

Qualité de l'air intérieur : Peut-on traiter l'air et avec quels moyens ?

christophe.renner@veolia.com

Doit-on traiter l'Air Intérieur ?



Est-ce vraiment préoccupant ?

25 mars 2014 : OMS estime 7 Millions de décès prématurés par an (4,3 pour QAI, 3,7 pour QAE)
Asie du Sud Est et Pacifique occidental regroupent 77% et 70% des cas respectivement
Europe à haut revenu : 279 000 dus a QAE, 18 000 à QAI

Un problème certain.

En QAE d'abord ? Avec de fortes variations géographiques des risques.

2014 : L'Anses, le CSTB et l'OQAI publient une ***Etude exploratoire du coût socio-économique des polluants de l'air intérieur***

coût en France de 19,5 Mds d'€ dû à 6 polluants, dont 73% est imputable aux particules fines, 13% au radon, 7% fumée de tabac environnementale, 4,5% au benzène, 1,6% au CO et 0,2% au trichloroéthylène.

Plusieurs limites clairement évoquées :

- absence de données nécessaires à l'évaluation de l'impact sanitaire des polluants (formaldéhyde, acroléine, 1000 autres COV)
- transferts de pollution extérieure vers l'intérieur,
- réalité des expositions estimées

Première indication qui reste à affiner
Nécessité de campagnes complémentaires

Que faudrait-il traiter ?

2002 : L'OQAI hiérarchise **70 substances** à surveiller

Inventaire des données Françaises relatives à la Qualité de l'Air des Bâtiments, 2001 – OQAI, L. Mosqueron, V. Nedellec

Loi du 1^{er} août 2008 : les VGAI proposées par l'ANSES doivent devenir réglementaires

⇒ Seuls **radon, CO₂ et amiante** le sont ... dans certains lieux

2007 – 2010 : 6 nouvelles VGAI proposées

formaldéhyde (10 µg/m³ > 1 an),

CO (10 mg/m³ – 8h),

benzène (0,2 ; 2 ou 20 µg/m³ selon la durée d'exposition et le risque),

naphtalène (10 µg/m³ > 1 an),

trichloréthylène (2 ; 20 ou 800, selon la durée d'exposition et le risque

tétrachloroéthylène (250 µg/m³ à 1380 selon la durée d'exposition)

et VGAI de l'OMS pour **PM 2.5** (10 µg/m³ – long terme) et **PM 10** (20 µg/m³ long terme)

2010 : L'OQAI ajoute le 1,4-dichlorobenzène, l'acétaldéhyde, l'acroléine, le chloroforme, l'éthylbenzène, le fluorène et le NO₂

Journal de l'environnement du 12 juin 2015

Air

Phtalates et HAP, des invités qui s'incrument

Le 12 juin 2015 par Romain Loury

► Risques & Santé, Air intérieur, Santé publique



Des moutons qui n'ont rien de bio DR

Home sweet home... surtout pour les phtalates et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Selon une étude de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI), ces composés organiques semi-volatils (COSV) sont ceux que l'on retrouve le plus fréquemment à domicile.

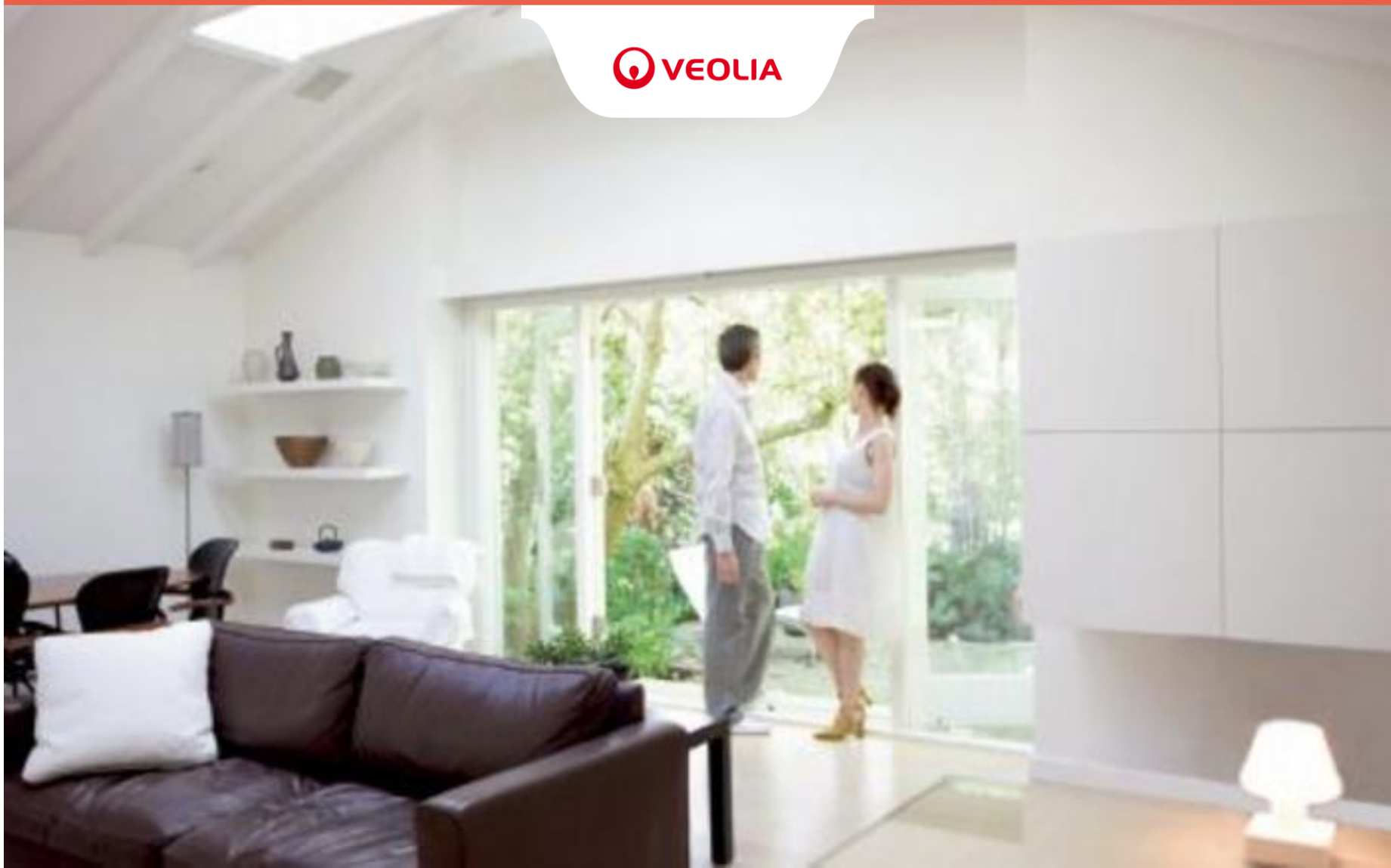
Nul n'échappe aux COSV, présents dans de nombreux matériaux et produits de consommation: présentée jeudi 11 juin, l'étude de l'OQAI [1] révèle que 32 des 48 COSV recherchés dans les poussières au sol sont présents dans plus d'un foyer sur deux, de même que

35 des 66 recherchés dans l'air.

Dans les poussières au sol, les phtalates, composants majeurs des plastiques, sont retrouvés dans quasiment tous les foyers, de même que le galaxolide et le tonalide (deux muscs de synthèse utilisés dans les parfums), trois HAP (benzo[a]pyrène, fluorène, phénanthrène), mais aussi le bisphénol A et la perméthrine -un insecticide de la famille des pyrèthrinoides.

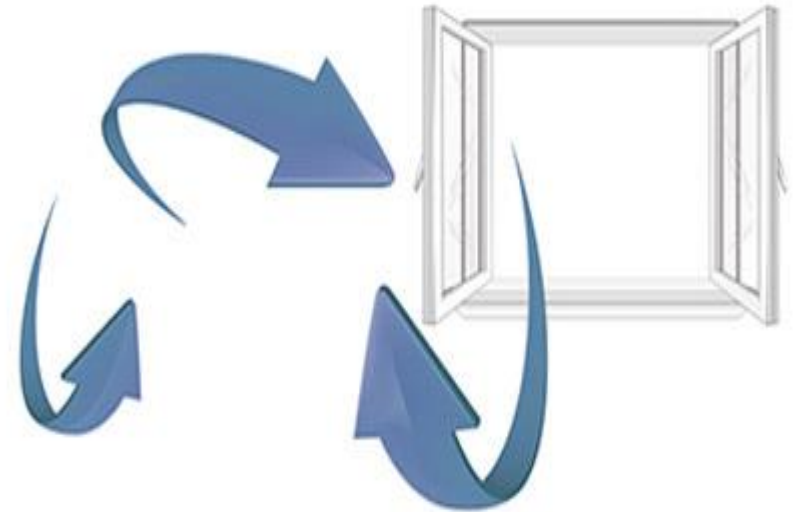
Dans l'air, ce sont les HAP qui font la loi, avec 13 d'entre eux détectés dans au moins 95% des foyers, ainsi que quatre phtalates (BBP, DEHP, DiBP et DiNP) et l'antibactérien triclosan.

Peut-on traiter l'Air Intérieur ?



Prévenir si possible ... et Aérer

- Impact essentiel de l'activité humaine sur la QAI :
 - *Produits de nettoyage*
 - *Produits de bricolage & peinture*
 - *Fumée de tabac*
 - *Cuisson*
- Etiquetage obligatoire des produits de construction et de décoration (01/01/2012)
 - *Choix possible des moins émissifs*
 - *Pic émissif les premières semaines (qqs mois) puis nette décroissance*
- Identification parfois délicates des nombreux produits émetteurs (maternelles)
 - *Colles, Feutres, Gommages, Cartables ..*



5 à 15 min matin et soir selon les saisons (Hiver < Eté)

Eviter les fausses bonnes idées

Si quelques expériences au laboratoire montrent de faibles actions sur certains polluants, **l'efficacité des plantes « dépolluantes » n'est pas démontrée** en condition réelle. Moisissures, insectes, voire phytosanitaires risquent d'être les « résultats » majeurs.



Même aux « **huiles essentielles** » les spray, diffuseurs de parfums, encens, pire encore les bougies, apportent surtout des **COV supplémentaires** dangereux (benzène, formaldéhyde), potentiellement allergisants (limonène, &pinène) et des particules

Les Filtres à particules / bioaérosols

Centrales de
Traitement de
l'Air

G4

Coton+ fibre polyester



F7/F9

Fibre de verre



F9

Papier fibre de verre



Purificateurs
individuels

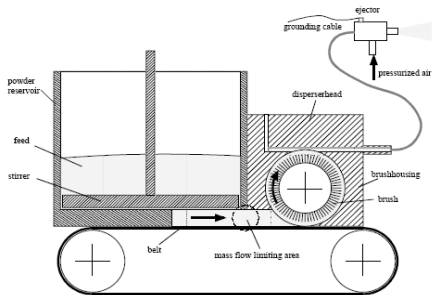


La Filtration particulaire - CTA

Test d'efficacités de filtration sur pilote de CTA accélérée

- Mesure vitesse

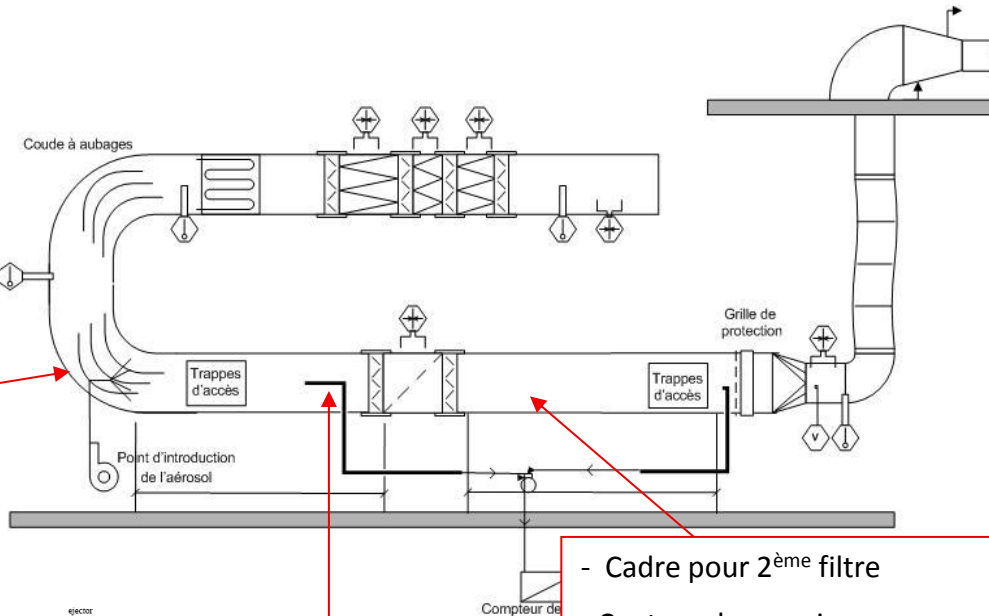
Générateur de poussière



- Sonde dilution

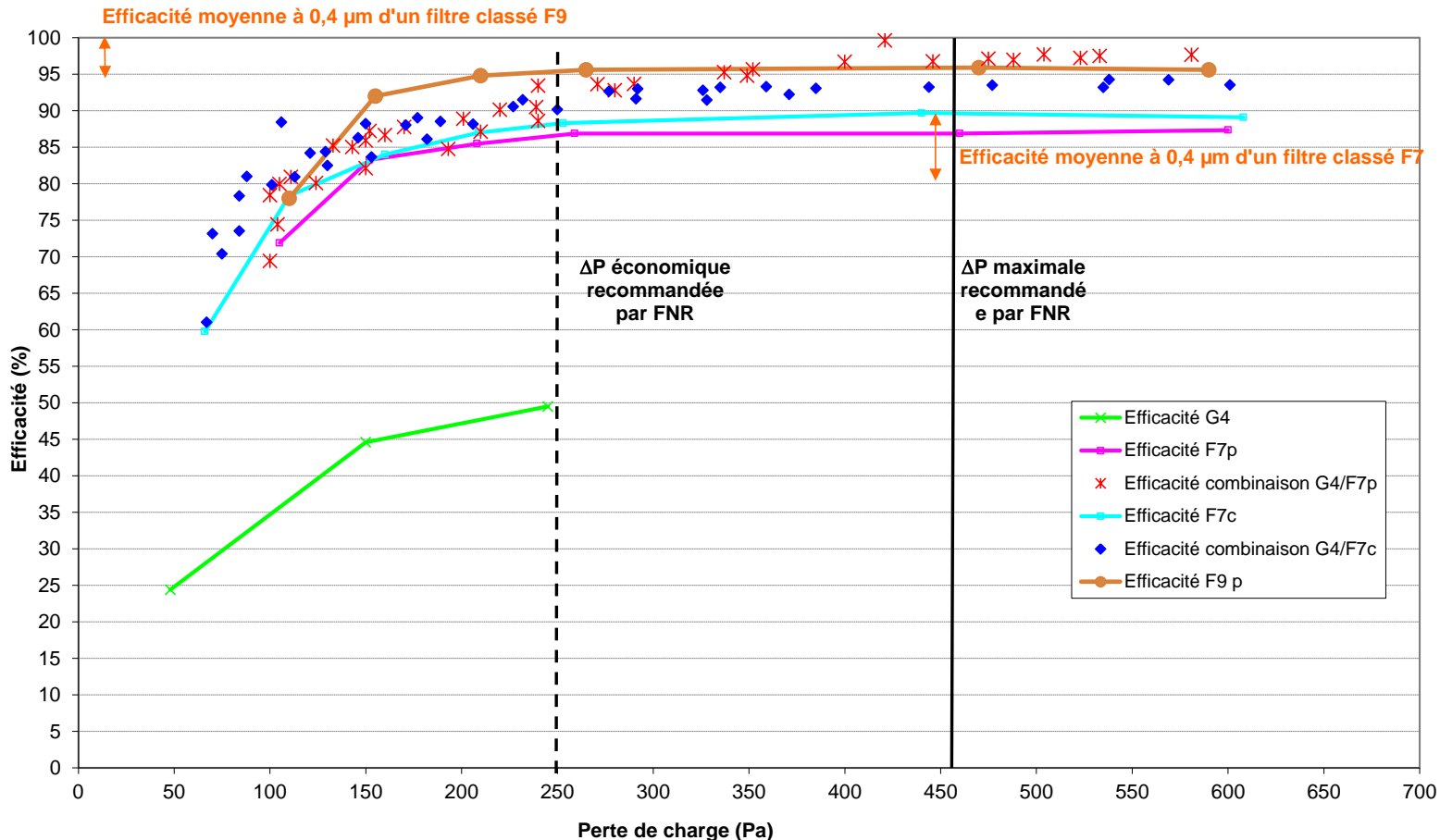
- Cadre pour 2^{ème} filtre
- Capteur de pression différentielle
- Trappe d'accès

- Mesure de la consommation énergétique du ventilateur
- Filtre absolu



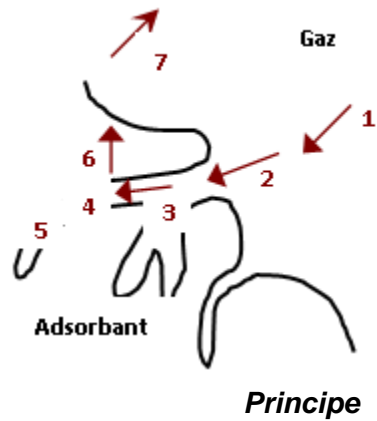
		1 étage	2 étage
1	G4	C+FP	F7 FV/poches
2	F7	FV/poches	F9 FV/poches
3	F7	FV/poches	F9 FV/compact

Efficacité de Filtration à 0,4 μm



- Filtre G4 : efficacité « grossière » !
- Filtres F7 et F9 seuls
 - *Optimum d'efficacité à partir environ de la perte de charge économique recommandée*
 - *Efficacité au sens normatif à partir de 120 Pa environ (F7 c + p) et 200 Pa (F9 p)*
- Filtres en combinaison G4 + F7 (c + p) plus efficace

La Filtration des COV (adsorption)



- Transport de la molécule gazeuse vers le solide (1)
- Accumulation dans le film gazeux entourant l'adsorbant (couche limite) (2)
- Diffusion dans le volume poreux : la molécule va se déplacer dans les pores de l'adsorbant (3)
- Adsorption en surface (4) (*généralement exothermique*)
- Diffusion en surface (5)
- Conduction thermique au travers du solide (6)
- Convection thermique dans la phase gazeuse (7)

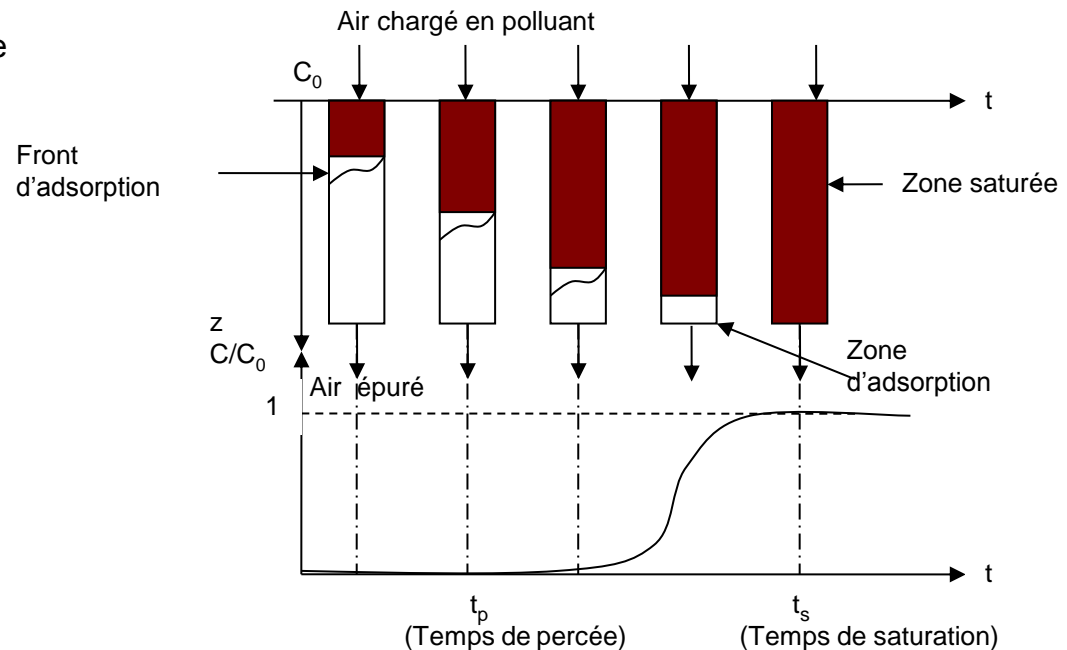
Courbe de percée

Capacité d'adsorption exprimée

- en % (m/m) du matériau
- Pour un taux de percé donné



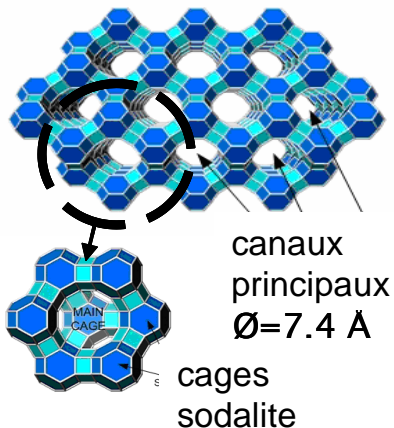
Filtre CAG CTA



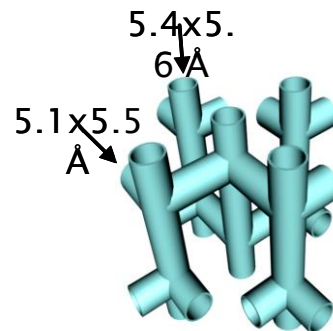
La Filtration des COV (adsorption - Zéolithes)

- Zéolithes : aluminosilicates constitués d'un réseau régulier de canaux et de cages avec des ouvertures inférieures à 10 Å (micropores)
 - *Adsorption sur zéolithes : fonction de la taille, de la polarité, des groupes fonctionnels des composés*
 - *Zéolithes : systèmes acides dont l'hydrophobicité est contrôlable (présence d'hydroxyles pontés $Al(OH)Si$ -> modification du rapport Si/Al)*

Zéolithes à large pores (HY)



Zéolithes à pores intermédiaires (ZSM5)



• Avantages :

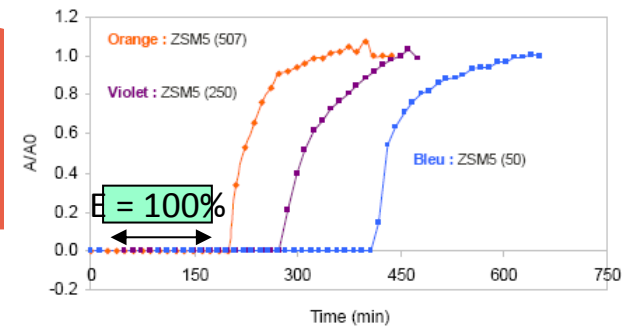
- Forte capacité d'adsorption
- Stabilité chimique
- Utilisable en présence d'eau
- Facilement régénérable

• Inconvénients :

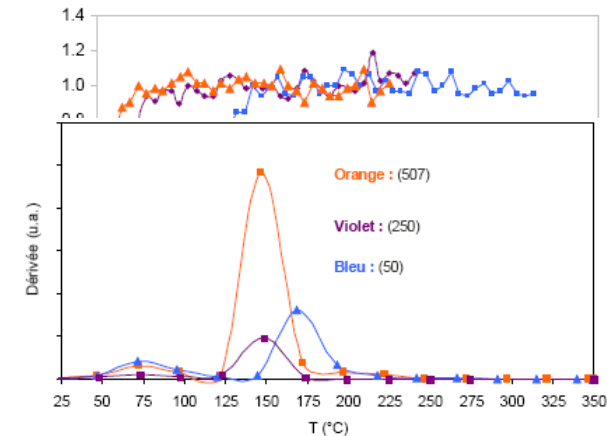
- Coût (sauf pour zéolithe fortement utilisées type NaX, ZSM5)
- Poids (par rapport au charbon actif)

Filtration COV - Adsorption Zéolithes mélanges binaires

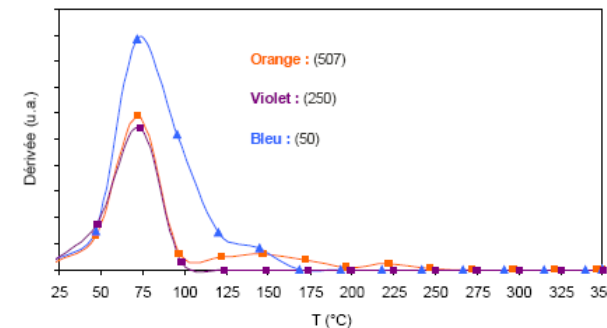
- Mélange binaire toluène / formaldéhyde sur ZSM5
 - *Adsorption*
 - Temps de perçage du toluène plus court qu'avec le toluène seul
 - Capacité pour le formaldéhyde moindre que celle pour le toluène
 - *Désorption*
 - T(désorption) toluène = 150-175 °C
 - T(désorption) formaldéhyde = 75 °C
 - Le formaldéhyde doit être totalement désorbé pour libérer le toluène de la structure
 - A 200°C, les 2 polluants sont désorbés
- Mélange binaire toluène / acétaldéhyde sur ZSM5
 - Comportement similaire au mélange toluène / formaldéhyde



Courbes de perçage du toluène lors de l'adsorption d'un mélange binaire toluène/formaldéhyde



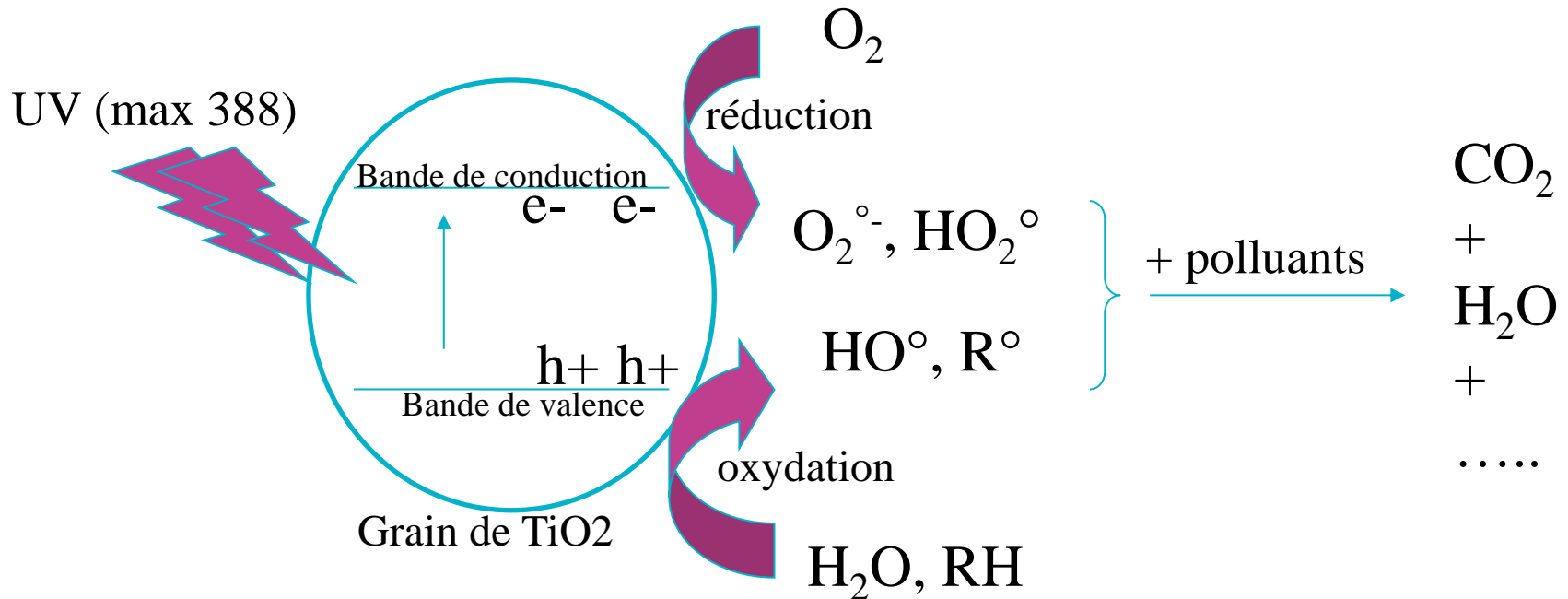
Courbes de désorption du toluène après adsorption d'un mélange binaire toluène/formaldéhyde



Courbes de désorption du formaldéhyde après adsorption d'un mélange binaire toluène/formaldéhyde

La Photocatalyse

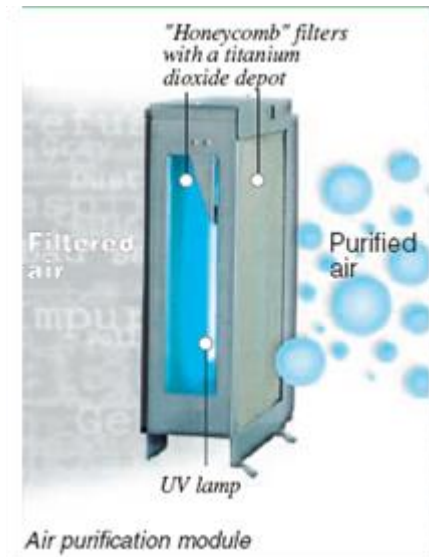
- « Nouvelles » techniques de traitement d'air apparaissant progressivement sur le marché
- Principe : réaction du dioxyde de titane



- De nombreux fournisseurs : Start Up / PME / Groupes. Des résultats parfois mitigés conduisant à une fragilisation de la filière.
- Un avis prudent de l'Ademe partagé par les utilisateurs

Photocatalyse – Etude de cas

- Projet R&D : mesure en conditions réelles
- Evaluation de l'efficacité d'un système photocatalytique (tour de bureaux) vis-à-vis des composés organiques volatils



Photocatalyse – Etude de cas

- 2 campagnes réalisées sur 2 petites salles inoccupées :

- *Novembre 2009 : vieillissement de 8 et 10 mois*
- *Juin 2010 : systèmes neufs (prestation OFIS)*

- Apport d'air neuf minimal = 20 m³/h
- Débit de soufflage = 30 % (valeur par défaut)

Tests en conditions « défavorables »
pour la QAI :
- apport d'air neuf faible
- salles inoccupées donc moins ventilées

- 3 configurations testées

- CTACAUUV :

CTA (filtration particulaire G4+F9) + MTA filtre charbon actif + MTA photocatalyse

- CTACA :

CTA (filtration particulaire G4+F9) + MTA filtre charbon actif

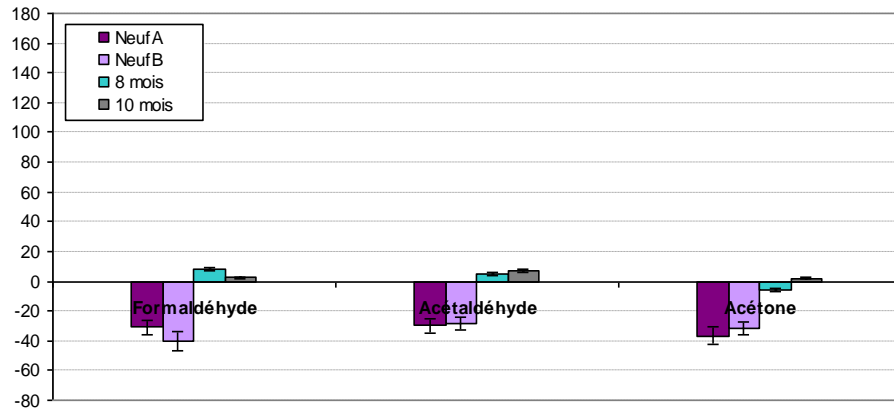
- CTA :

CTA (filtration particulaire G4+F9) seule => lampe UV éteinte + filtre charbon actif enlevé

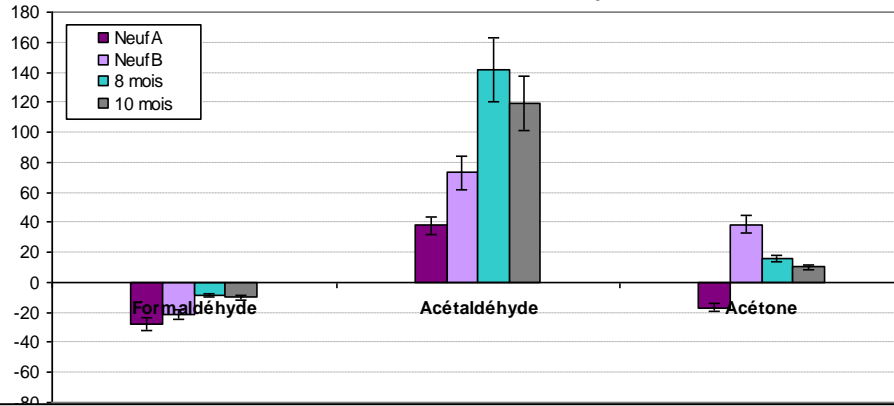
- Prélèvement actif sur 3 heures

Photocatalyse - Résultats Aldéhydes et cétones

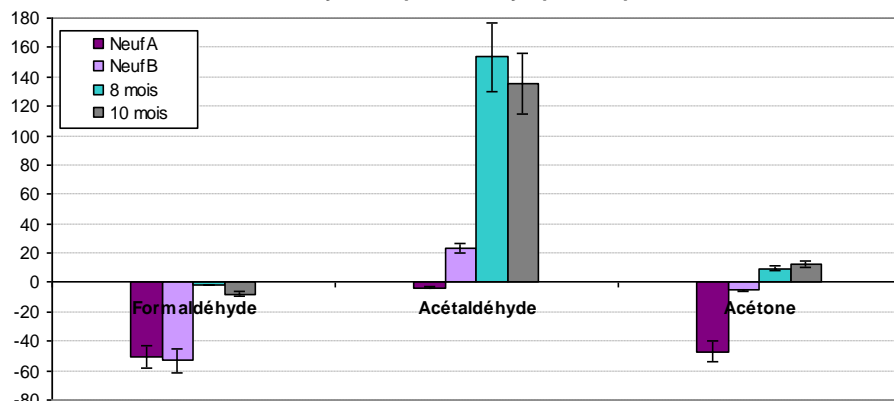
Variation de la concentration - Comparaison des modes CTA et CTACA
Effet du charbon actif



Variation de la concentration - Comparaison des modes CTACA et CTACAUV
Effet des nids d'abeille et de la lampe UV



Variation de la concentration - Comparaison des modes CTA et CTACAUV
Effet du système photocatalytique complet



- Formaldéhyde :
 - Neuf : -31 à -40% en mode CTACA
-50 à -53% en mode CTACAUV
mais toujours > 30 µg/m³
 - Vieilli : niveaux similaires quelle que soit la configuration
- Acétaldéhyde :
 - Neuf : -28 à -30% avec CA (proche VTR)
enrichissement avec UV (> VTR)
 - Vieilli : +135 à +153% avec système photocatalytique complet (> VTR)
- Acétone :
 - Neuf : résultats contradictoires entre les 2 bureaux
 - Vieilli : niveaux similaires quelle que soit la configuration
- Dans les conditions testées :
 - CA neuf seul : diminution de la concentration en aldéhydes
 - Système complet : augmentation de la concentration en acétaldéhyde

Photocatalyse - Conclusions

Dans les conditions testées (apport d'air neuf faible, salles inoccupées donc moins ventilées)

- Charbon actif :
 - *Aldéhydes = -28 à -40% neuf / 0 à -6% vieilli (8 à 10 mois)*
 - *BTEX = -77 à -100% neuf / 0 à -43% vieilli (8 à 10 mois)*
- Nids d'abeille + UV :
 - *augmente l'efficacité sur formaldéhyde à l'état neuf*
 - *mais génère acétaldéhyde quel que soit le vieillissement*
- Système complet :
 - *légère amélioration de l'abattement en formaldéhyde*
 - *enrichissement en acétaldéhyde*
 - pas de lien avec l'âge du système
 - production d'intermédiaire de réaction / innocuité dans les conditions testées ?

CA neuf semble avoir un net impact sur l'abattement des polluants et est plus performant que le CA « vieilli »

Le traitement des COV par plasma froid

Les décharges luminescentes

Générées à basse pression, entre 2 électrodes planes à une centaines de Volts et 10^{-4} à 10^{-1} A . Application : Néons, tubes fluo)

Les décharges couronnes

Générées entre deux électrodes fortement asymétriques à pression atmosphérique par des courants alternatifs, continus ou pulsés de 5 à 30 kV et qqs 10^{nes} A.



Pointe/Plan Multipointe/Plan Couteau/Cylindre Fil/Cylindre Cylindre/Cylindre

Les décharges à barrière Diélectrique (DBD)

Positionnement d'un diélectrique (isolant) entre les deux électrodes qui joue un rôle de condensateur en série avec le plasma généré. Courant alternatif HT (30 kV et qqs mA)

Plasma Froid - Applications actuelles

Eclairage
Traitement de surface
Ozoneurs
Photocopieurs
Aéronautique

éprouvé

Désinfection
Traitement des gaz ?

Efficacité ?
Coût?



Plusieurs propositions plasma existent en traitement de l'Air Intérieur mais nécessitent un REX sur cette technologie en développement.

Synthèse

- De très nombreux polluants de l'air intérieur sont dans le collimateur mais des priorités restent à définir selon les expositions (activités, zone géographique) et l'importance des effets
 - => Les mesures complémentaires d'exposition sont indispensables
- Des propositions de traitements arrivent relativement (trop?) vite par rapport aux connaissances du besoin. Sont-elles adaptées; attention à l'effet d'aubaine.
 - => conception et évaluation des efficacités réelles sont de rigueur
 - => le premier marché n'est-il pas vers les bâtiments à pollution spécifique
- Quels sont les liens entre les sources extérieures et les pollutions intérieures?
- => la réflexion est probablement conjointe pour des actions mieux concertées