



## 2<sup>ème</sup> session

### Expositions des écoliers

Modérateur : Frédéric DOR, Institut de veille sanitaire

**Anne-Marie LAURENT**

**Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris, LHVP**

## **Bilan de la qualité de l'air dans 10 écoles parisiennes**

## Bilan de la qualité de l'air dans 10 écoles parisiennes

Anne-Marie LAURENT

Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris

L'objectif de cette présentation est de tirer les enseignements de la méthodologie mise en œuvre, il y a plus de 10 ans, pour évaluer la qualité de l'air dans 10 écoles parisiennes. Cette étude a concerné 6 écoles primaires et 4 écoles maternelles qui avaient été retenues à partir d'un échantillon de 30 établissements sélectionnés arbitrairement parmi 640 écoles gérées par la Mairie de Paris.

Deux approches méthodologiques ont été appliquées :

- Divers moyens de prélèvement et d'analyse ont été utilisés pour évaluer, pendant environ 10 jours, la qualité de l'air simultanément dans une classe et dans la cour de récréation. Les indicateurs retenus étaient les suivants : Température et humidité relative, oxydes de carbone (CO et CO<sub>2</sub>), oxydes d'azote (NO, NO<sub>2</sub>), ammoniac (NH<sub>3</sub>), hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAM), aldéhydes et cétones, particules totales en suspension et indice de « fumée noire ».

Des échantillonnages d'air ont été effectués tout au long d'une journée de classe en relation avec les activités scolaires. Une analyse détaillée des composés organiques volatils (COV) a été réalisée par familles chimiques.

- Dans 4 groupes scolaires comprenant une école primaire et une école maternelle, à l'exception d'un groupe composé de deux écoles maternelles, le suivi de la qualité de l'air a été réalisé au moyen d'échantillonneurs passifs permettant la mesure des teneurs en NO<sub>2</sub>, COV et aldéhydes. Ces capteurs ont été exposés une semaine par mois, pendant plusieurs mois consécutifs, dans plusieurs lieux : classes, dortoirs et cours de récréation.

Les principales conclusions qui découlent de l'ensemble des résultats obtenus sont les suivantes :

- Pour les polluants indicateurs de phénomène de combustion (CO, NO<sub>x</sub>, indice FN), les niveaux observés étaient comparables à ceux mesurés dans l'environnement extérieur plus ou moins influencé par la proximité de la circulation automobile. Un faible enrichissement de l'air intérieur en polluants issus de la combustion, en relation avec des installations fonctionnant au gaz, a été suspectée dans 2 des 10 établissements.

- Les résultats de COV obtenus à partir des prélèvements aussi bien de 1 heure que de 7 jours ont révélé que l'air intérieur des écoles est surtout enrichi en hydrocarbures chlorés (1,1,1-trichloroéthane et 1,4-dichlorobenzène) et en composés carbonylés (aldéhydes, cétones et esters). Les profils de COV en adéquation avec les activités scolaires ont permis de mettre en évidence l'impact des fournitures utilisées par les enfants (feutres, colles, effaceurs,...). La caractérisation des émissions d'un échantillonnage de fournitures a été réalisée au laboratoire dans une petite enceinte expérimentale.

Pour le formaldéhyde, substance ubiquitaire des environnements intérieurs, les résultats similaires obtenus à partir des prélèvements horaires et hebdomadaires sont en faveur de sources permanentes prépondérantes. Ainsi, des teneurs en formaldéhyde anormalement élevées ont été décelées dans une classe maternelle restructurée avec une mezzanine en bois aggloméré servant de dortoir.

- Une attention particulière a été portée au renouvellement de l'air des classes étudiées. Au cours de la tranche horaire 9h-17h correspondant à la présence des enfants dans les établissements scolaires, il est apparu que, dans près de 50 % des classes étudiées, les teneurs

en CO<sub>2</sub> excédaient 1000 ppm, valeur indicatrice de confinement. La connaissance simultanée des teneurs horaires de monoxyde d'azote à l'intérieur d'une classe et dans la cour de récréation a permis d'estimer les taux de renouvellement d'air. Un large éventail de valeurs de renouvellement d'air a été obtenu dans l'ensemble des classes étudiées.

Il n'a pas été clairement mis en évidence de lien étroit entre les niveaux de polluants dans les classes et les débits de renouvellement d'air estimés.

# Bilan de la qualité de l'air dans 10 écoles parisiennes

**Anne-Marie LAURENT**  
*Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris*

MAIRIE DE PARIS 

## Contexte de l'étude

Etude menée en 1990 et 1991

Objectifs :

- ∅ **Caractériser un environnement fréquenté par une population sensible**
- ∅ **A partir d'un panel d'indicateurs de qualité d'air, mettre en évidence des situations non satisfaisantes dans le but de proposer des pistes d'amélioration**

## Principales caractéristiques

- ◆ 10 écoles : 6 primaires – 4 maternelles  
5 à 16 classes
- ◆ Architecture :
  - ancienne (6)
  - récente (4)
- ◆ Localisation : plus ou moins proches du trafic automobile
- ◆ sources énergétiques :
  - gaz (9)
  - électricité (1)
- ◆ Ventilation :
  - naturelle (9)
  - mécanique + air conditionné (1)

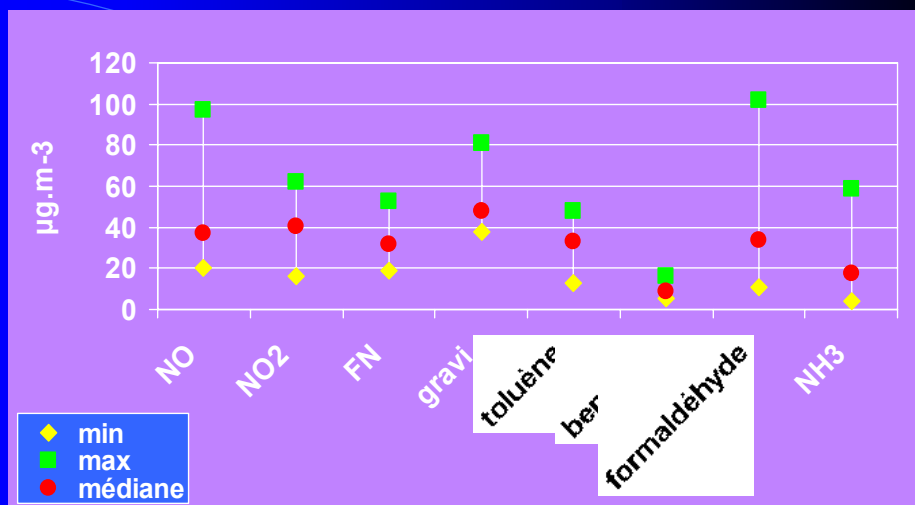
## Méthodologie

- Evaluation « court terme » (10 écoles)
  - ∅ Campagnes de 10 jours
  - ∅ 1 classe + cour de récréation  
et
  - ∅ Suivi temporel dans la classe, une journée en relation avec les activités scolaires
- Evaluation « long terme » (8 écoles)
  - ∅ Campagnes de 4 à 9 mois
  - ∅ 1 classe + dortoir + cour de récréation
  - ∅ Prélèvements intégrés une semaine par mois (capteurs passifs)

## Paramètres étudiés

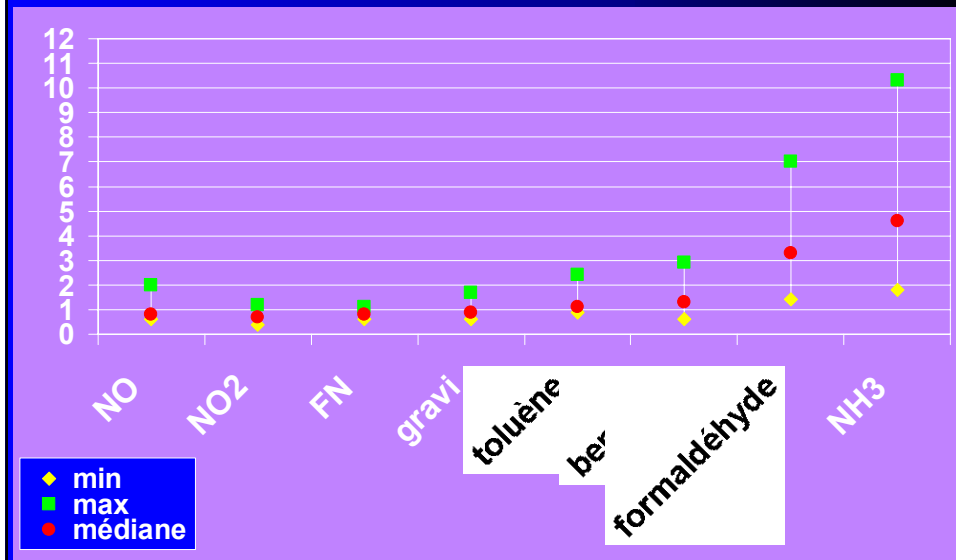
Paramètres	Court terme	Long terme
Particules en suspension • Gravimétrie • Indice « fumée noire »	48 – 72 h 1 h	-
NO – NO2	continu	7 j (NO2)
CO	continu	-
NH3	24 h	-
HAM	24 h	-
COV	~1 h	7 j
Aldéhydes	~1h – 24 h	7 j
Température Hygrométrie – CO2	continu	

## Distribution des teneurs moyennes 24h dans les classes

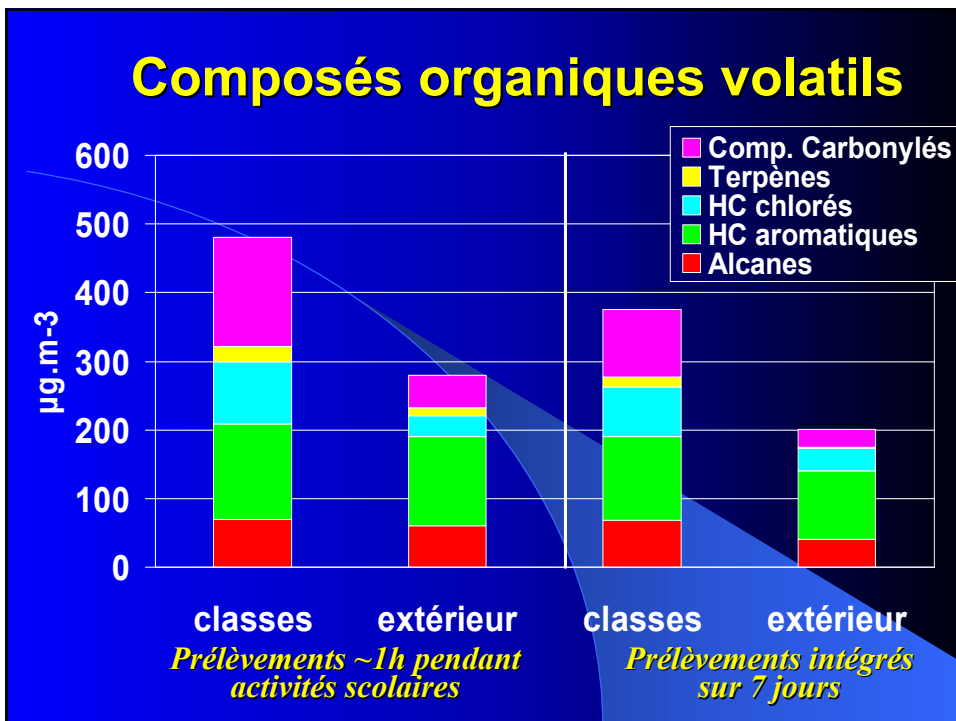


# Distribution des rapports moyens

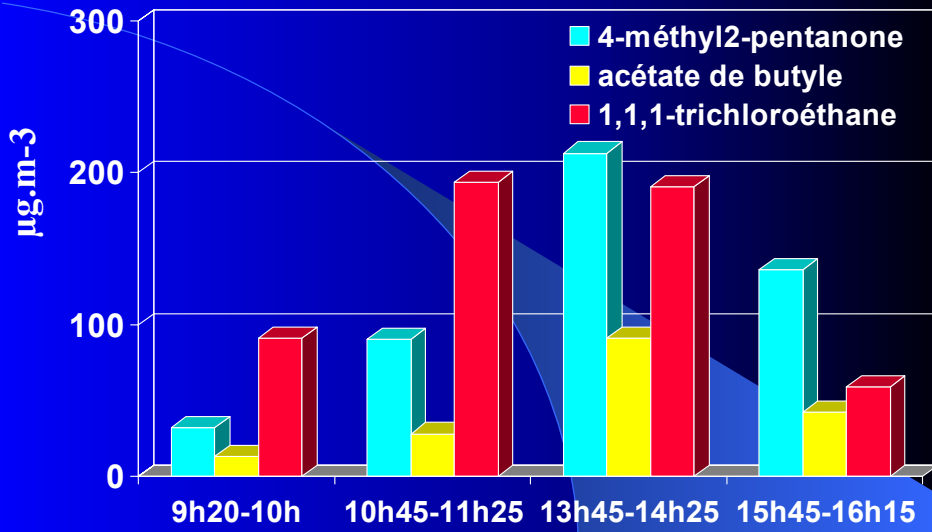
$C_{\text{classe}}/C_{\text{extérieur}}$  (teneurs 24h)



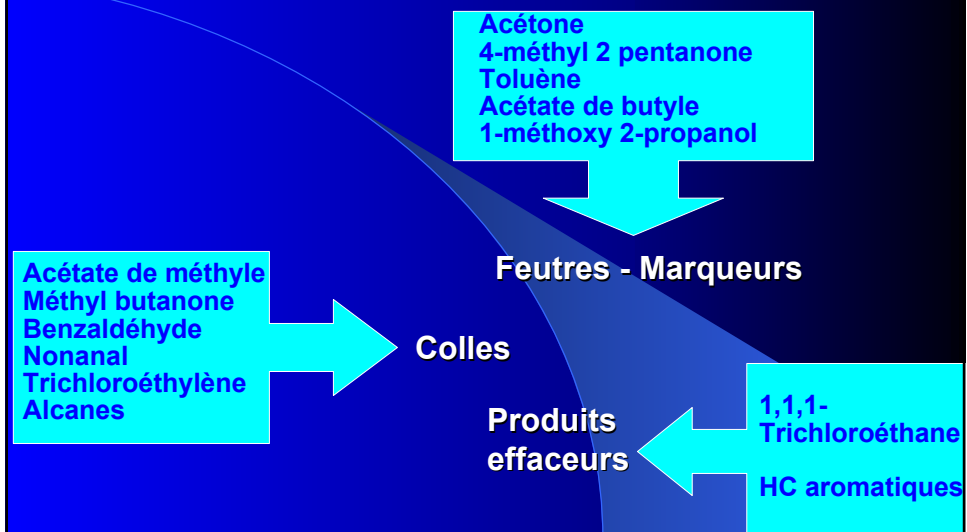
# Composés organiques volatils



## Composés émis en relation avec les activités scolaires



## Principaux COV émis par les fournitures scolaires étudiées dans une enceinte expérimentale

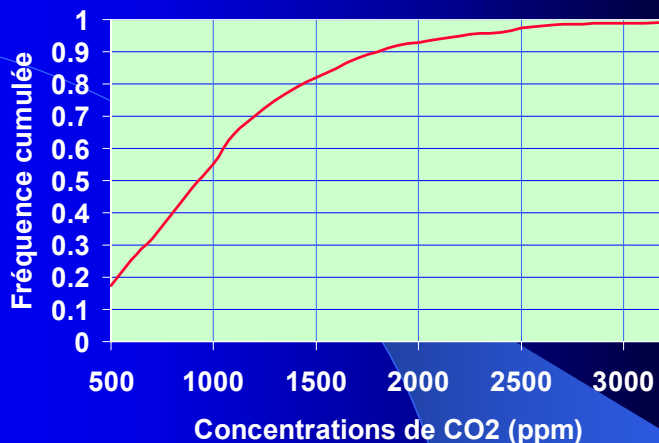


## Concentrations de formaldéhyde ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )

	Durée des prélèvements		
	1 h	24 h	7 j
Teneur moyenne			
➤ classes	46	34	60*
➤ extérieur	17	10	-
Cint : min – max	10 - 91	9 – 110	10 - 260

\* Classes et dortoirs

## Fréquence cumulée des teneurs en CO<sub>2</sub> intégrées pendant les heures de classe



55% des concentrations de CO<sub>2</sub> mesurées les jours de classe dépassent 1000 ppm

# Modélisation des teneurs intérieures

Bilan matière :

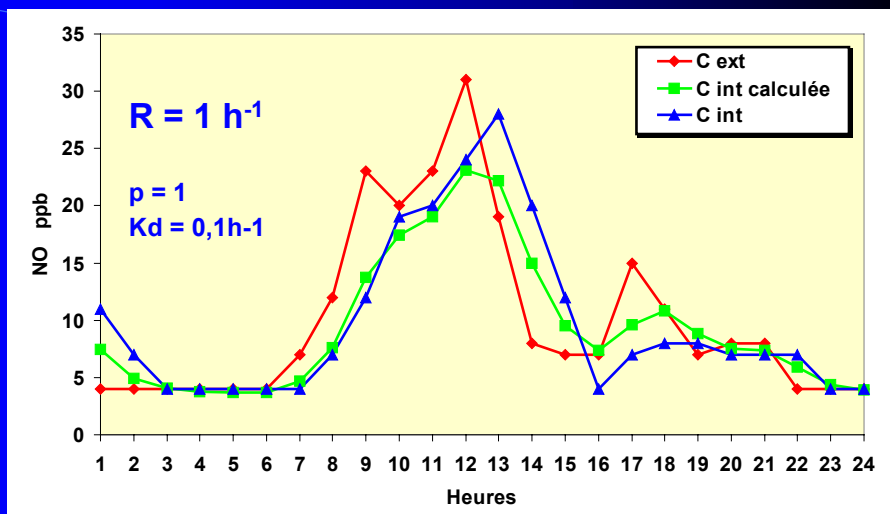
$$V \frac{dC_i}{dt} = K_d V C_i(t) + p Q C_e(t) - Q C_i(t)$$

- $K_d$  : constante de vitesse de perte par déposition ou réactivité  
 $V$  : volume du local  
 $C_i$  : concentration intérieure  
 $C_e$  : concentration extérieure  
 $Q$  : débit d'infiltration en air neuf  
 $p$  : coefficient de pénétration du polluant dans le local

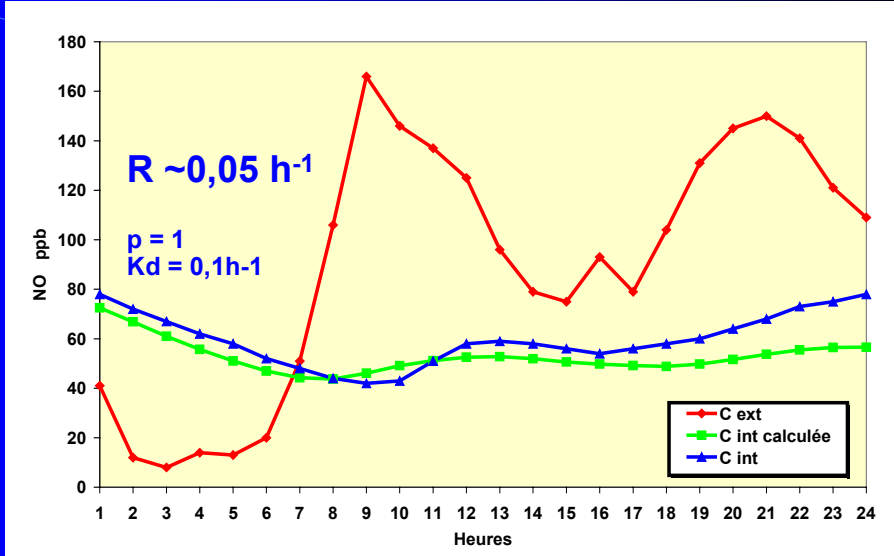
Hypothèses :

- Masse d'air homogène
- Pas de source intérieure
- Cextérieure suit une loi linéaire :  $C_{e(tn)} = C_{e(tn-1)} + B_n (t_n - t_{n-1})$

## Estimation du taux de renouvellement horaire : classe correctement ventilée



## Estimation du taux de renouvellement horaire : classe faiblement ventilée



## Principales conclusions

- Ø Contribution de l'air extérieur prédominante :  
*CO, NO, benzène,...*
- Ø Sources permanentes :  
*formaldéhyde (mobilier),  
ammoniac (présence humaine + produits nettoyants?)*
- Ø Sources liées aux activités scolaires :  
*émissions COV (HC chlorés, cétones, esters, aldéhydes,..)*
- Ø Ventilation souvent insuffisante

# 15 ans après.....que faire ?

- Paramètres à investiguer :

- COV : quelles familles chimiques ?
- NH<sub>3</sub> ?
- Renouvellement d'air : quelle méthode ?

- Périodes à considérer :

- Pendant l'activité et hors activité ?

- Moyens à mettre en œuvre :

- Limite des capteurs passifs