



Nouvelle méthodologie de recherche des sources d'émissions dans les bâtiments

Colloque Défis Bâtiment & Santé

Angers – 24 mai 2012

Mathieu IZARD - Air PACA

Sabine CRUNAIRE – LCSQA École des Mines de Douai

Le formaldéhyde dans l'air intérieur



- Classé cancérigène certain (*CIRC*, 2004)
- Aldéhyde le plus abondant (*Levard et Veber*, 2001)
- Classé en tête de liste des COV hautement prioritaires par l'OQAI
- Valeurs guides, de recommandation, d'action fixées pour l'air intérieur des ERP (décrets 2011-1727, 2012-14 ; HCSP) + surveillance obligatoire (décret 2011-1728)

Valeurs	Seuils ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)
Guide/Cible à atteindre en 2023	10
Guide/Cible à atteindre en 2015	30
Valeur d'information et de recommandations (fin 2009)	50
Valeur pour laquelle des investigations complémentaires doivent être menées et pour laquelle le préfet doit être informé	100

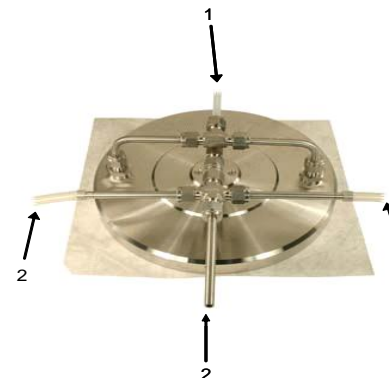
- Durant la campagne nationale Ecoles et Crèches, 2 % des classes présentaient des concentrations moyennes $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (valeur d'information et de recommandation)

⇒ **recherche de sources nécessaire**

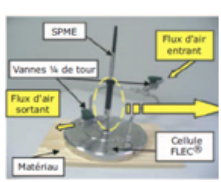
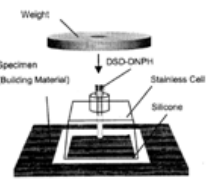
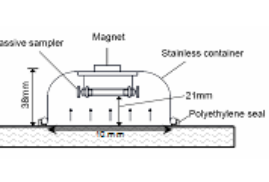
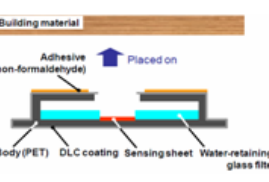
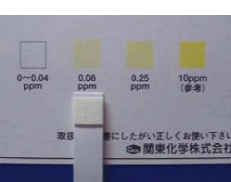
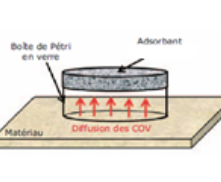
Systemes Existants



Méthodes normalisées : Chambre d'essai d'émission (ISO 16000-9) et Cellule d'essai d'émission (ISO 16000-10)



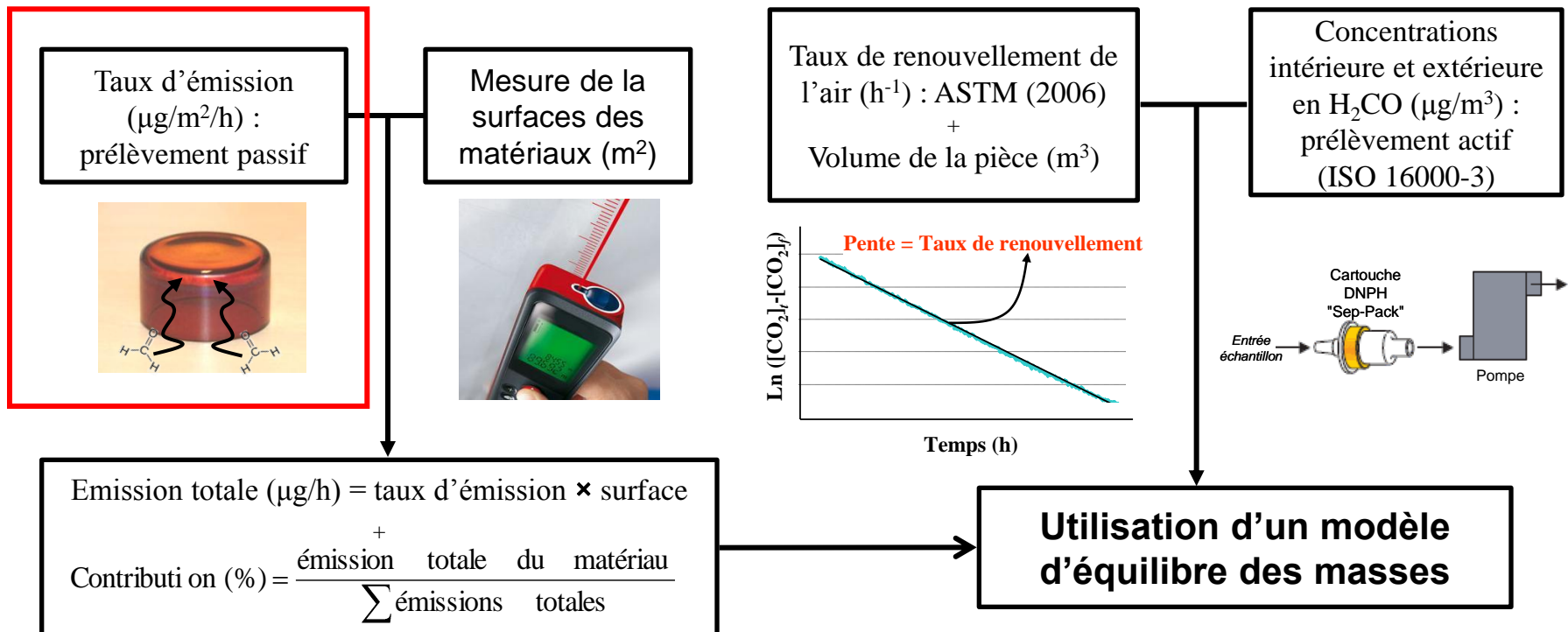
Méthodes en développement

	FLEC-SPME	ADSEC	ECSMS	PECS	STE	PFS
Désignation	Field and Laboratory Emission Cell - <u>MicroExtraction sur Phase Solide</u>	Advanced Diffusive Sampling Emission Cell	Emission Cell for Simultaneous Multi-Sampling	Passive Emission Colorimetric Sensor	<u>Sorptive Tape Extraction</u>	Passive Flux Sampler
Représentation						
Application in-situ	OUI (bureaux, amphithéâtre)	NON	OUI (école, logement)	OUI (logement)	NON	OUI (logement)
Durée de prélèvement	20 min	24 h	6 h	30 min	30 min	8 h
Limite de détection pour H₂CO	H ₂ CO non échantillonné	< 5 µg.m ⁻² .h ⁻¹	~1,2 µg.m ⁻² .h ⁻¹	3,1 µg.m ⁻² .h ⁻¹	ND	2,3 µg.m ⁻² .h ⁻¹

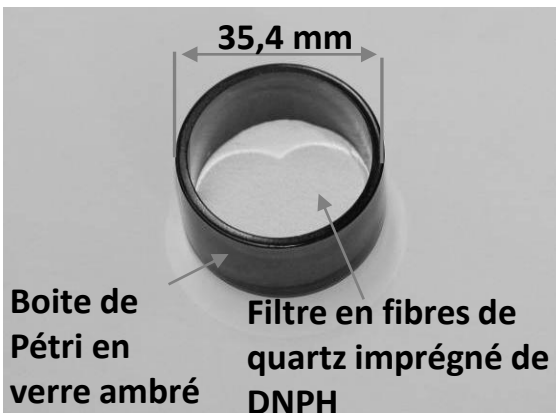
Méthodologie développée - Diagnostics QAI

Objectifs :

- Identifier les sources d'émission dans des environnements intérieurs clos
- Quantifier la part attribuable de chacune des sources à la concentration
- Evaluer l'impact de différents scénarios de réduction des concentrations



Mesure du taux d'émission en formaldéhyde



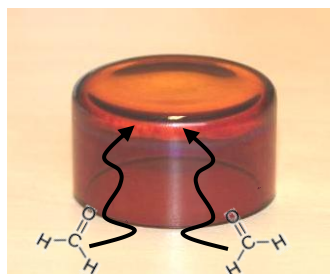
Le préleveur :

- Développé au cours d'une thèse à l'Ecole des Mines de Douai (Blondel, 2010)
- Boîte de Pétri en verre ambré : $\varnothing=35,4\text{mm}$ – $h=20\text{mm}$
- Filtre en fibre de quartz imprégné de $500\mu\text{L}$ d'une solution de DNPH

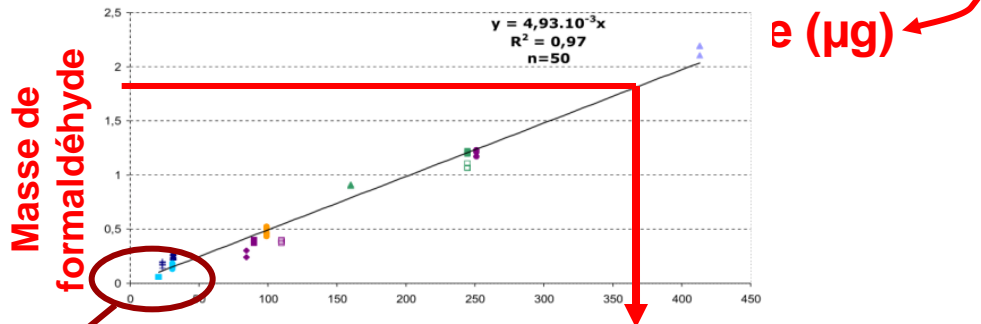
Le prélèvement :

- Exposition de 4 à 8 heures
- Le formaldéhyde émis par le matériau diffuse dans la colonne d'air jusqu'à la surface de prélèvement où il est piégé

Analyse par HPLC-UV



Mas



$LD \sim 1,2 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$

⇒ Conversion en taux d'émission ($\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)

Modèle d'équilibre des masses^[1]



$[H_2CO]_{int}$ et $[H_2CO]_{ext}$:
Concentration en
formaldéhyde dans l'air
de la pièce et dans
l'air extérieur ($\mu g/m^3$)

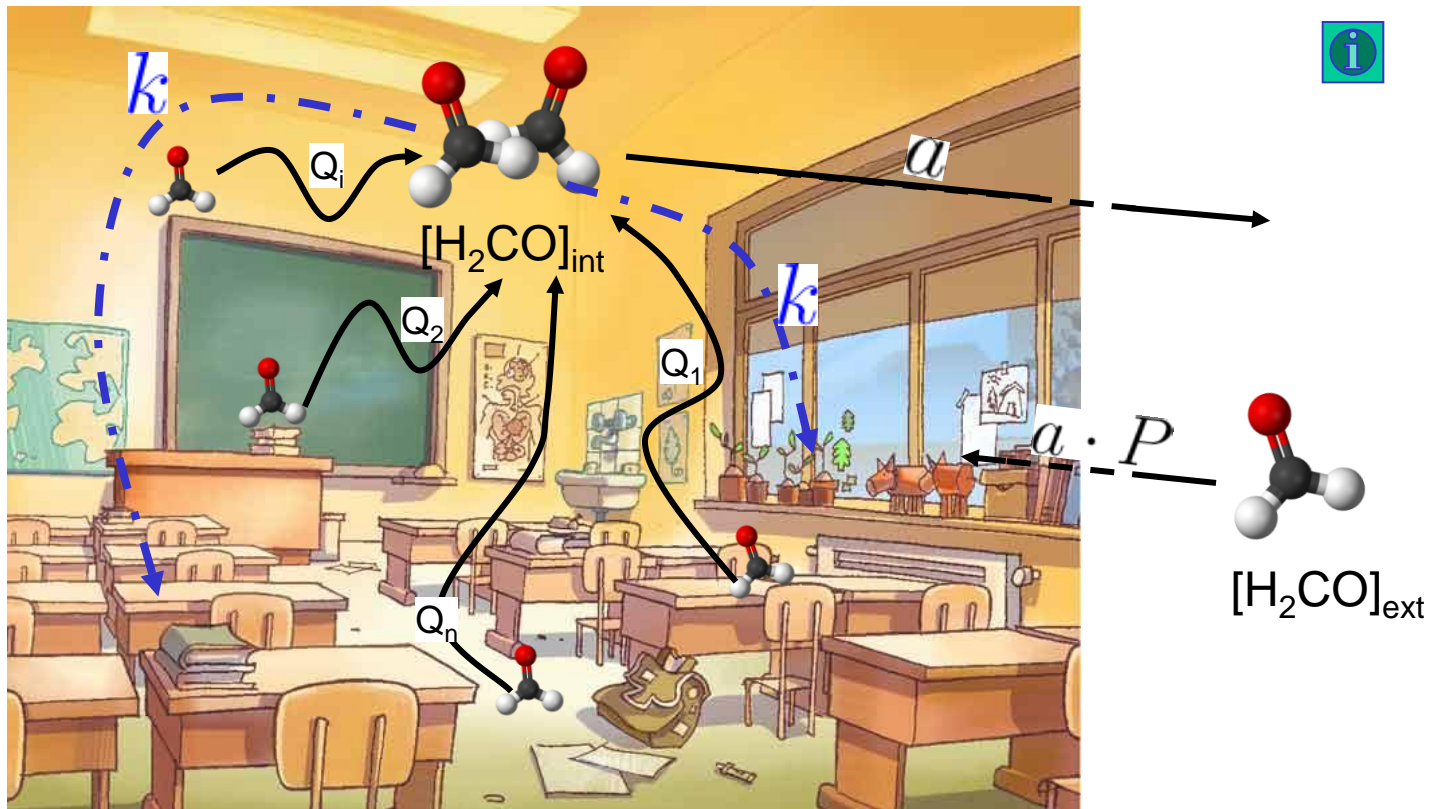
a : Taux de
renouvellement de l'air
(h^{-1})

P : Taux de pénétration
du formaldéhyde de
l'extérieur vers
l'intérieur (sans unité)

$\sum Q_i$: Total des
émissions des sources
intérieures ($\mu g/h$)

k : Constante de
disparition en
formaldéhyde (h^{-1})

V : Volume de la pièce
(m^3)



$$[H_2CO]_{int} = \underbrace{\frac{[H_2CO]_{ext} \cdot a \cdot P}{a + k}}_{\text{Composante extérieure}} + \underbrace{\frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{V \cdot (a + k)}}_{\text{Composante intérieure}}$$

[1] : Dockery et
Spengler, 1981

Modèle d'équilibre des masses^[1]



Prélèvement actif
cartouche DNPH

$P = 1$ pour le formaldéhyde
(Constante donnée dans littérature)

$$C_{int} = C_{ext} \left[\frac{a \cdot P}{a + v \cdot \frac{S_{bati} + S_{meubles}}{V}} \right] + \left[\frac{Q}{V} \frac{1}{a + v \cdot \frac{S_{bati} + S_{meubles}}{V}} \right]$$

a déterminé par suivi
décroissance CO_2

$v = 0,11 \pm 0,01 \text{ m.h}^{-1}$
(constante expérimentale
tirée de Blondel, 2010)

[1] : Dockery et
Spengler, 1981

C_{ext} : Concentration en formaldéhyde dans l'air extérieur ($\mu\text{g.m}^{-3}$)

S_{bati} : Surface totale du bâti (m^2)

$S_{meubles}$: Surface totale des meubles (m^2)

V : Volume de la pièce (m^3)

P : Taux de pénétration du formaldéhyde de l'extérieur vers
l'intérieur (sans unité)

a : Taux de renouvellement de l'air (h^{-1})

v : Vitesse de disparition du formaldéhyde dans la pièce (m.h^{-1})

Q : Total des émissions des sources intérieures ($\mu\text{g.h}^{-1}$)

avec $Q = \sum_{i=1}^{nbre\ de\ sources} TE_i \cdot S_i$

Q : Total des émissions des
sources intérieures ($\mu\text{g.h}^{-1}$)

TE_i : Taux d'émission de la $i^{\text{ème}}$
surface ($\mu\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$)

S_i : Surface de la $i^{\text{ème}}$ surface (m^2)



- Développement de préleveurs
 - ⇒ Bonne alternative aux mesures en laboratoire
 - ⇒ Limite de détection et gamme de mesure compatibles avec la plupart des matériaux
 - ⇒ ... *en cours* : système sans analyse à postériori
& étendre la gamme des composés (étiquetage matériaux)
- Mise en place d'une méthodologie d'identification des sources d'émission dans des établissements scolaires
 - ⇒ Hiérarchisation des sources (jusqu'à 45 sources dans un même espace)
 - ⇒ Évaluation des contributions des sources et impacts bâti/aménagement
 - ⇒ ... *en cours* : application à d'autres types d'environnements (logements, etc.)
- Adaptation d'un modèle d'équilibre des masses
 - ⇒ Outils pour évaluer l'impact de stratégie d'amélioration
 - ⇒ ... *en cours* : validation dans d'autres environnements

Air PACA

QUALITÉ DE L'AIR

- Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA)
- Surveillance de la région PACA
- née de la fusion Atmo PACA /AIRFOBEP (10 janvier 2012)
- Trois implantations : Marseille, Nice et Martigues

Projets air intérieur

- Animation du Réseau EQAIR www.airinterieurpaca.org
 - ↳ Regroupe l'expertise en région PACA des différentes disciplines intervenant sur l'air intérieur (médecins, chercheurs, métrologues, sociologues, professionnels du bâtiment).
 - ↳ Développement d'un protocole de mesure & Expérimentations régionales
- Campagne Ecoles et Bureaux OQAI (2012-2015)
- Support pédagogique « L'air et Moi » www.lairetmoi.org
- Documents Ecol'Air www.airpaca.org



- Campagne nationale Ecoles et Crèches (2009-2011)

310 établissements en France

23 établissements en région PACA

Résultats Phase 2 Région PACA

Etablissements	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Formaldéhyde	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Red	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Green
Benzène	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
ICONE	Green	Green	Green	Green	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green	Yellow

Classification nationale des concentrations

Résultats <u>par pièce</u>	Idéal	Recommandations simples	Gestion spécifique
Formaldéhyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	≤ 30	$30 < \leq 100$	> 100
Benzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	≤ 2	$2 < \leq 10$	> 10
Confinement ICONE	< 4	≥ 4	-





Recommandations simples		
Formaldéhyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	$30 < \leq 50$	$50 < \leq 100$
Benzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	$2 < \leq 5$	$5 < \leq 10$

Résultats Phase 2 Région PACA

Etablissements	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Formaldéhyde	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Red	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Green
Benzène	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow
ICONE	Green	Green	Green	Green	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green	Yellow

2 établissements sans aucune action à mener

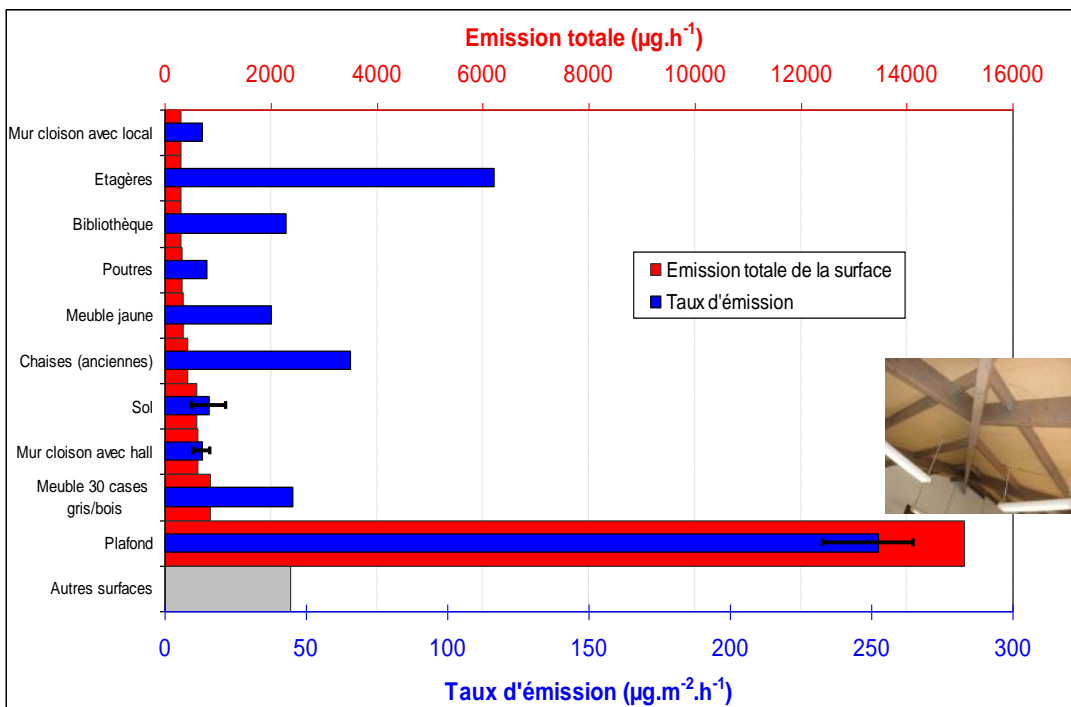
2 établissements avec concentrations intérieures $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$:

- 1 établissement Fortes concentrations en formaldéhyde malgré un faible confinement : Etablissements 18  Sources internes importantes
- 1 établissement Association fortes concentrations en formaldéhyde / confinement important : Etablissement 16  Sources internes modérées mais amplifiées par manque de renouvellement d'air

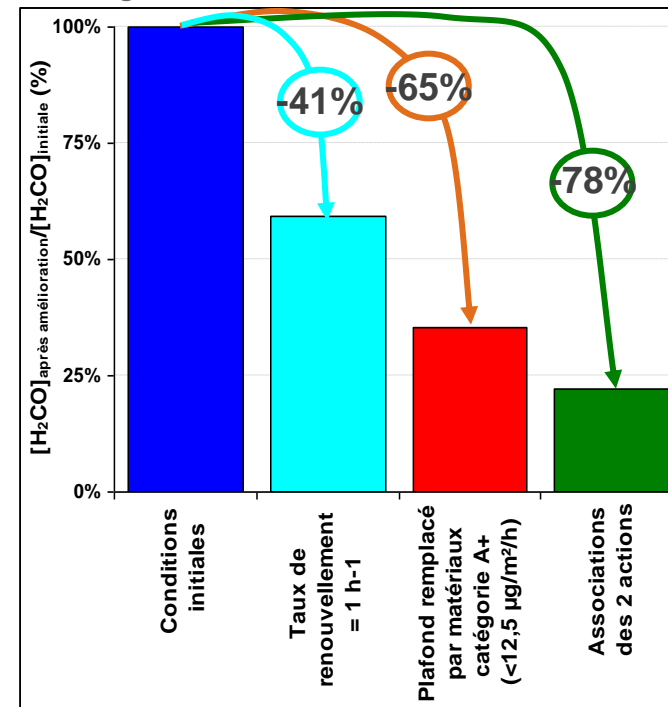
Recherche de sources en formaldéhyde - Ecole 18

Etablissements	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Formaldéhyde	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Orange	Green	Orange	Green	Green	Green	Green	Green
Benzène	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
ICONE	Green	Green	Green	Green	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green	Yellow

Evaluation des sources



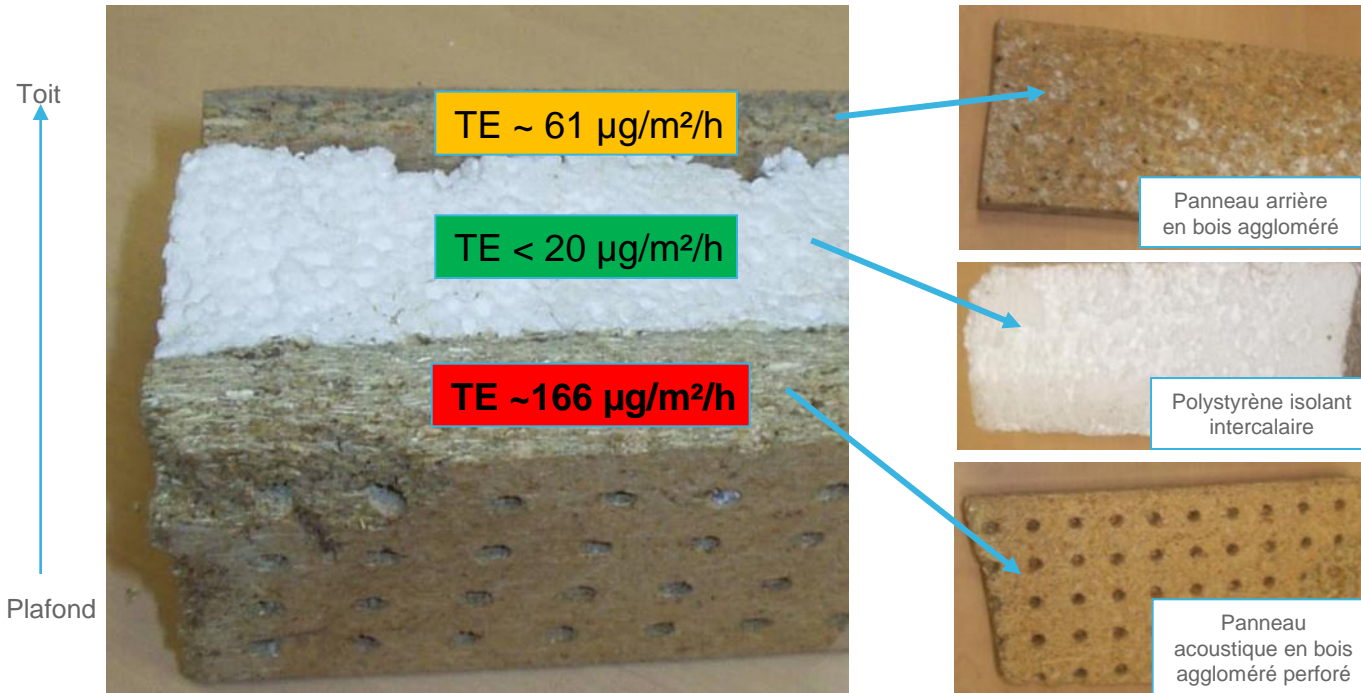
Stratégies d'amélioration



Recherche de sources en formaldéhyde - Ecole 18

Etablissements	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Formaldéhyde	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Orange	Green	Orange	Green	Green	Green	Green	Green
Benzène	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
ICONE	Green	Green	Green	Green	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green	Yellow

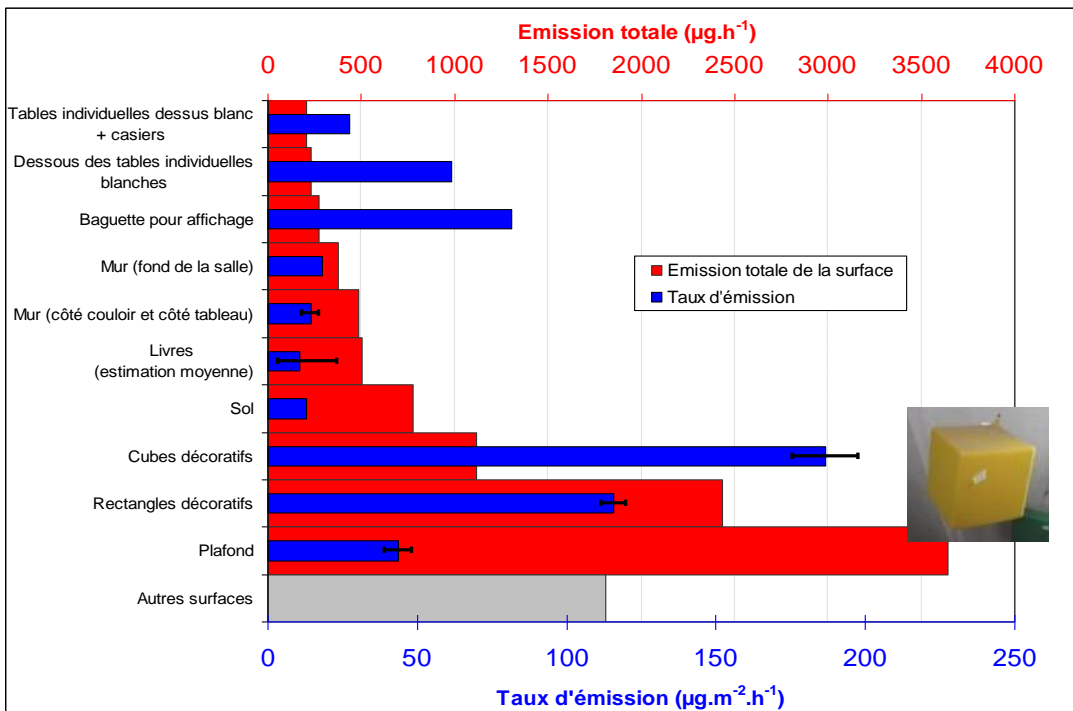
Emissions spécifiques



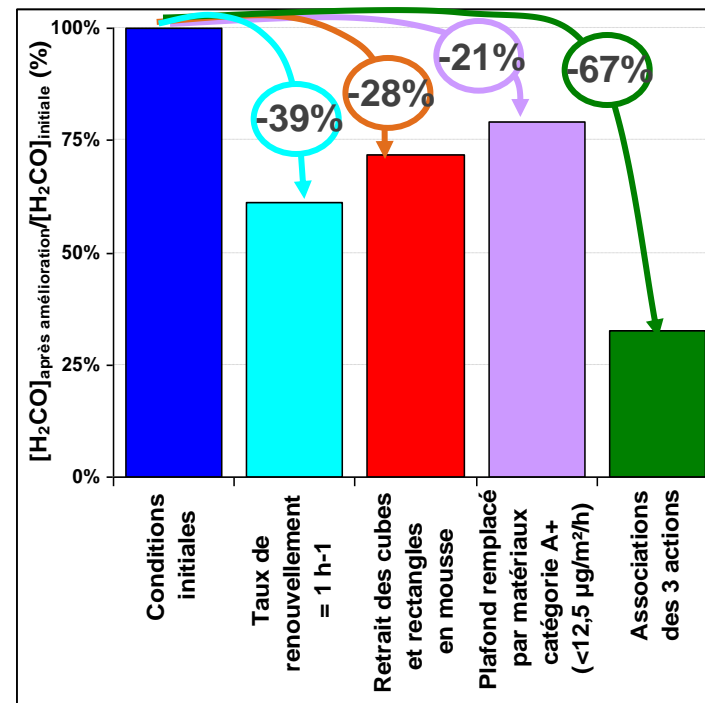
Recherche de sources en formaldéhyde - Ecole 16

Etablissements	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Formaldéhyde	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Orange	Green	Orange	Green	Green	Green	Green	Green
Benzène	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
ICONE	Green	Green	Green	Green	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green	Yellow

Evaluation des sources



Stratégies d'amélioration



Conclusion

Un qualité de l'air mesurée médiocre dans des établissements scolaires implique des difficultés de gestion :

- de communication pour les collectivités
- d'identification des sources par la structure chargée des mesures
- de préconisations adaptées par la structure chargée des mesures
- pour convaincre les collectivités de réaliser les travaux nécessaires

Système d'identification des sources en formaldéhyde indispensable

Etude menée par : S. CRUNAIRE, S. DUSANTER, H. PLAISANCE et G. POULHET
Avec la collaboration technique de : I. FRONVAL et V. GAUDION
Dans le cadre de l'étude n°8/3 – 2011 "Mesure du formaldéhyde"
Convention LCSQA-EMD n°2200460208

Merci pour votre attention