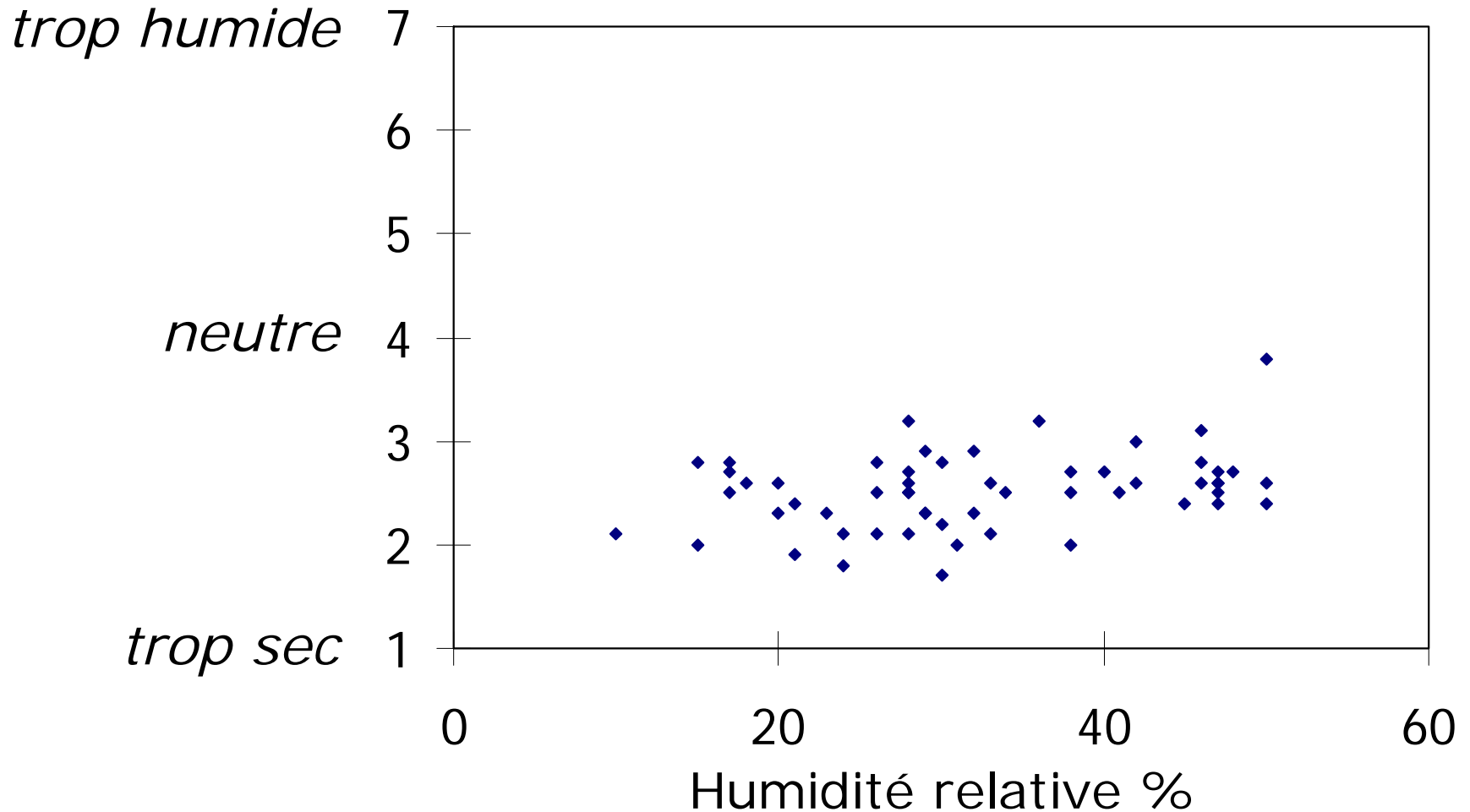
Grains de pollens	10-100 μm
Allergènes d'acariens	10-40 μm
Spores de moisissures	gén. 2-8 μm
Allergènes du chat	1-10 μm
Bactéries	0.5-5 μm
Virus	< 0.5 μm
<i>Fumée de tabac</i>	<i>0.01-0.1 μm</i>

Bioaérosols... vivants!

4 conditions pour un problème:

1. **réservoir**
2. **nourriture** (et boisson:
l'eau est indispensable!)
3. **croissance** / amplification
4. **dissémination**

Nous, des hygromètres ?



Environnement sonore

- **Même effet obtenu**
 - en abaissant la température opérative de 1°
 - en diminuant la vitesse d'air de 1 cm/s
 - en réduisant le bruit de 7 dB
- **Variante**
 - ΔT_{op} 1° équivaut à Δ bruit 1.2 dB[A]

*S'il vous plaît, dessine-moi
un bureau paysager...*

Facteurs psychosociaux

- Réussissez un bel échec!
 - Déplacez des gens qui se sentent bien
 - Empêchez l'ouverture des fenêtres
- Plafond de verre
 - "C'est d'abord/surtout/toujours les femmes qui se plaignent"
- Règlement du chef
 - "Si on vous dit que tout va bien, c'est que tout va bien, compris?"

Effets sur la santé

- Maladies liées au bâtiment
BRD
- Symptômes liés au bâtiment
BRS, BRI
SBS = sick building syndrome
- Hypersensibilité chimique multiple
- Composantes psychogènes

SBS: Symptômes

- **Non spécifiques:**
 - Irritations, sécheresse, démangeaisons
 - Troubles voies respiratoires sup.
 - Maux de tête
 - Troubles digestifs
 - Lassitude, abattement
- **Homogènes**
- **Affectant une fraction min. d'un collectif**

Moyens d'investigation

- Analyses physico-chimiques
- Bioaérosols
- Odeurs
- Ions
- Questionnaires

Indicateurs physico-chimiques

- **Composés organiques volatils (VOC)**
 - **TVOC** sans lien actuellement établi avec la santé ou le Sick Building Syndrome
- **Humidité relative**
 - "**trop sec**" ⇐ trop chaud, poussières, irritants
- **Bruit**
 - continu vs. intermittent
 - neutre vs. signifiant (*ce n'est plus de la physique!*)
 - év. infrasons (ventilation)

Aération et confort

- **Ventilation**
 - Renouvellement, apport d'air neuf
 - Distribution, "âge de l'air"
- **Courants d'air**
 - Tubes à fumée et variantes modernes
 - Graines de chardon, bulles de savon,...
- **Confort thermique**
 - Beaucoup plus que juste la température ambiante!

Bioaérosols: des chiffres

A utiliser prudemment!

- Moisissures & spores
 - Maisons 100-2'000 CFU/m³
 - Extérieur: saison! été >> hiver
- Intérieur/extérieur gén. 20-50 %
- Bactéries, total < 50'000/mL
- Pseudomonas < 250/mL
- Legionella non dét. dans 1 L

Odeurs : mesurables?

■ Le nez

- si **imparfait**: aucune machine n'est aussi fantaisiste et peu reproductible
- si **performant**: aucune machine ne mesure le plaisir ou la gêne causés par une odeur

■ Olfactométrie

- Les "olf" et les "décipol": nez "standardisés"
- Olfactométrie par dilution: recherche de seuils

■ Capteurs "intelligents"?

Ions atmosphériques

■ Concentrations

- Air pollué: peu, **net** excès d'ions +
- Air "pur": 700-1000/m³, **léger** excès d'ions +

■ Sources air intérieur

- Radon
- Surfaces chargées

■ Effets

- Baisse de la concentration en particules
- Pas de relation vérifiée avec SBS, allergies

Questionnaires : pourquoi?

- C'est **l'avis des gens** exposés qui compte, leur perception de leur environnement
- **Identifier** le problème, les symptômes, les plaintes
- **Localiser** le problème (temps, espace, sexe, groupes professionnels, etc.)
- Gagner du temps, **rassurer**
- **Associer** ceux qui vivent le problème et ceux qui cherchent à le résoudre

*C'est une spécialité qui a ses **spécialistes**, faites appel à eux avant de vous lancer!*

Moyens d'action

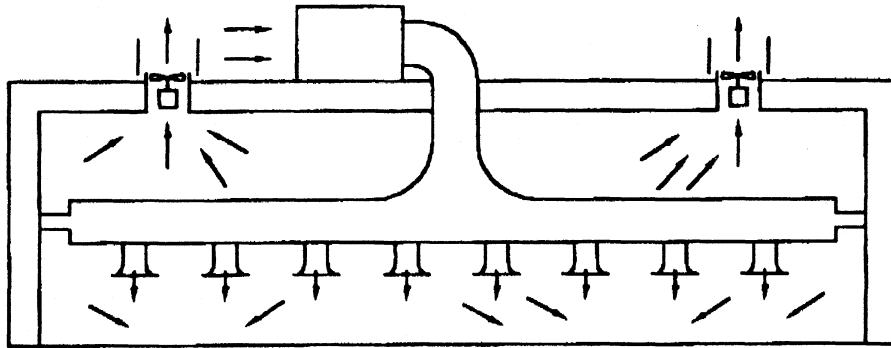
- Sélection des matériaux
- Conception générale
- "Bake-out", "Flush-out"
- Ventiler plus...
ou ventiler MIEUX ?

Ventilation par dilution

$$Q = 10^6 q_s K / (C_a - C_{ext})$$

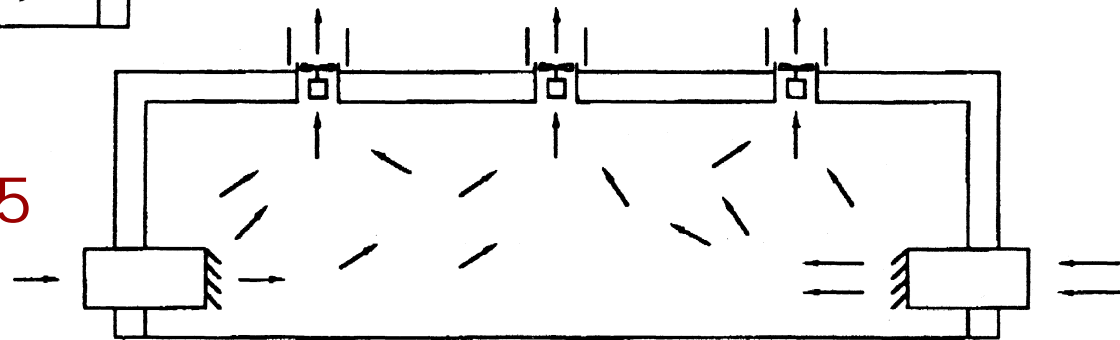
Q [m ³ /h]	débit d'air non contaminé
q _s [m ³ /h]	débit de gaz/vapeur de "la" source
C _a [ppm]	concentration limite acceptable
C [ppm]	concentration dans l'air introduit
K	coefficient de mélange
K = 1.0	mélange parfait
2 < K < 5	pulsion ou extraction médiocres ou mal disposées ou obstacles
K > 5	pulsion et extraction médiocres ou mal disposées et obstacles, zones mortes

Ventiler... bien?

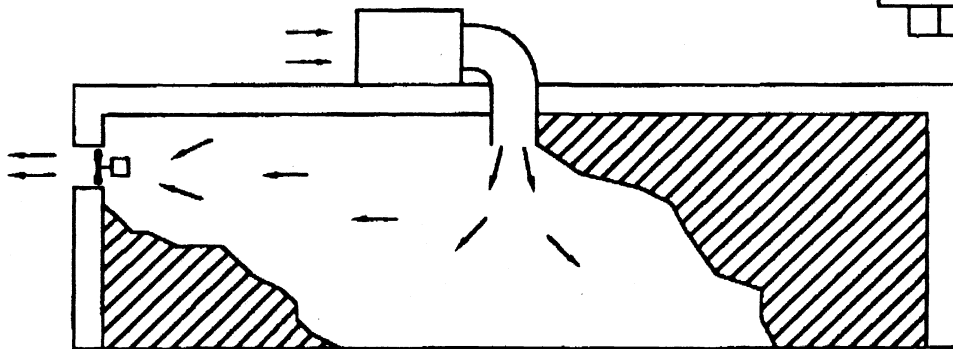


Bon $K = 1.5 \text{ à } 3$

Moyen $K = 2 \text{ à } 5$



Mauvais $K = 5 \text{ à } 10$



Et le vent ?

Flux par les ouvertures

$$Q = 3'600 S v A$$

Q [m³/h] débit d'air à travers le bâtiment

S coefficient de l'angle d'attaque

S = 0.5 vent perpendiculaire à la face

S = 0.3 tous les autres angles d'attaque

v [m/s] vitesse moyenne du vent

A [m²] surface totale la plus faible des ouvertures
soit au vent, soit sous le vent

Vite un exemple avant la pause?

- Bureau avec façade sud, 100 m³, 6 personnes
Emission : 6x30 L CO₂/h/pers. = 0.18 m³/h
- Quel débit d'air neuf (400 ppm CO₂) pour rester en-dessous de 1000 ppm CO₂?
Hypothèse : K = 2 (bonne ventil. mécanique)
 $Q = 10^6 \times 0.18 \times 2 / (1000 - 400) = 600 \text{ m}^3/\text{h}$
- Ventilation naturelle: si on se fie au vent, quelle surface d'ouverture? $v = 2.5 \text{ m/s SW}$
Orientation oblique : S = 0.3, K = 5 (\pm aléatoire)
 $A = 1500 / (3600 \times 0.3 \times 2.5) = 0.55 \text{ m}^2 (!)$

Ouf, on a besoin d'un bon bol d'air, là, non?

Merci de votre attention...

... Et BRAVO
d'avoir survécu
jusque là!