

Institut Pierre Louis d'Épidémiologie et de Santé Publique  
*Pierre Louis Institute of Epidemiology and Public Health*

*Pierre Louis (1787-1872), French physician. His greatest contribution to medicine was the development of the numerical method, forerunner to epidemiology and the modern clinical trial.*



Unité mixte de recherche en santé n° 1136 (UMR-S 1136)  
Directrice : Dominique Costagliola

# Les conséquences respiratoires et allergiques de l'exposition des jeunes enfants aux polluants de l'intérieur des locaux

Isabella ANNESI-MAESANO  
*Directeur de Recherche INSERM  
Responsable Equipe EPAR*



La santé dans le bâtiment de la crèche au lycée

22 mai 2014

ATTENTION AUX ENFANTS !

Cité des Sciences et de l'Industrie de Paris

# Contexte sociétal

---

- Près de **93 millions d'étudiants (<18 ans)** représentant environ **18,6%** de la population totale de l'Union européenne, durant l'année académique **2009/2010**
- Pendant la période scolaire, les enfants peuvent passer jusqu'à **un tiers de leur temps dans les bâtiments des écoles, y compris les crèches.**
  - Les enfants âgés de 7-10 passent en France environ 160-180 jours à l'école, soit 1 280-1 440 heures en moyenne, dont 960-1080 heures en classe.

**Population exposée étant importante**

**+**

**Ecole source importante d'exposition à la pollution atmosphérique de l'intérieur et de l'extérieur des locaux**

**=**

**Problème de santé publique**



# Contexte scientifique

---

- Comme tous les locaux clos, **l'école n'est pas à l'abri de la pollution atmosphérique de l'intérieur des locaux** en raison des **activités** exercées et des **caractéristiques des locaux**, ainsi que par le biais du **transfert d'air** en cas de ventilation naturelle (ouverture des fenêtres), de celle de la **contamination de l'extérieur** des locaux.
- Pourtant, peu de données existent sur la santé allergique et respiratoire des écoliers en lien avec la qualité de l'air à l'école:
  - Peu d'études de population générale
  - Peu de polluants atmosphériques
  - Peu d'indicateurs allergiques et respiratoires
  - Peu de données objectives
    - Peu de mesurages objectifs des concentrations des polluants
    - Peu d'indicateurs sanitaires autres que ceux obtenus par questionnaire

## Études :

- 6 Cities
- HESE
- SINPHONIE

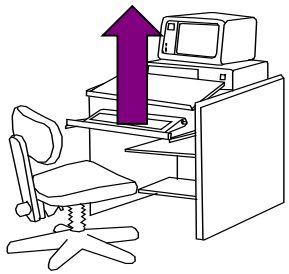


# Pollution à l'école

**Activités**  
Peinture,  
Ménage



**Ameublement**  
**Décoration**



**Combustion**  
Chauffage (s'il y en a)

**Bio effluents,**  
**bactéries,**  
**moisissures**



**Bâtiment :**

Âge, conception,  
équipement,  
maintenance,  
désordre de  
construction

Ventilation

**La santé dans le bâtiment de la crèche au lycée**

22 mai 2014

**ATTENTION AUX ENFANTS !**

Cité des Sciences et de l'Industrie de Paris



**Activités**  
Peinture,  
Ménage



**Ameublement**  
**Décoration**



**Combustion**  
Chauffage (s'il y  
en a)

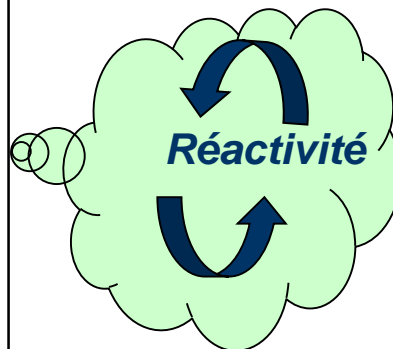
**Bio effluents,**  
**bactéries,**  
**moisissures**



**Bâtiment :**

Âge, conception,  
équipement,  
maintenance,  
désordre de  
construction

Ventilation

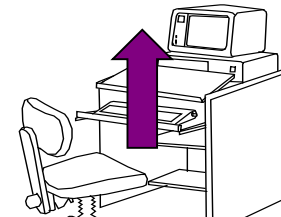




**Activités**  
Peinture,  
Ménage



**Ameublement**  
**Décoration**



**Polluants**

- **Chimiques**
  - gaz (COVs, NO<sub>2</sub>...)
  - particules
- **Biologiques**
  - Moisissures
  - Allergènes
  - Endotoxines
  - Virus/bactéries

**Combustion**  
Chauffage (s'il y  
en a)

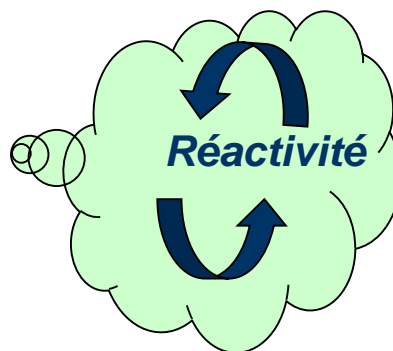
**Bio effluents,**  
**bactéries,**  
**moisissures**



**Bâtiment :**

Âge, conception,  
équipement,  
maintenance,  
désordre de  
construction

Ventilation



# Étude des 6 Villes

**La santé dans le bâtiment de la crèche au lycée**

22 mai 2014

**ATTENTION AUX ENFANTS !**

Cité des Sciences et de l'Industrie de Paris



Figurés, sans de l'être  
reproduit en et de l'être  
de l'être sans de l'être  
grâce à l'indulgence.

2012

[www.playbacpresse.fr](http://www.playbacpresse.fr)

Coucher du Soleil : 20 h 47

APPEL

Tu veux tester des produits et donner  
ton avis en page 7 ? Envoie un e-mail  
à : [challenges@playbac.fr](mailto:challenges@playbac.fr) !

# Mon Quotidien

Le seul journal pour les 10-14 ans qui paraît tous les jours - 0,48 euro - n° 4 647

## À L'ÉCOLE, 1 ENFANT SUR 3 RESPIRE DE L'AIR POLLUÉ



La santé dans le bâtiment de la crèche au lycée

22 mai 2014

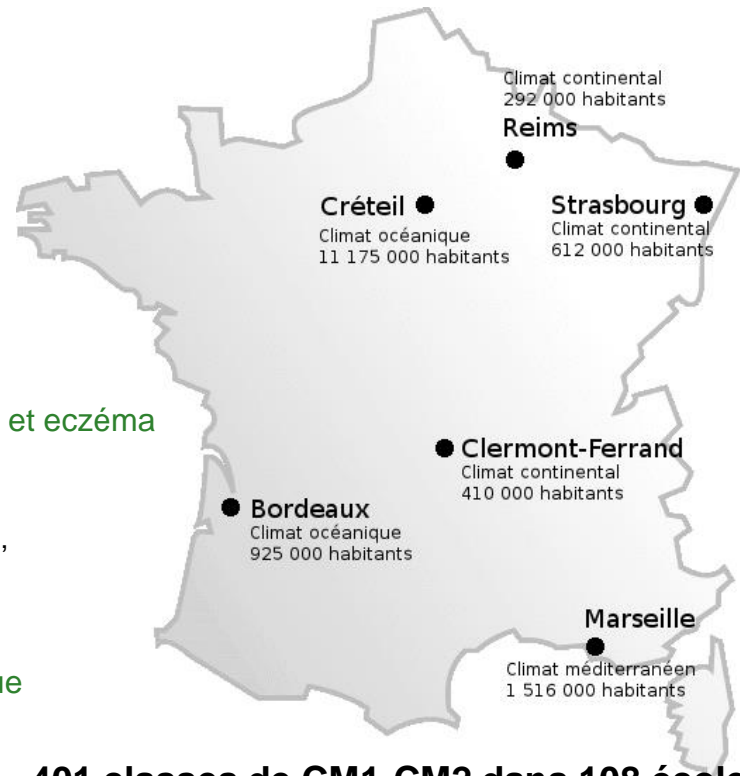
ATTENTION AUX ENFANTS !

Cité des Sciences et de l'Industrie de Paris



# E6C

## Etude des 6 Villes



### Questionnaire épidémiologique, complété par les parents

- Modules ISAAC (Asher, ERJ, 1995) sur asthme, rhinite allergique et eczéma  
→ Diagnostic, symptômes, prise en charge
- Facteurs de risque potentiels  
→ caractéristiques socio-économiques, ACD d'asthme et d'allergies, caractéristiques du logement, tabagisme passif...

### Bilan médical, effectué par un médecin spécialement formé

- Tests Allergologiques Cutanés (TAC) ► sensibilisation allergique
- Test de la course libre (Debrock, RESP, 2002) ► asthme à l'effort
- Mesure d'eNO dans un sous-groupe d'enfants

- 401 classes de CM1-CM2 dans 108 écoles tirées au sort
- 6683 enfants avec données complètes. 6590 inclus.
- 5085 enfants ( $10.4 \pm 0.7$  ans) avec mesures de pollution pendant la semaine de la visite médicale
- Recueil : mars 1999-octobre 2000

Les données de population sont celles des aires urbaines INSEE.  
Source : INSEE Recensement 1999.  
Créteil fait partie de l'aire urbaine de Paris.



La santé dans le bâtiment de la crèche au lycée

22 mai 2014

ATTENTION AUX ENFANTS !

Cité des Sciences et de l'Industrie de Paris

# Mesures de pollution atmosphérique en classe dans Étude 6 Villes

- $PM_{2.5}$
- $NO_2$
- $O_3$
- COVs: Formaldéhyde, acétaldéhyde, acroléine



**Pompes et capteurs pendant la semaine d'examen**

+ Mesures identiques dans les préaux → ratio I/O  
pour déterminer les polluants de transfert



**La santé dans le bâtiment de la crèche au lycée**

22 mai 2014

**ATTENTION AUX ENFANTS !**

Cité des Sciences et de l'Industrie de Paris

# Principaux résultats de l'Étude des 6 Villes

1. Symptômes et maladies allergiques et respiratoires et **bilan de santé respiratoire**
2. Marqueur d'inflammation bronchique: eNO et pollution (étude nichée de type cas témoin)



ORIGINAL ARTICLE

# Poor air quality in classrooms related to asthma and rhinitis in primary schoolchildren of the French 6 Cities Study

Isabella Annesi-Maesano,<sup>1,2</sup> Marion Hulin,<sup>1,2</sup> François Lavaud,<sup>3</sup> Chantal Raherison,<sup>4,5</sup> Christine Kopferschmitt,<sup>6</sup> Frederic de Blay,<sup>6</sup> Denis André Charpin,<sup>7</sup> Caillaud Denis<sup>8</sup>

► An additional material is published online only. To view this file please visit the journal online (<http://thorax.bmj.com/content/early/recent>).

<sup>1</sup>EPAR, INSERM, Paris, France

<sup>2</sup>EPAR, Université Pierre et Marie Curie, Paris, France

<sup>3</sup>Hôpital Maison Blanche, Reims, France

<sup>4</sup>Hôpital du Haut-Lévêque, Bordeaux, France

<sup>5</sup>ISPED Université, Bordeaux, France

<sup>6</sup>Hôpitaux Civils, Strasbourg, France

<sup>7</sup>Hôpital Nord, Marseille, France

<sup>8</sup>Hôpital Montpied, Clermont-Ferrand, France

## Correspondence to

Dr Isabella Annesi-Maesano, Epidemiology of Allergic and Respiratory Diseases (EPAR), UMR S 707, INSERM-UPMC-Paris 6, Medical School St Antoine, 27 rue Chaligny, Paris 75571 Cedex 12, France; [isabella.annesimaesano@inserm.fr](mailto:isabella.annesimaesano@inserm.fr)

Received 25 April 2011

## ABSTRACT

**Background** Relationships between indoor air quality (IAQ) found in schools and the allergic and respiratory health of schoolchildren have been insufficiently explored. A survey was conducted in a large sample of classrooms of primary schools in France to provide objective assessments of IAQ to which young schoolchildren are exposed in classrooms, and to relate exposure to major air pollutants found in classrooms to asthma and allergies of schoolchildren.

**Methods** Concentrations of fine particles with aerodynamic diameter  $\leq 2.5 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2.5}$ ), nitrogen dioxide ( $\text{NO}_2$ ) and three aldehydes were objectively assessed in 401 randomly chosen classrooms in 108 primary schools attended by 6590 children (mean age 10.4 years,  $\text{SD} \pm 0.7$ ) in the French 6 Cities Study. The survey incorporated a medical visit including skin prick testing (SPT) for common allergens, a test for screening exercise-induced asthma (EIA) and a standardised health questionnaire completed by parents.

**Results** Children were differently exposed to poor air quality in classrooms, with almost 30% being highly exposed according to available standards. After adjusting for confounders, past year rhinoconjunctivitis was significantly associated with high levels of formaldehyde in classrooms (OR 1.19; 95% CI 1.04 to 1.36).

Additionally, an increased prevalence of past year asthma

## Key messages

### What is the key question?

- How bad is air quality at school for children' respiratory health?

### What is the bottom line?

- In our random sample, air quality in classrooms was poor, varied significantly among schools and cities.
- Almost 30% of school children were highly exposed according to WHO standards. Exposure to elevated concentrations of particulate matter and volatile organic compounds found in classrooms was significantly related to current asthma and rhino-conjunctivitis in schoolchildren.
- Children with a background of allergies were at increased risk.

### Why read on?

- Our results are of relevance for public health because the population of exposed school children is huge due to the fact that primary school is compulsory and because childhood asthma and allergies are very common.



# Qualité d'air dans les salles de classe

(401 classes, 108 écoles, 5085 enfants)

Polluant <sup>s</sup>	Concentrations faibles			Concentrations élevées		% enfants dans classes avec concentrations élevées
	Intervalle			Intervalle		
	N échantillons	Range	Moyenne	Range	Moyenne	
NO <sub>2</sub>	418	[7.3 - 33.0]	23.2	[33.1 - 62.0]	41.2	33.7
PM <sub>2.5</sub>	387	[5.1 - 17.9]	12.5	[18.0 - 70.3]	23.8	37.2
Acroléine	359	<1.0		[1.0 - 23.7]	3.2	32.7
Acétaldéhyde	425	[2.6 - 10.4]	6.7	[10.5 - 34.6]	15.4	28.9
Formaldéhyde	425	[4.1 - 29.7]	19.3	[29.8 - 107.3]	43.2	28.5

concentrations élevées : > 70 percentiles



**1 enfant sur 3 exposé en classe d'après l'OMS**



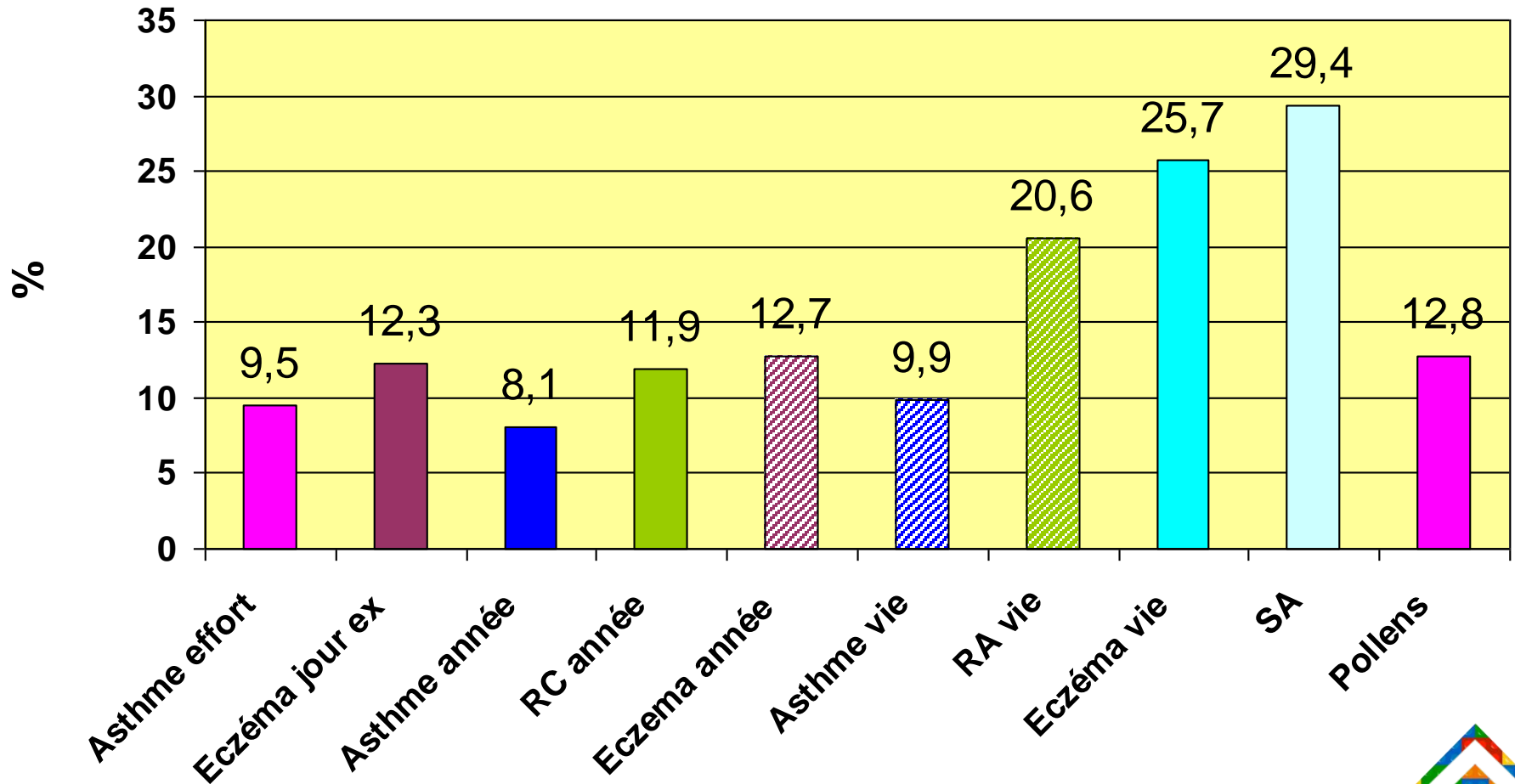
**La santé dans le bâtiment de la crèche au lycée**

22 mai 2014

**ATTENTION AUX ENFANTS !**

Cité des Sciences et de l'Industrie de Paris

# Prévalence des indicateurs de santé allergique et respiratoire (N=5085)



SA: sensibilisation allergénique (positivité aux TAC)

La santé dans le bâtiment de la crèche au lycée

22 mai 2014

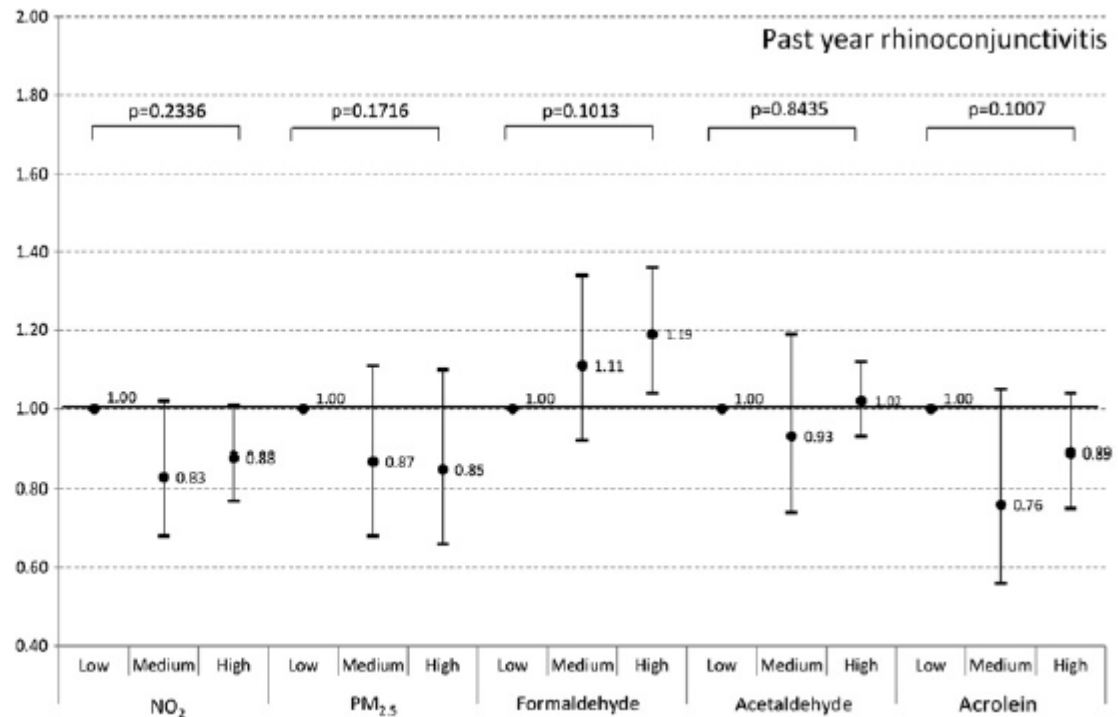
ATTENTION AUX ENFANTS !

Cité des Sciences et de l'Industrie de Paris



# Relation entre PA dans les salles de classe et rhinoconjunctivite dans l'année

**Figure 3** Relationships between air pollutants in classrooms and current rhinoconjunctivitis in the entire sample population of schoolchildren (N=6590) of the 6 Cities Study. Tertiles are defined according to the distribution of air pollutants in the classrooms (in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Nitrogen dioxide ( $\text{NO}_2$ ): low  $\leq 23.7$ , medium  $> 23.7$  to  $\leq 31.6$ , high  $> 31.6$ ; fine particles with aerodynamic diameter  $\leq 2.5 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2.5}$ ): low  $\leq 12.2$ , medium  $> 12.2$  to  $\leq 17.5$ , high  $> 17.5$ ; formaldehyde: low  $\leq 19.1$ , medium  $> 19.1$  to  $\leq 28.4$ , high  $> 28.4$ ; acetaldehyde: low  $\leq 6.5$ , medium  $> 6.5$  to  $\leq 9.9$ , high  $> 9.9$ ; acrolein: low=limit of detection (LD), medium  $> \text{LD}$  to  $\leq 1.55$ , high  $> 1.55$ . Dots are OR adjusted for age, gender, passive smoking and paternal or maternal history of asthma and allergic diseases; bars are 95% CIs.



SA: sensibilisation allergénique (positivité aux TAC)

La santé dans le bâtiment de la crèche au lycée

22 mai 2014

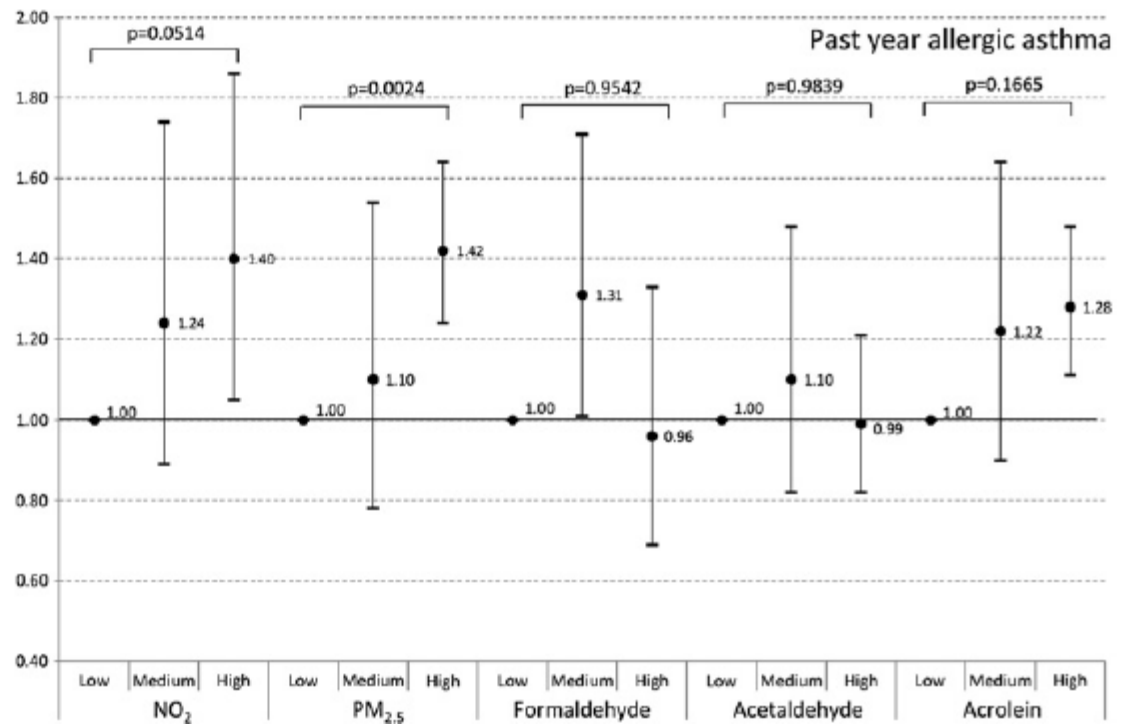
ATTENTION AUX ENFANTS !

Cité des Sciences et de l'Industrie de Paris



# Relation entre PA dans les salles de classe et asthme allergique dans l'année

**Figure 5** Relationships between air pollutants in classrooms and past year asthma among atopic children (N=1719) of the 6 Cities Study. Tertiles are defined according to the distribution of air pollutants in the classrooms (in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Nitrogen dioxide ( $\text{NO}_2$ ): low  $\leq 23.7$ , medium  $>23.7$  to  $\leq 31.6$ , high  $>31.6$ ; fine particles with aerodynamic diameter  $\leq 2.5 \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2.5}$ ): low  $\leq 12.2$ , medium  $>12.2$  to  $\leq 17.5$ , high  $>17.5$ ; formaldehyde: low  $\leq 19.1$ , medium  $>19.1$  to  $\leq 28.4$ , high  $>28.4$ ; acetaldehyde: low  $\leq 6.5$ , medium  $>6.5$  to  $\leq 9.9$ , high  $>9.9$ ; acrolein: low=limit of detection (LD), medium  $>\text{LD}$  to  $\leq 1.55$ , high  $>1.55$ . Dots are OR adjusted for age, gender, passive smoking and paternal or maternal history of asthma and allergic diseases; bars are 95% CIs.



SA: sensibilisation allergénique (positivité aux TAC)



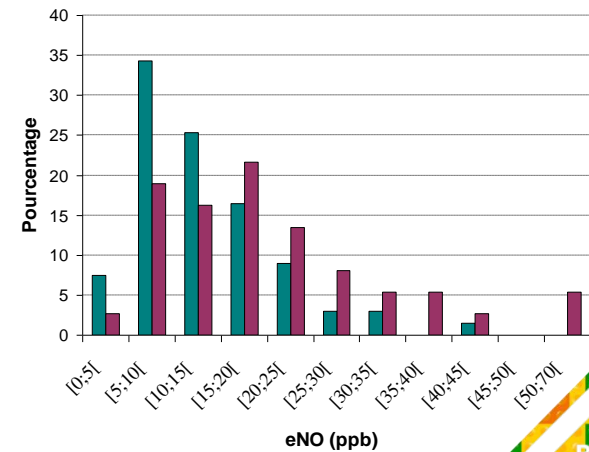
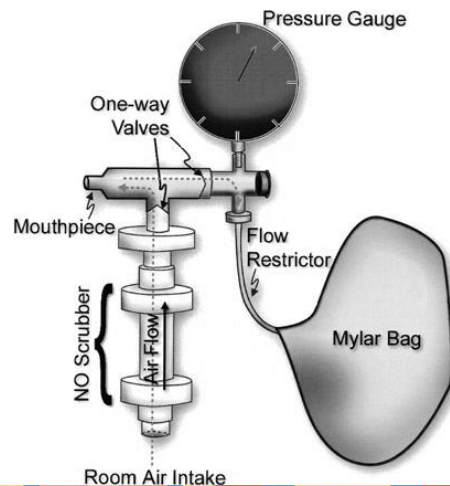


# eNO et pollution en classe



## ➤ Etude cas-témoin nichée

➤ **104 écoliers** de CM1 et CM2 (10.4+/-0.7 ans) de 18 écoles de Clermont-Ferrand : 67 non asthmatiques et 37 asthmatiques



La santé dans le bâtiment de la crèche au lycée

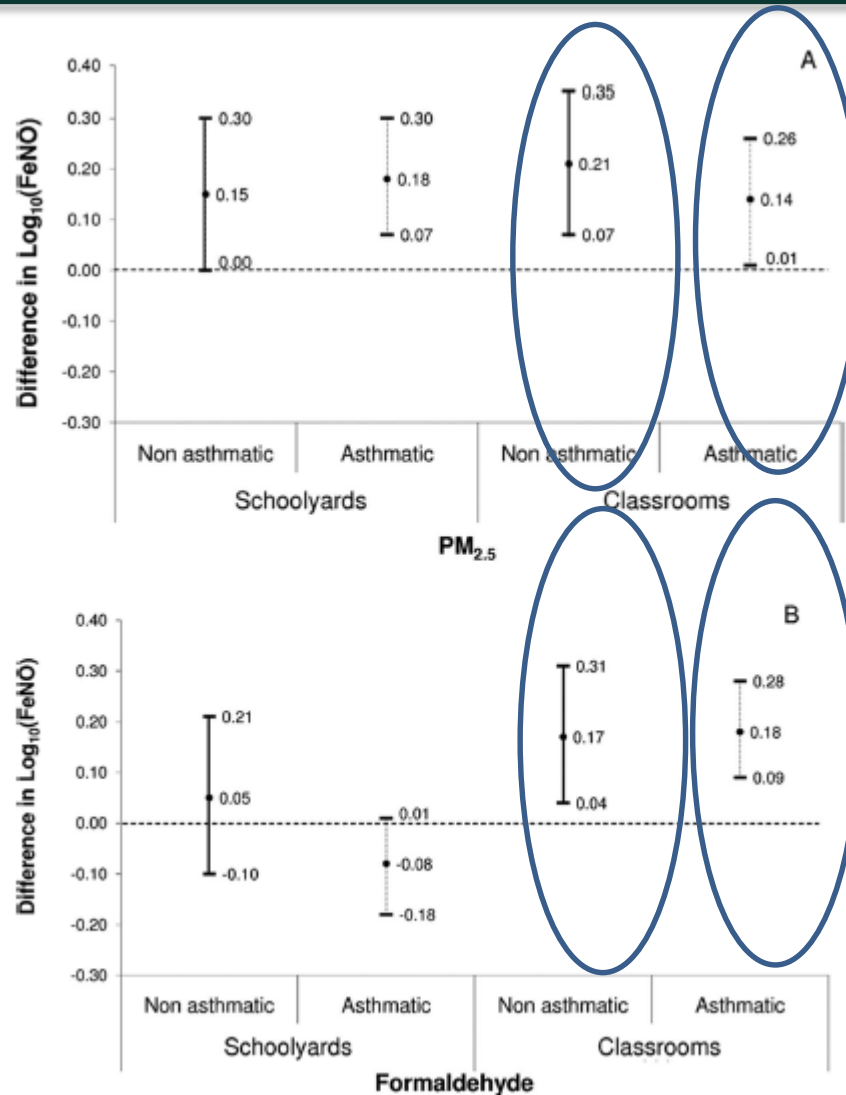
ATTENTION AUX ENFANTS !

22 mai 2014

Asthmatiques en classe

Cité des Sciences et de l'Industrie de Paris

# eNO et pollution en classe



**Significant relationships with classrooms PM and FA in both asthmatics (expected) and non asthmatics.**

**STRONGER IN ATOPICS**

M. Flamant-Hulin  
(JTEH 2009)



**La santé dans le bâtiment de  
ATTENTION AUX ENFANTS !**

**FIGURE 2.** Adjusted associations of exposure to air pollutants at schools with FeNO: difference in exhaled NO ( $\log_{10}$  FeNO) between high versus low exposed children to fine particles (A), formaldehyde (B), acetaldehyde (C), and  $\text{NO}_2$  (D). The two categories of exposure "low" versus "high" were defined with respect to the third quartile value of concentrations. Differences are adjusted for geographical origin of the mother, parental education, family history of allergy, exposure to passive smoking during early childhood, and atopy. Error bars indicate 95% confidence intervals. Continuous lines represent non-asthmatic children and dotted lines asthmatic children.

# HESE

**La santé dans le bâtiment de la crèche au lycée**

22 mai 2014

**ATTENTION AUX ENFANTS !**

Cité des Sciences et de l'Industrie de Paris



# Etude HESE: Health Effects of School Environment

---

Eur Respir J 2010; 35: 742–749  
DOI: 10.1183/09031936.00016309  
Copyright©ERS Journals Ltd 2010

## School air quality related to dry cough, rhinitis and nasal patency in children

M. Simoni<sup>\*</sup>, I. Annesi-Maesano<sup>#</sup>, T. Sigsgaard<sup>¶</sup>, D. Norback<sup>+</sup>, G. Wieslander<sup>+</sup>, W. Nystad<sup>§</sup>, M. Canciani<sup>f</sup>, P. Sestini<sup>\*\*</sup> and G. Viegi<sup>\*.##</sup>

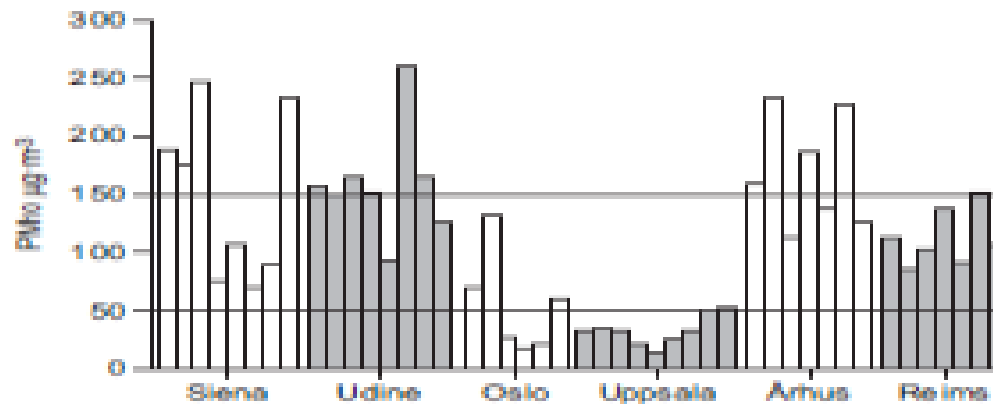
La santé dans le bâtiment de la crèche au lycée

22 mai 2014

ATTENTION AUX ENFANTS !

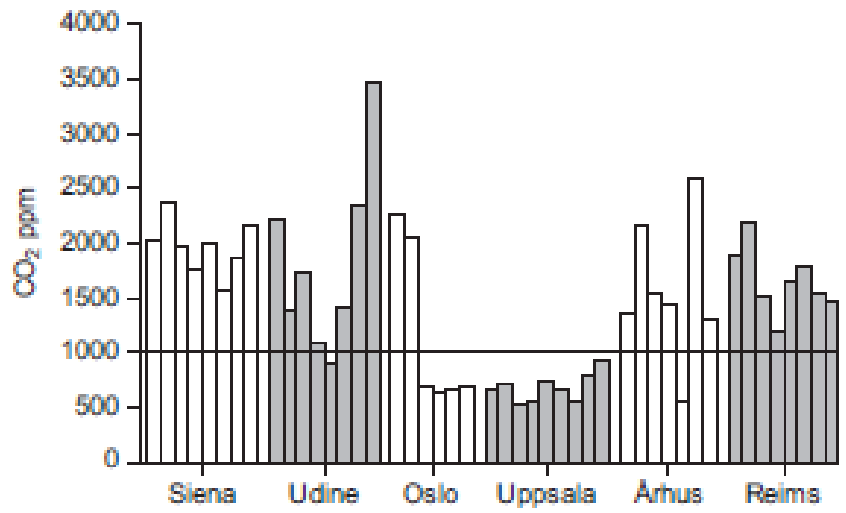
Cité des Sciences et de l'Industrie de Paris



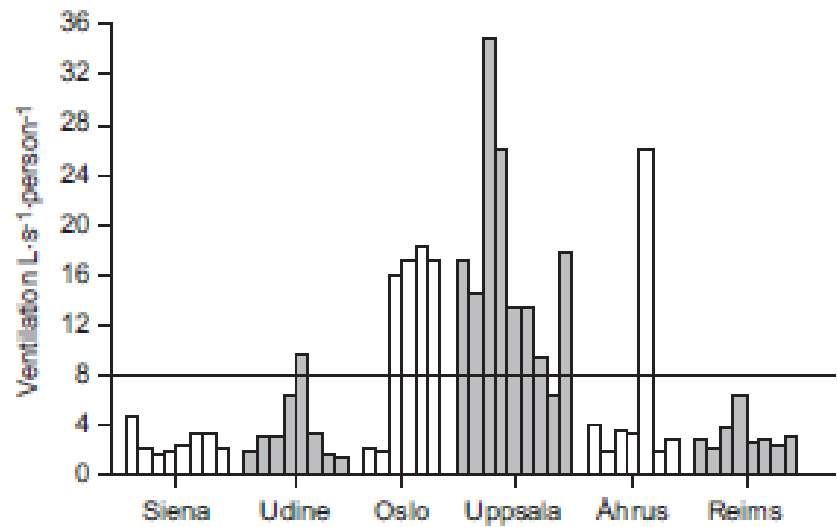


**FIGURE 1.** Indoor particulate matter with a 50% cut-off aerodynamic diameter of 10 µm (PM10). Classroom mean concentration by centre. The line at 50 µg·m<sup>-3</sup> shows the US Environmental Protection Agency (EPA) annual standard. The line at 150 µg·m<sup>-3</sup> shows the US EPA 24-h standard.

EUROPEAN RESPIRATORY JOURNAL

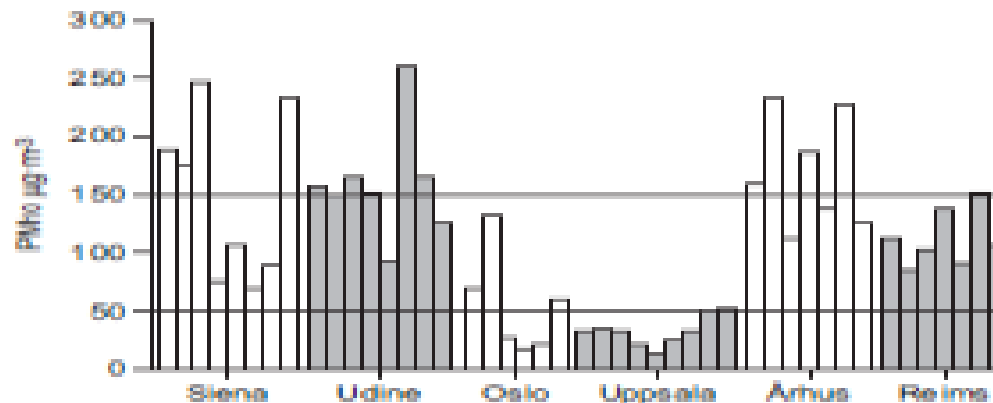


**FIGURE 2.** Indoor CO<sub>2</sub>. Classroom mean concentration by centre. The line at 1,000 ppm shows the American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers standard.



**FIGURE 3.** Ventilation rate. Mean personal outdoor supply rate by centre. The line at 8 L·s<sup>-1</sup>·person<sup>-1</sup> shows the American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers standard.

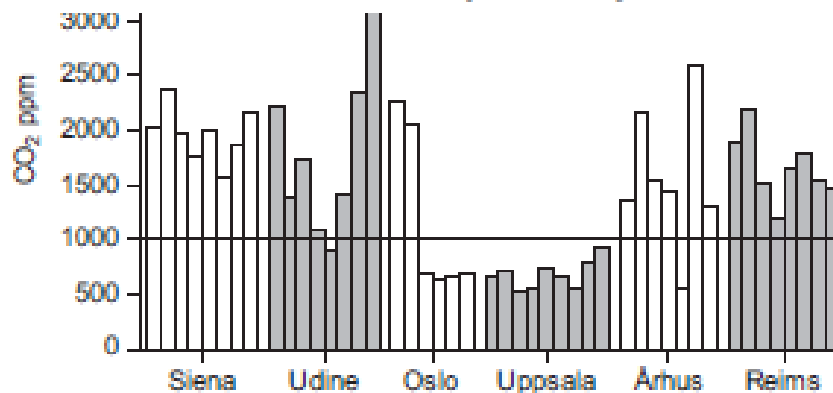




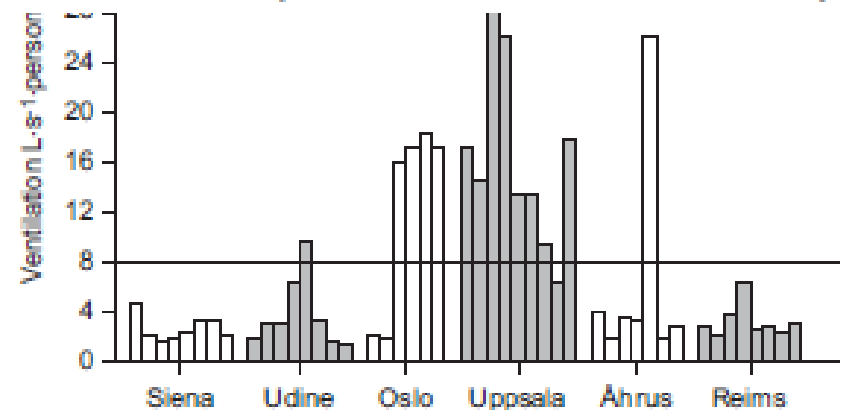
**FIGURE 1.** Indoor particulate matter with a 50% cut-off aerodynamic diameter of 10 µm (PM<sub>10</sub>). Classroom mean concentration by centre. The line at 50 µg·m<sup>-3</sup> shows the US Environmental Protection Agency (EPA) annual standard. The line at 150 µg·m<sup>-3</sup> shows the US EPA 24-h standard.

EUROPEAN RESPIRATORY JOURNAL

Schoolchildren exposed to PM<sub>10</sub> >50 µg·m<sup>-3</sup> and CO<sub>2</sub> >1,000 ppm (standards for good IAQ) were 78% and 66%, respectively. All disorders were more prevalent in children from poorly



**FIGURE 2.** Indoor CO<sub>2</sub>. Classroom mean concentration by centre. The line at 1,000 ppm shows the American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers standard.



**FIGURE 3.** Ventilation rate. Mean personal outdoor supply rate by centre. The line at 8 L·s<sup>-1</sup>·person<sup>-1</sup> shows the American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers standard.



**TABLE 5** Rhinometry: minimum cross-sectional areas (MCAs) in the total sample and by centre

	Total	Italy	Sweden	Denmark	France	p-value
<b>Anterior MCA</b>						
Subjects n	193	81	39	53	20	
Mean cm <sup>2</sup>	0.70	0.72	0.74	0.66	0.70	NS
95% CI cm <sup>2</sup>	(0.68–0.73)	(0.67–0.76)	(0.70–0.79)	(0.63–0.70)	(0.64–0.75)	
Median cm <sup>2</sup>	0.69	0.72	0.71	0.67	0.70	
<b>Posterior MCA</b>						
Subjects n	140	81	39		20	
Mean cm <sup>2</sup>	1.03	1.02	1.16		0.83	<0.01
95% CI cm <sup>2</sup>	(0.97–1.10)	(0.92–1.11)	(1.05–1.28)		(0.74–0.92)	
Median cm <sup>2</sup>	0.97	0.94	1.10		0.85	

NS: not significant. p-values were measured using ANOVA.



La santé dans le bâtiment de la crèche au lycée

22 mai 2014

ATTENTION AUX ENFANTS !

Cité des Sciences et de l'Industrie de Paris

**TABLE 5** Rhinometry: minimum cross-sectional areas (MCAs) in the total sample and by centre

	Total	Italy	Sweden	Denmark	France	p-value
<b>Anterior MCA</b>						
Subjects n	193	81	39	53	20	
Mean cm <sup>2</sup>	1.03	1.02	1.16		0.83	<0.01
95% CI cm <sup>2</sup>	(0.97–1.10)	(0.92–1.11)	(1.05–1.28)		(0.74–0.92)	
Median cm <sup>2</sup>	0.97	0.94	1.10		0.85	

**1.11). Nasal patency was significantly lower in schoolchildren exposed to PM<sub>10</sub> >50 µg·m<sup>-3</sup> than in those exposed to lower levels.**

**A poor IAQ is frequent in European classrooms; it is related to respiratory disturbances and affects nasal patency.**

ns: not significant. p-values were measured using ANOVA.





# Etude HESE: Health Effects of School Environment

Pediatric Allergy and Immunology

ORIGINAL ARTICLE

EPIDEMIOLOGY, GENETICS AND PREVENTION

## Total viable molds and fungal DNA in classrooms and association with respiratory health and pulmonary function of European schoolchildren

Marzia Simoni<sup>1</sup>, Gui-Hong Cai<sup>2</sup>, Dan Norback<sup>2</sup>, Isabella Annesi-Maesano<sup>3,4</sup>, François Lavaud<sup>5</sup>, Torben Sigsgaard<sup>6</sup>, Gunilla Wieslander<sup>2</sup>, Wenche Nystad<sup>7</sup>, Mario Canciani<sup>8</sup>, Giovanni Viegi<sup>1,9</sup> & Piersante Sestini<sup>10</sup>

<sup>1</sup>Pulmonary Environmental Epidemiology Unit, CNR Institute of Clinical Physiology, Pisa, Italy; <sup>2</sup>Uppsala University, Department of Medical Sciences, Uppsala, Sweden; <sup>3</sup>UMR-S 707, UPMC Univ Paris06, Medical School St-Antoine, EPAR, France; <sup>4</sup>U707, INSERM, EPAR, Paris, France; <sup>5</sup>Service des Maladies respiratoires, CHU Reims, Reims, France; <sup>6</sup>IMA Institute of Environment- and Occupational Medicine, Århus University, Aarhus, Denmark; <sup>7</sup>Norwegian Institute of Public Health, Division of Epidemiology, Oslo, Norway; <sup>8</sup>Udine University-Hospital "Policlinico", Udine, Italy; <sup>9</sup>CNR Institute of Biomedicine and Molecular Immunology "A. Monroy", Palermo, Italy; <sup>10</sup>Siena University, Institute of Respiratory Diseases, Siena, Italy



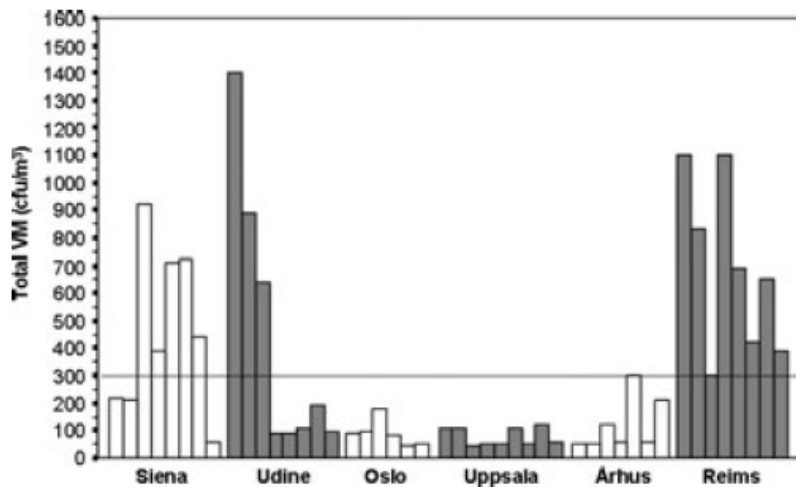
La santé dans le bâtiment de la crèche au lycée

22 mai 2014

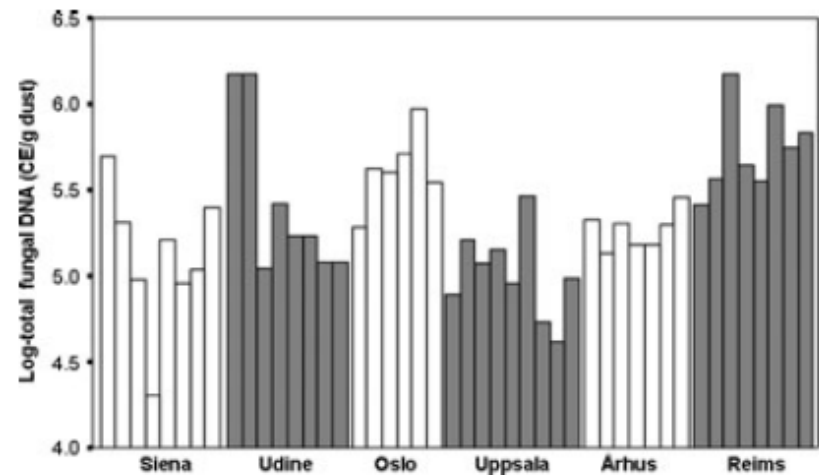
ATTENTION AUX ENFANTS !

Cité des Sciences et de l'Industrie de Paris

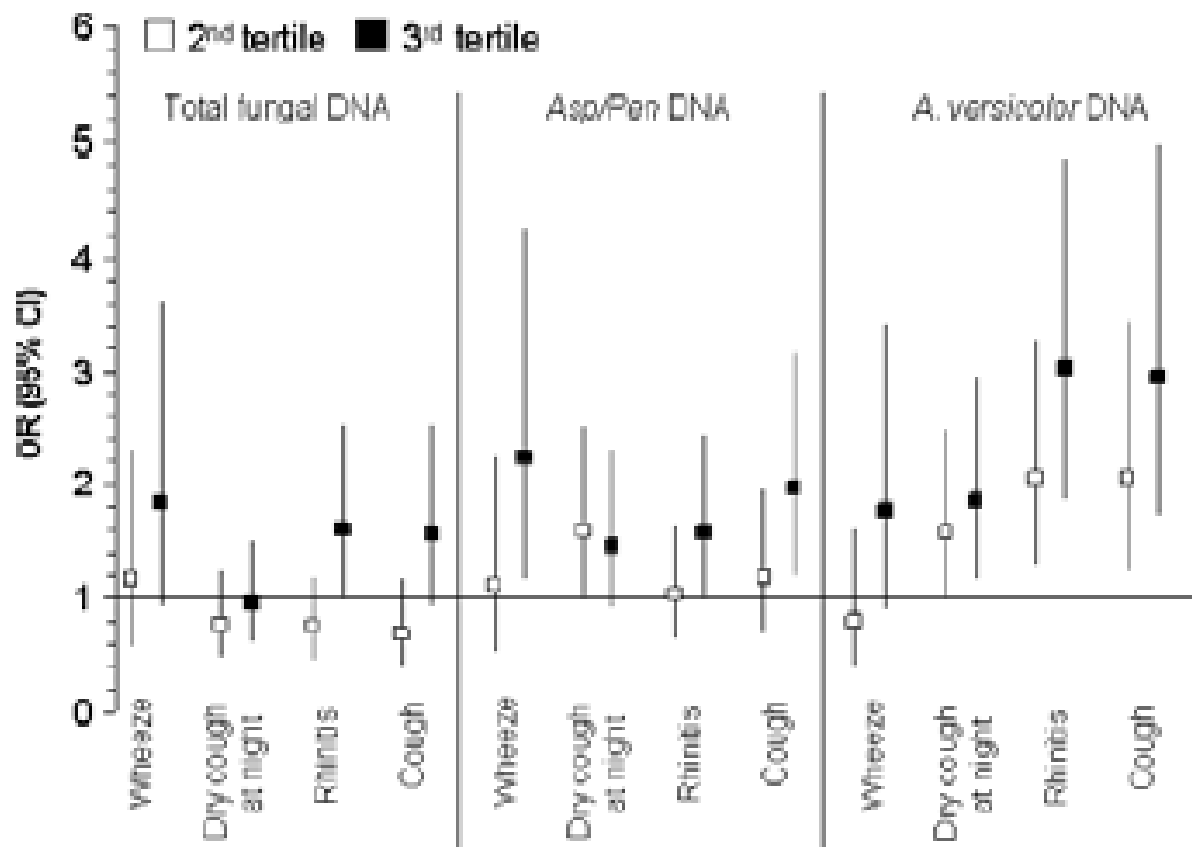
# Moulds in classrooms in the HESE Study



**Figure 1** Concentrations of total viable molds in monitored classrooms. The horizontal line indicates the maximum standard value proposed by the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) (15) for good indoor air (300 cfu/m<sup>3</sup>).



**Figure 2** Concentrations of total fungal DNA in monitored classrooms.



**Figure 3** Logistic regression conventional models. Risk (odds ratio, OR) and 95% confidence interval (CI) for reporting respiratory disorders (dependent binary variables, yes/no) by tertile exposure to log-fungal DNA (CE/g dust). Each model is adjusted for gender, age, passive smoking at home, and lifetime asthma. Reference category for molds exposure: 1st tertile of the distribution. For computation of OR, see Table 4.



# Conclusion et perspectives



# Conclusions

---

- **Qualité de l'air médiocre dans les écoles**
- **Qualité de l'air liée à plusieurs problèmes de santé allergique et respiratoire**
- **Enfants allergiques plus à risque**
- **Aucun lien de causalité à ce jour**

