

# Qualité de l'air intérieur : enjeux et état des connaissances

# Plan de l'exposé

- 1. Qualité de l'air intérieur : de quoi parle-t-on ?  
Polluants, sources et effets**
- 2. Les spécificités par lieu de vie**
- 3. Thèmes d'actualité et sujets émergents**
- 4. Réglementation et politiques publiques**



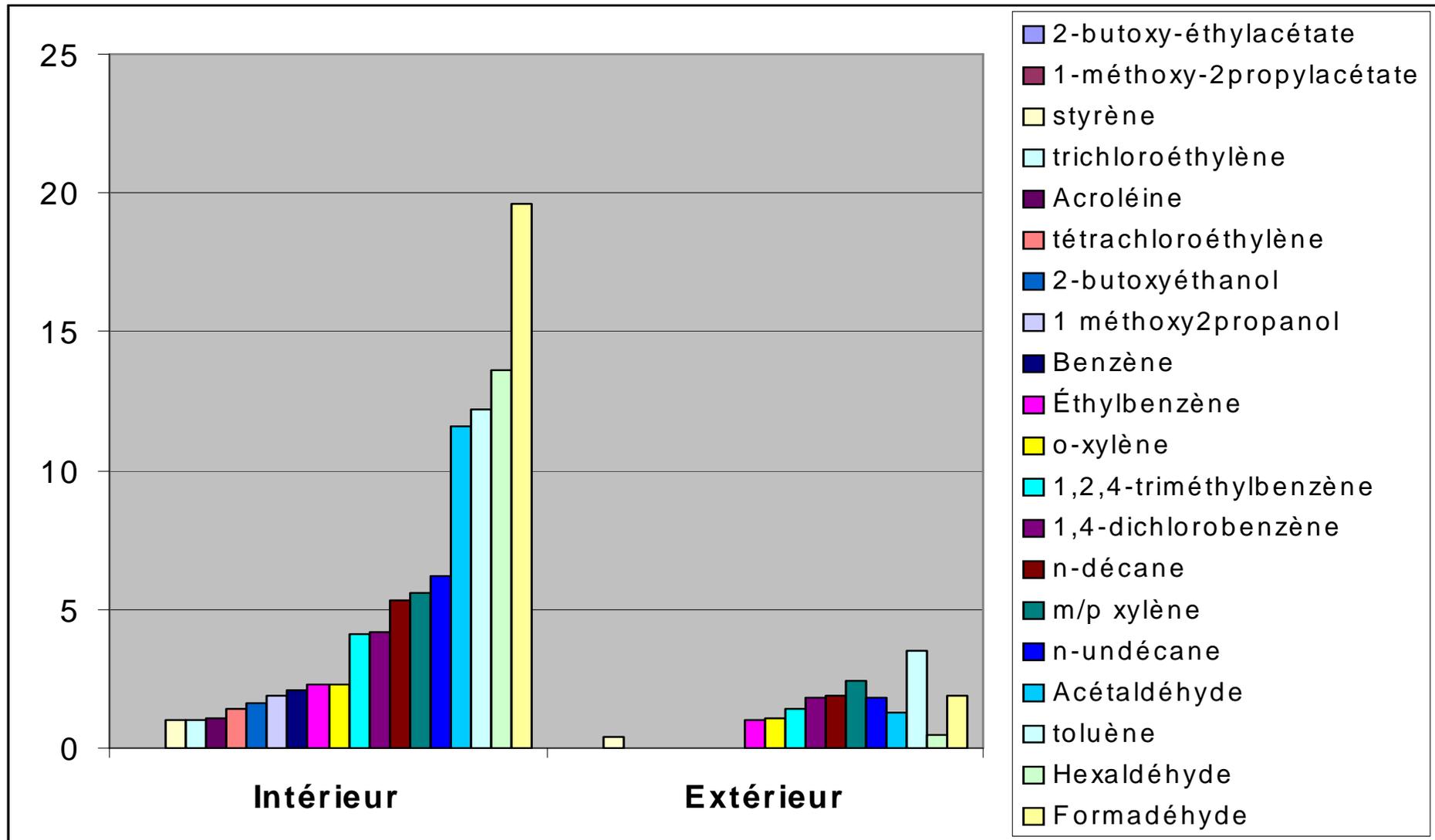
# 1. Polluants, sources et effets

# Pourquoi s'intéresser à l'air intérieur ?

- On passe environ **90 % de notre temps** dans des environnements clos
- Les personnes les plus fragiles y passent encore plus de temps : jeunes enfants, malades, personnes âgées, etc.
- On y est exposé à **une multitude de polluants** provenant de sources multiples

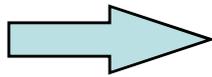
# Pourquoi s'intéresser à l'air intérieur ?

Médianes des concentrations en COV dans les logements français ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



# Les sources de pollution intérieure (1/2)

**Air ext.**



- 
- 1. Matériaux de construction**
  - 2. Systèmes et équipements**
  - 3. Hommes et activités**

**+ Réactivité chimique**

**Sol et eau**



# Les sources de pollution intérieure (2/2)

## Les principales sources de pollution de l'air intérieur

### Équipements

- 1 ameublement (bois collés)
- 2 ventilation et climatisation mal entretenues
- 3 chaudières, cheminées, poêles mal entretenus
- 4 production d'humidité des machines à laver, sèche-linge...
- 5 poubelles, stockage des déchets
- 6 cheminée ou poêle mal entretenus

### Activités humaines

- 7 bricolage, émanations des voitures, motos...
- 8 produits de toilette et cosmétiques, humidité
- 9 aspirateur, produits d'entretien, parfums d'intérieur, bougies, encens...
- 10 cuisson
- 11 tabagisme

### Occupation des locaux

- 12 plantes (allergènes, engrais, pesticides)
- 13 métabolisme
- 14 animaux

### Sol

- 15 émanations naturelles (radon), sols contaminés

### Matériaux de construction et de décoration

- 16 peintures, vernis, colles
- 17 isolants
- 18 revêtements de sols, murs, plafonds

### Air extérieur

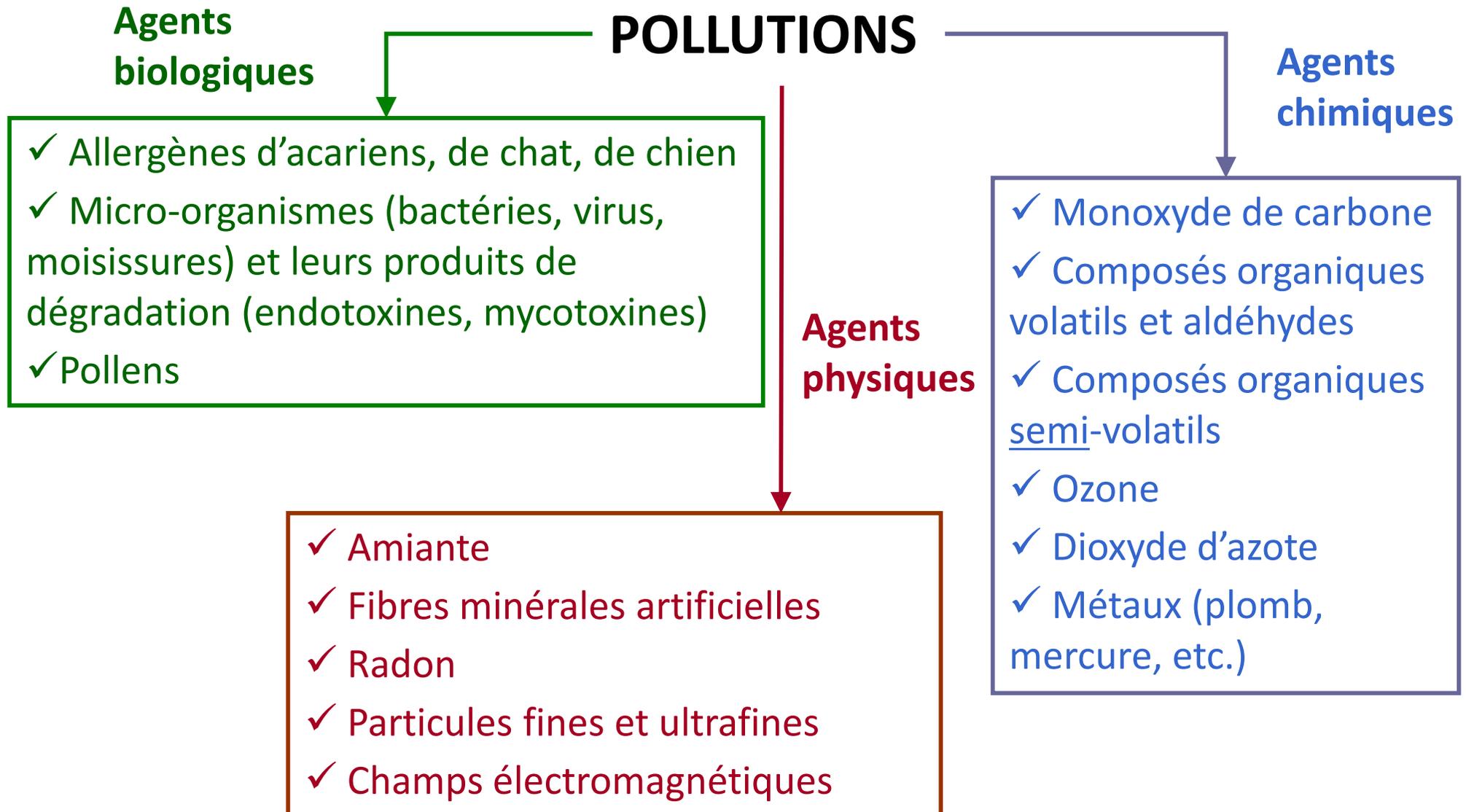
- 19 pollution locale (gaz d'échappement, activités industrielles ou agricoles), pollens, bactéries, particules...



Source :  
ADEME

**+ des phénomènes de réactivité chimique = polluants secondaires**

# Des substances et agents très nombreux



# Des effets sur la santé : très variés

## Inconfort

Air  
Confiné/sec  
Odeurs  
...

## Symptômes

Irritations de la peau, des  
Yeux, du nez, de la gorge  
Maux de tête  
Fatigue  
Baisse de performance  
...  
« *Sick Building  
Syndrome* »

## Maladies

Rhinite allergique  
Asthme  
Infections respiratoires  
Légionellose  
Cardiovasculaires  
Liées à la reproduction  
Cancer du poumon  
...

# Les impacts sanitaires

- ~ **28 000 nouveaux cas de pathologies** et ~ **20 000 décès / an** pour **6 polluants majeurs** (benzène, trichloroéthylène, PM, FTE, radon, monoxyde de carbone)
  - **Monoxyde de carbone** : responsable, chaque année, d'une centaine de décès et d'environ 1300 épisodes d'intoxication
  - **Radon** : associé à 1 200 à 2 900 décès par an par cancer du poumon. C'est en Europe la deuxième cause de mortalité par cancer du poumon

# Des enjeux économiques (1/2)

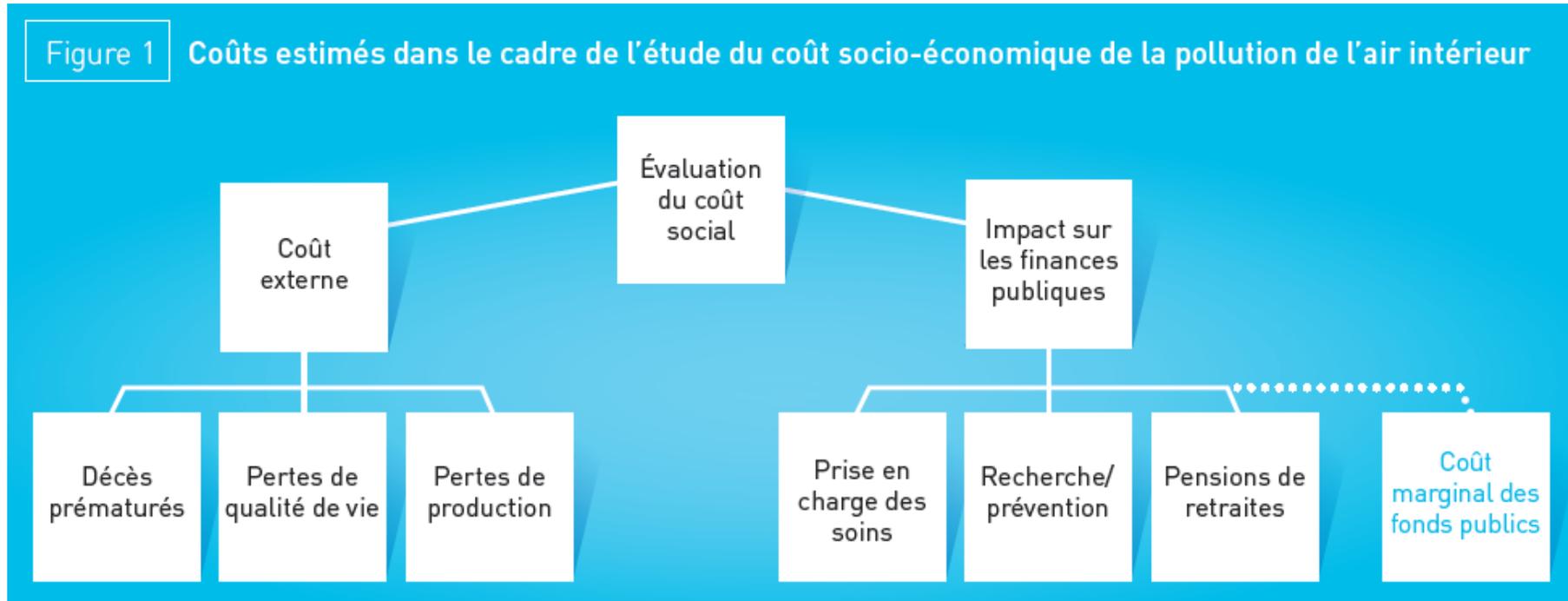
- Coûts directs pour le **systeme de santé**
- Liens entre **apprentissage scolaire** et QAI dans les écoles
- **Pertes de production et absentéisme** en lien avec une mauvaise QAI dans les bureaux (Fisk et al, 2011)
- **1<sup>ère</sup> évaluation du coût social en 2014**

1<sup>ère</sup> étude exploratoire du coût socio-économique de la pollution de l'air intérieur (OQAI-ANSES-CSTB, 2014). Rapport d'étude et synthèse sur <http://www.oqai.fr>



# Des enjeux économiques (2/2)

Figure 1 Coûts estimés dans le cadre de l'étude du coût socio-économique de la pollution de l'air intérieur



Benzène	Trichloroéthylène	Radon	Monoxyde de carbone	Particules	Fumée de tabac
851	39	2 694	308	14 331	1 279

Soit un total de 20 milliards € / an (1 % du PIB)

## **2. La QAI selon les lieux de vie : quelles spécificités ?**

# L'OQAI en quelques mots

- Créé en **2001**
- Programme de **recherche sur les expositions et la santé dans les bâtiments**
- Sous la **tutelle des Ministères** en charge de l'écologie, du logement, de la santé, avec le concours du CSTB (opérateur technique), de l'ADEME et de l'ANSES
- Une **équipe** d'une douzaine de personnes au CSTB
- Un **réseau** d'acteurs scientifiques et opérationnels coordonné par le CSTB



# Les objectifs

Mieux **connaître** pour **agir** afin d'améliorer la qualité de l'air des lieux clos et, ainsi, la santé de la population

- Connaître les situations de pollution
- Identifier leurs causes
- Fournir des recommandations aux Ministères et agences de sécurité sanitaire, aux associations, aux professionnels et au grand public

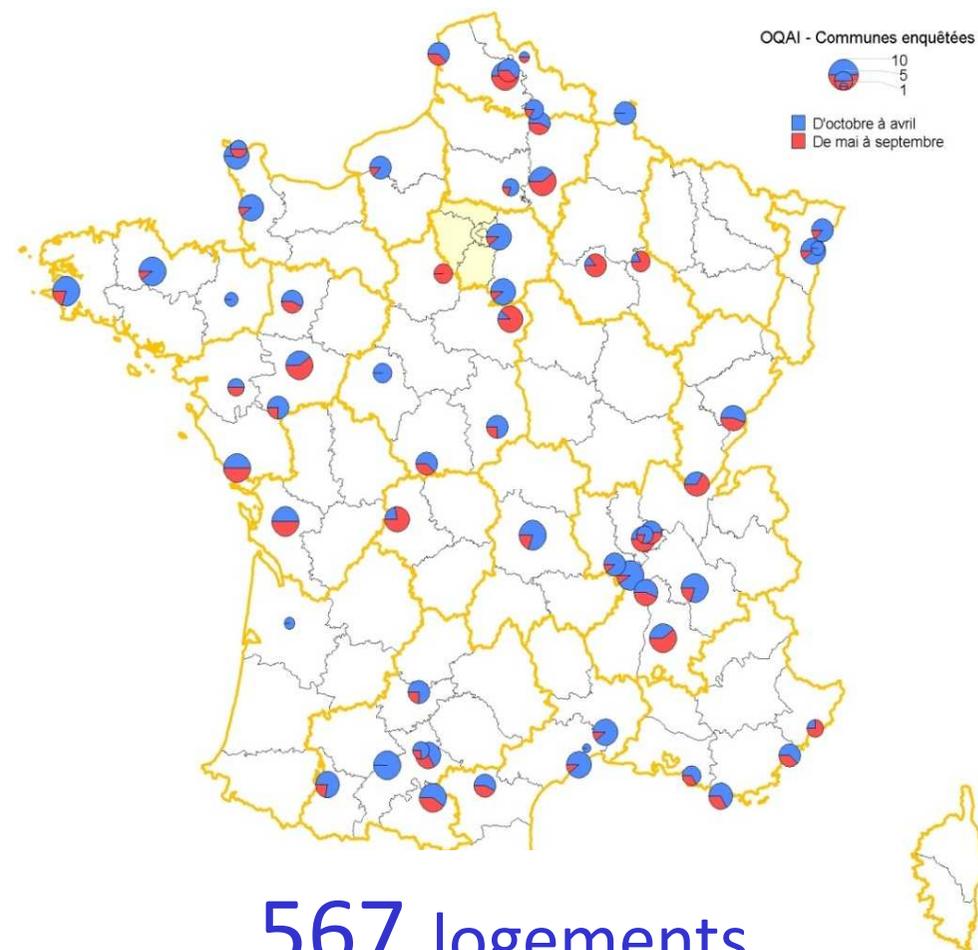
➤ **Une approche par lieu de vie**



# Campagne nationale dans les logements (CNL) (2003-2005)

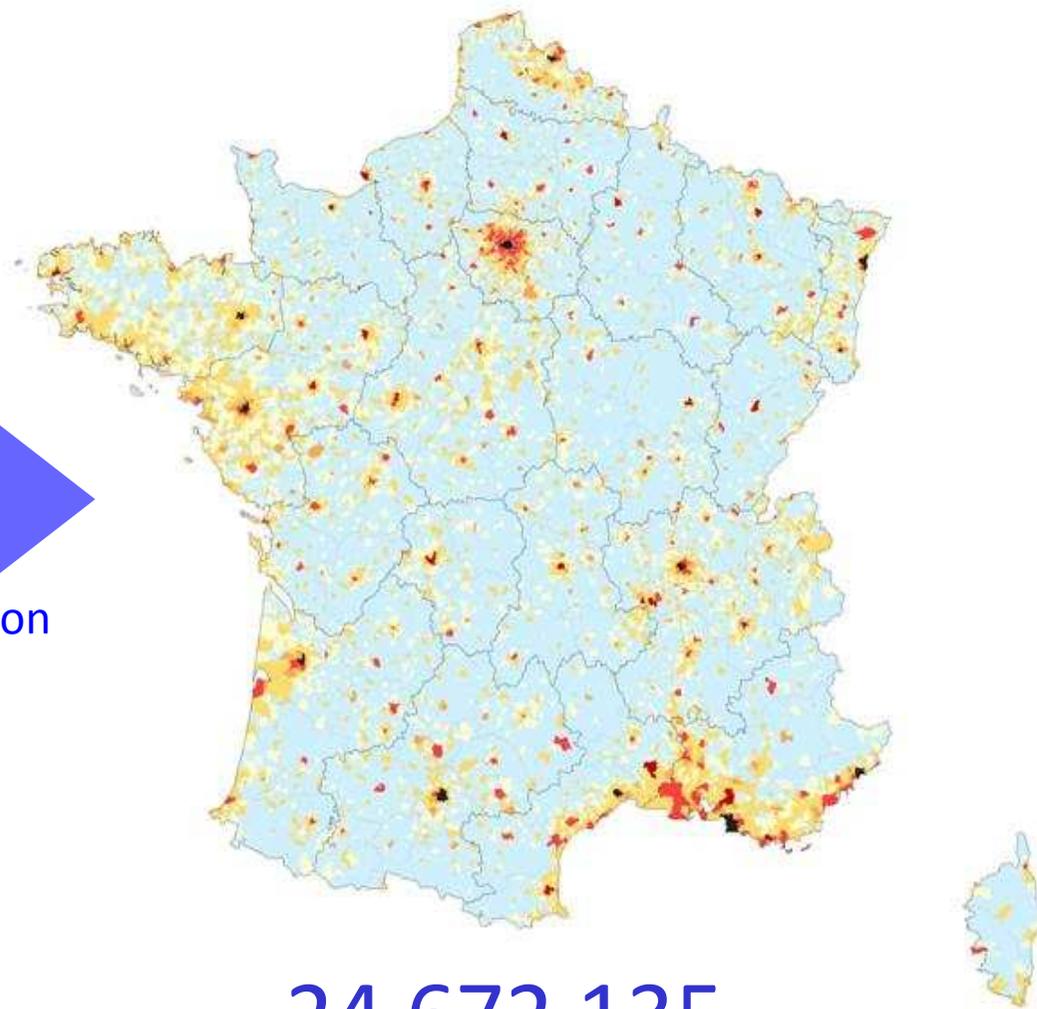


# CNL : un échantillon représentatif par tirage aléatoire



567 logements  
1612 personnes

→  
Pondération



24 672 135  
résidences principales

# Campagne nationale dans les logements (2003-2005)

**567 logements enquêtés entre octobre 2003 et décembre 2005**

## **Mesurages d'une trentaine de paramètres**

- **biologiques** (allergènes chat (Fel d 1), chien (Can f 1), acariens (Der p 1 et Der f 1))
- **physiques** (particules inertes (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, ultrafines), radon, rayonnement gamma)
- **chimiques** (CO (environnemental et alvéolaire), 20 COV et aldéhydes)
- **confort et confinement** (T, HR, CO<sub>2</sub>, débit d'air des systèmes de ventilation)

## **Recueil de données descriptives**

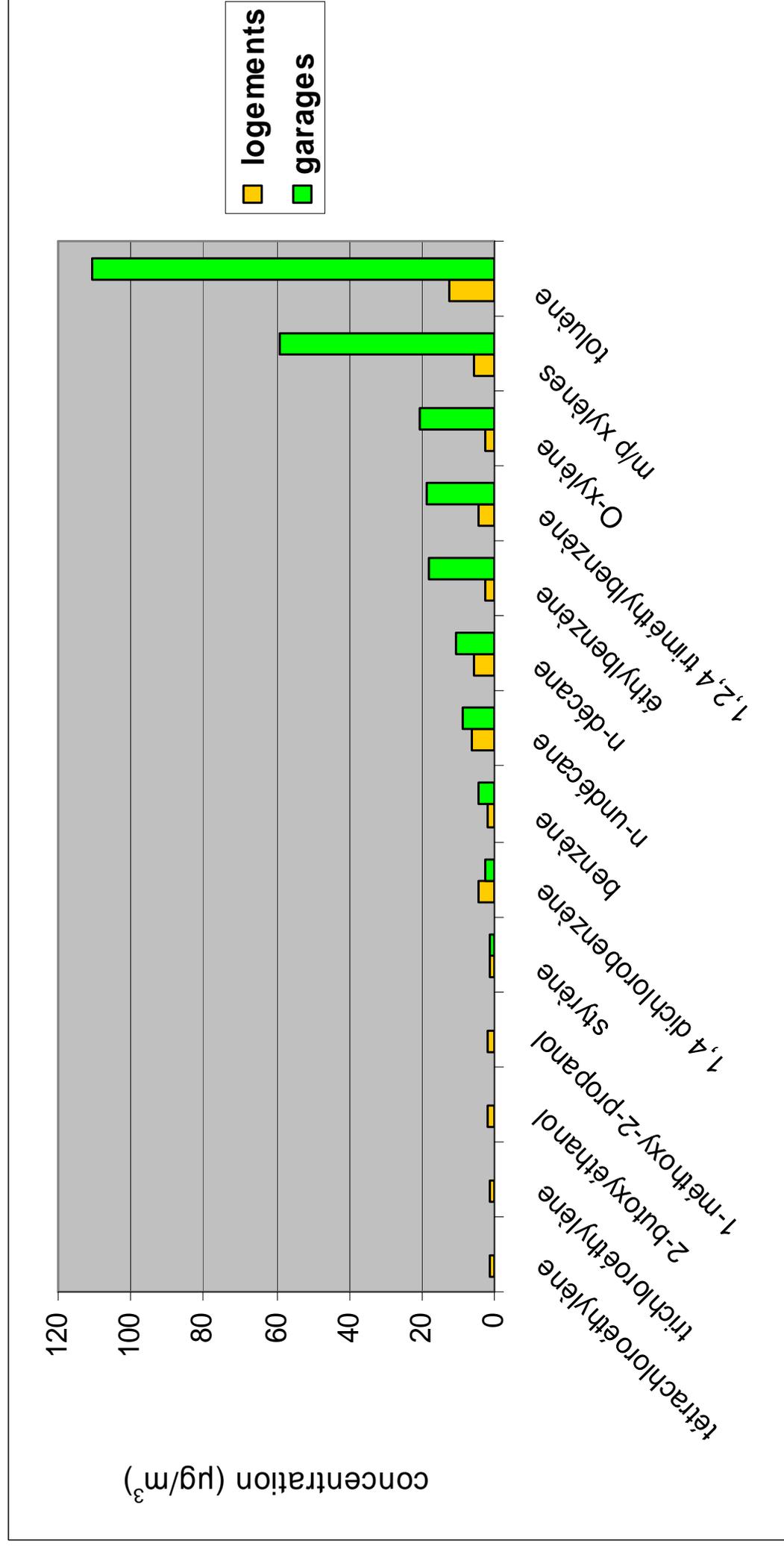
- **Temps passé** par les occupants dans le logement
- **Informations sur le logement et son environnement** (situation et caractéristiques du logement, description intérieure : types de revêtements, menuiserie....)
- **Information sur le ménage** (composition, ancienneté du ménage dans le logement, statut d'occupation, , occupation actuelle, ressources nettes...)
- **Activités liées au ménage** (comportement tabagique, activités ménagères, utilisation de produits cosmétiques, d'entretien, pesticides ou insecticides, présence d'animaux...)
- **Perception de la qualité globale** du logement
- **Indicateurs de santé** allergique et respiratoire (INSERM)

# Quelques résultats

- **Différentes typologies de QAI : 10 % de logements multipollués et 40 % de logements faiblement pollués**
- **Des déterminants variés :**
  - le bâtiment : garage attenant ▶ benzène
  - les habitudes :
    - pressing ▶ tetrachloroéthylène
    - tabagisme ▶ particules, acétaldéhyde
  - le renouvellement d'air : influence à des degrés divers sur les concentrations, directement lié aux comportement des occupants

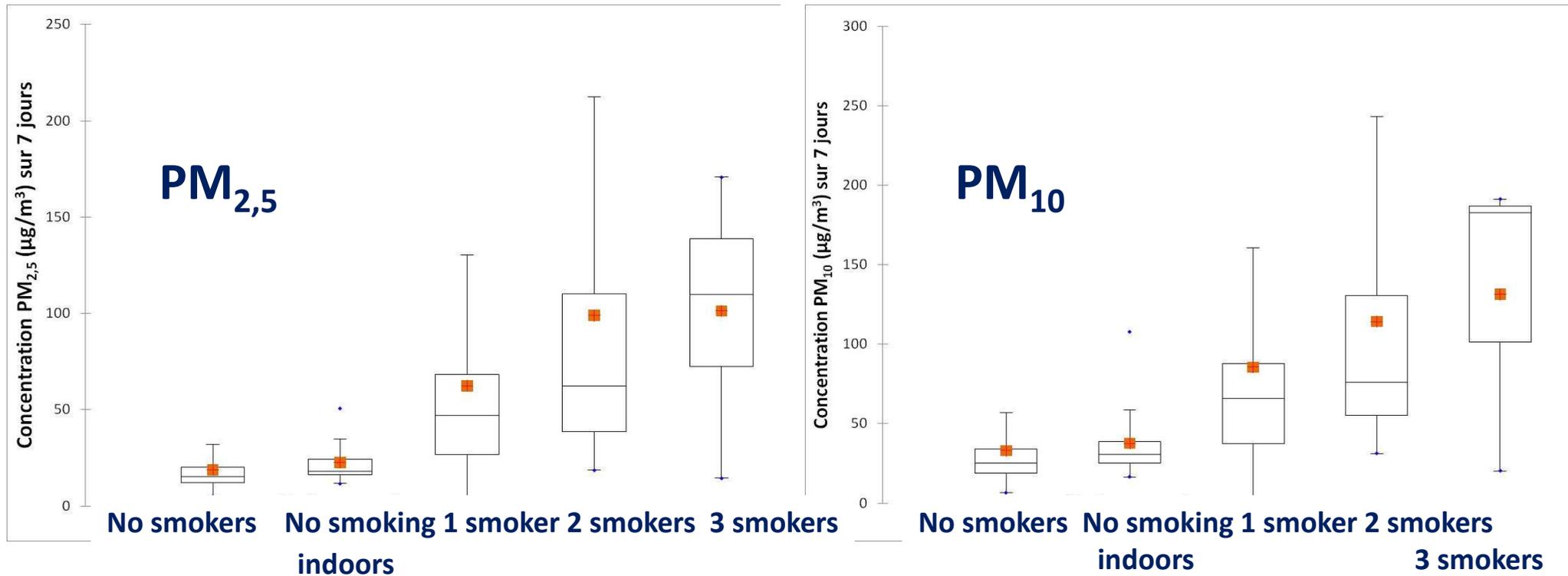
# Les déterminants de la QAI : les sources

## Exemple du garage attenant



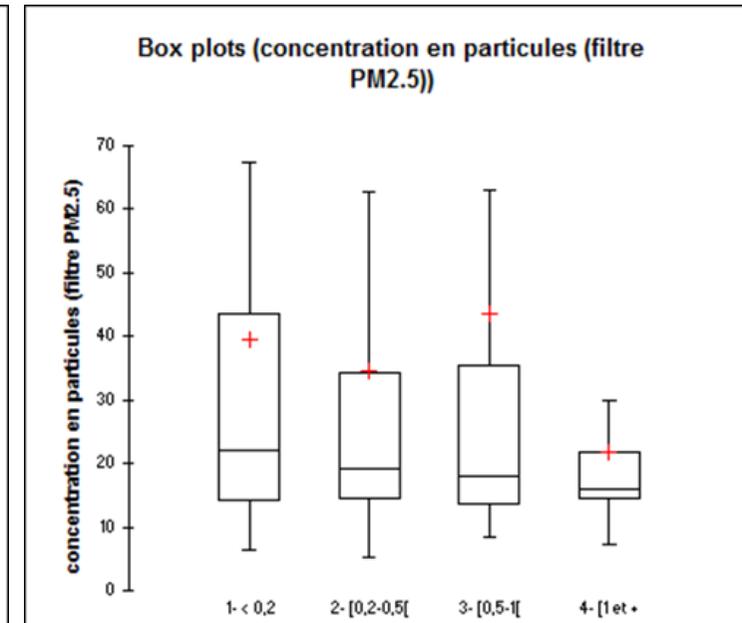
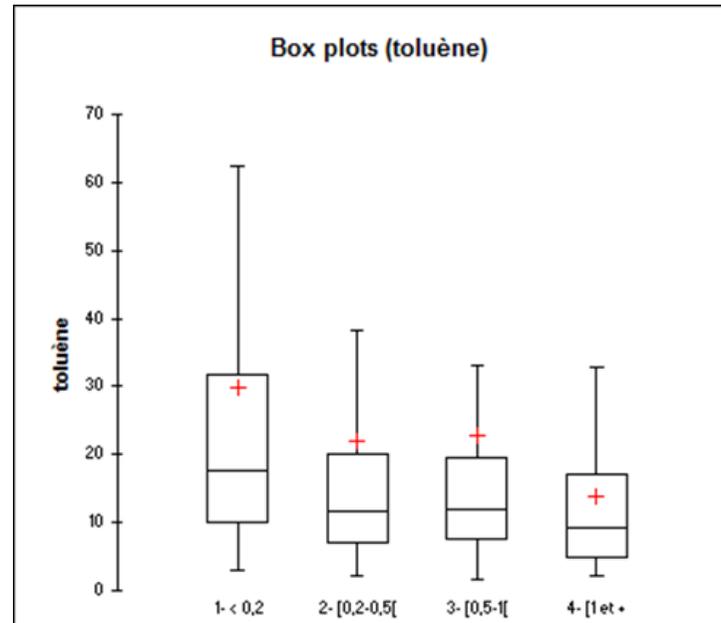
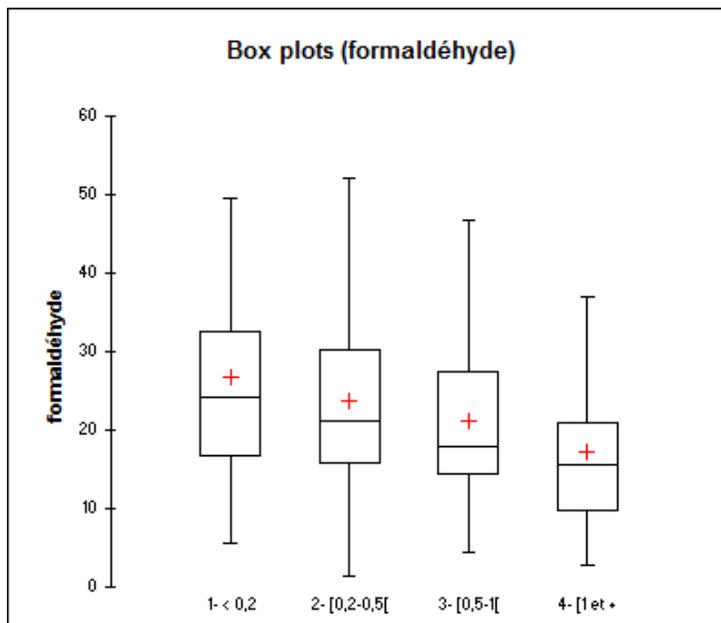
# Les déterminants de la QAI : les sources

## Exemple du tabagisme



# Les déterminants de la QAI : le renouvellement d'air

## Taux de renouvellement d'air calculé à partir des concentrations en CO<sub>2</sub>



# Ecoles et crèches : des spécificités

- Fort taux d'occupation des salles
- Densité du **meublier** → + de formaldéhyde
- Des **activités** (arts plastiques) → + de COV
- **Ménage** quotidien → + COV
- Craie, proximité routière et forte activité  
→ **pollution particulaire**



# Parallèlement : des espaces confinés

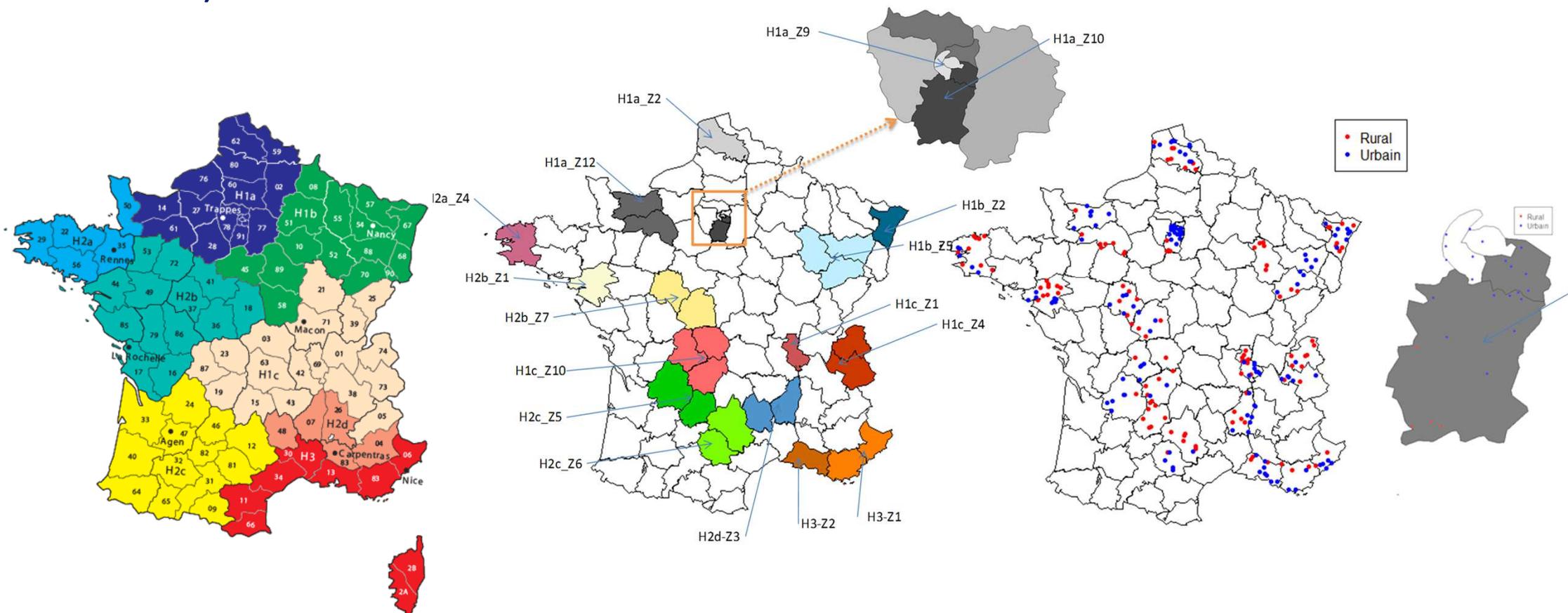
- Des niveaux de confinement non négligeables observés lors de la phase pilote de la surveillance de l'air intérieur dans les ERP (2009-2011 ; n = 310 écoles et crèches, France entière)

Indice ICONE	Tous	Crèches	Maternelles	Élémentaires
0 (Pas de confinement)	14 %	25 %	17 %	8,4 %
1 (Confinement faible)	16 %	<b>30 %</b>	23 %	6,7 %
2 (Confinement moyen)	22 %	23 %	<b>30 %</b>	18 %
3 (Confinement élevé)	26 %	17 %	20 %	<b>33 %</b>
<b>4 (Confinement très élevé)</b>	20 %	<b>2,7 %</b>	<b>9,1 %</b>	<b>31 %</b>
<b>5 (Confinement extrême)</b>	0,9 %	<b>0,5 %</b>	<b>0 %</b>	<b>1,4 %</b>
Invalides	1,3 %	2,1 %	0,9 %	1,2 %
N (salles/classes)	896	187	220	489

(Ramalho et al, 2013)

# 2013-2016 : Campagne nationale dans 300 écoles / 600 salles de classe

Tirage au sort : stratification sur la zone climatique, le type d'écoles (maternelle ou élémentaire) et le type d'environnement (urbain ou rural)



# 2013-2016 : Campagne nationale dans 300 écoles / 600 salles de classe

## Une semaine de mesure dans 2 salles de classe (+ dortoirs)

- COV & aldéhydes, COSV (pesticides, phtalates, retardateurs de flamme bromés, etc.), particules (masse et nombre), moisissures, allergènes de chat, de chien, d'acariens, métaux
- dans **l'air** et **les poussières** déposées au sol
- plomb dans les **peintures**
- niveaux de **confort thermique, acoustique, olfactif et visuel** des salles de classe



# Qualité de l'air intérieur dans les immeubles de bureaux

Qualité de l'air dans les immeubles de bureaux **inconnue à ce jour en France**

## **Une typologie de pollution et de bâtiments spécifique :**

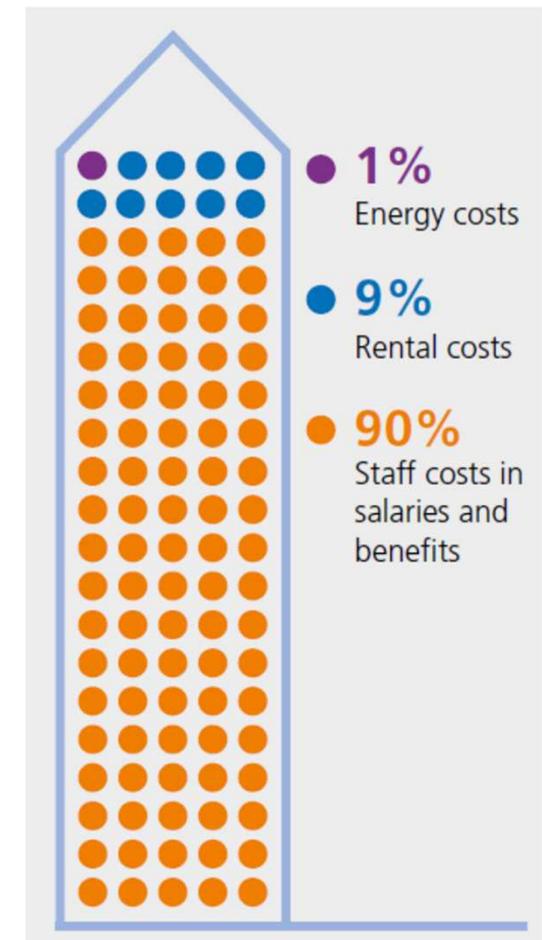
- forte densité d'appareils de bureautique (émission de particules fines et ultrafines, de retardateurs de flamme)
- ménage quotidien (émission de COV)
- très souvent des systèmes mécaniques de ventilation

# Qualité de l'air intérieur dans les bureaux : des enjeux sanitaires et économiques

**Effets sur la santé et le confort** : fatigue, maux de tête, irritations des yeux et voies respiratoires ; pathologies multiples, aspécifiques, plurifactorielles – syndrome des bâtiments malsains

## Effets sur la productivité ? Des enjeux économiques

20 milliards \$ d'économies possibles selon Fisk et al, 2011



World Green Building Council, 2014

**Qualité de l'air  
intérieur** : COV,  
aldéhydes, PUF

**Confort** : perception  
occupants + mesures  
T, HR, CO<sub>2</sub>

**Santé** : SBS

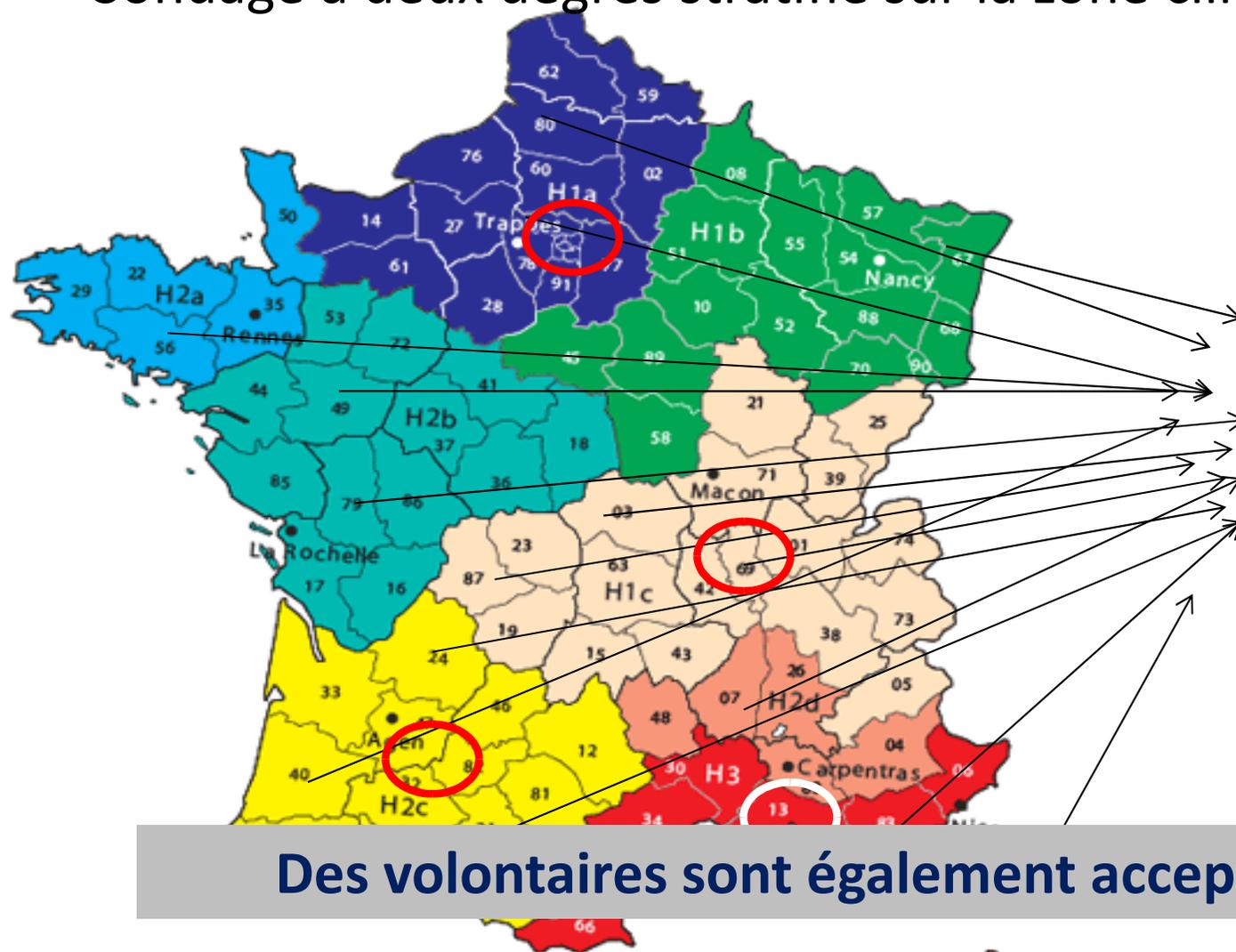
**Audit technique**

**Energie** : relevé des  
consommations



# Campagne nationale dans 300 immeubles

**Environ 13 000 immeubles** de la base de données de HBS Research  
Sondage à deux degrés stratifié sur la zone climatique



Zones climatiques + 4 principales villes	Nombre
H1a - {Paris}	94
H1b	28
H1c - {Lyon}	38
H2a	11
H2b	24
H2c - {Toulouse}	17
H2d	4
H3 - {Marseille}	18
LYON	6
MARSEILLE	5
PARIS	50
TOULOUSE	5

**Des volontaires sont également acceptés dans le panel !**

# 3. Thèmes d'actualité et sujets émergents

# Qualité de l'air et confort dans les bâtiments performants en énergie : quelle problématique ?

**Une enveloppe étanche → pas de circulation de l'air par les « fuites »**

**Si l'air n'est pas correctement renouvelé par le système mécanique ou l'ouverture des fenêtres par les occupants → possible dégradation de la qualité de l'air intérieur**

# Programme OQAI-Bâtiments performants en énergie

**Premiers résultats dans 32 logements** non généralisables mais premières tendances :

## **QAI et confort thermique**

- Alpha-pinène, limonène et hexaldéhyde : concentrations les plus élevées ; pour les autres, concentrations < à celles de la campagne « Logements » de l'OQAI
- % de logements avec un développement actif fongique plus élevé
- Température plus élevée

## **Systemes de ventilation**

- 40 % des pressions mesurées aux bouches des VMC SF hygro respectent la plage de fonctionnement préconisée par les fabricants
- Respect du débit réduit en cuisine pour les VMC DF mais pas des autres débits réglementaires

➤ **Prochain état à paraître dans 72 logements**

# Les composés organiques semi-volatils (COSV) dans l'environnement intérieur

- **Des substances très nombreuses :**

- Phtalates
- Pesticides
- Composés bromés et phosphorés
- Composés fluorés
- Polychlorobiphényles
- Hydrocarbures aromatiques polycycliques
- Muscs
- Phénols
- Alkylphénols
- Parabènes

qui ne  
s'évaporent que  
partiellement

Sont persistantes

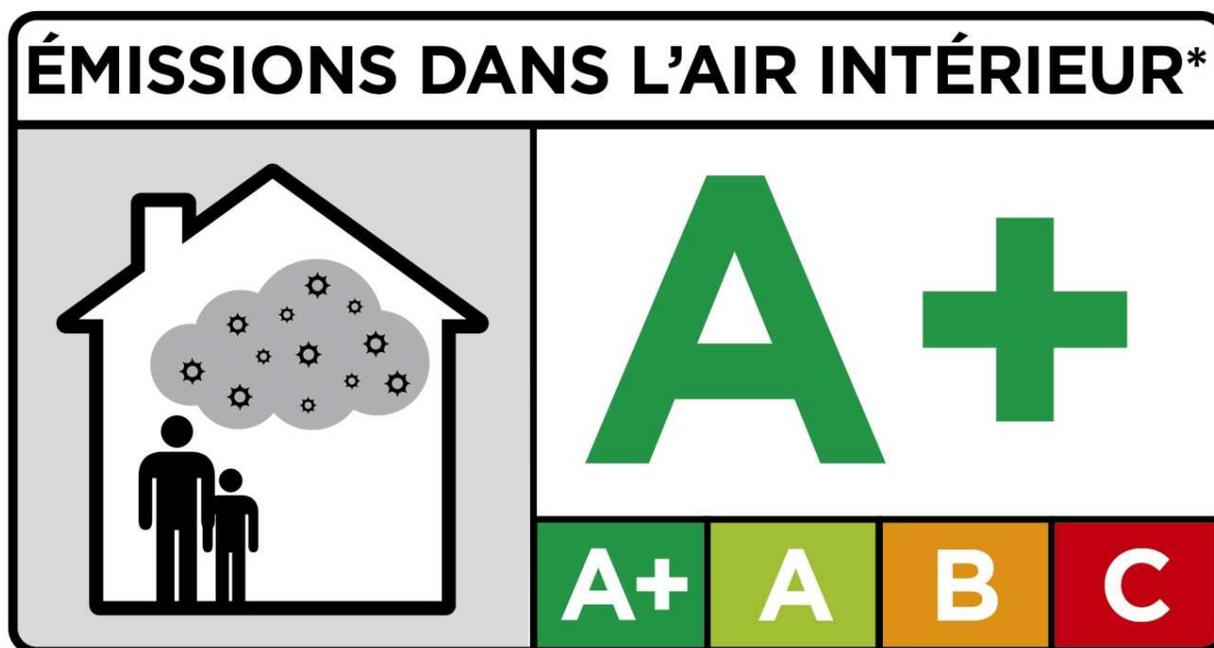
→ Exposition par  
inhalation, ingestion,  
contact cutané

→ De premières données françaises,  
voir bulletin de l'OQAI 9

# 4. Réglementation et politiques publiques : les dernières avancées

# Étiquetage obligatoire (1/3)

- **Arrêté** du 19 avril 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction et de décoration sur leurs émissions en polluants volatils



# Etiquetage obligatoire (2/3)

- **10 composés cibles + 1 indicateur COV totaux**

Classes	C	B	A	A+
Formaldéhyde	>120	<120	<60	<10
Acétaldéhyde	>400	<400	<300	<200
Toluène	>600	<600	<450	<300
Tétrachloroéthylène	>500	<500	<350	<250
Xylène	>400	<400	<300	<200
1,2,4-Triméthylbenzène	>2000	<2000	<1500	<1000
1,4-Dichlorobenzène	>120	<120	<90	<60
Éthylbenzène	>1500	<1500	<1000	<750
2-Butoxyéthanol	>2000	<2000	<1500	<1000
Styrène	>500	<500	<350	<250
COVT	>2000	<2000	<1500	<1000

µg/m<sup>3</sup>

# Etiquetage obligatoire (3/3)

- Méthodes de caractérisation des émissions dans l'air intérieur : série des normes ISO 16000



# Surveillance de la QAI dans les ERP (1/2)

- En cours de redéfinition, parution de nouveaux textes
- Le principe :
  - Une **évaluation obligatoire des moyens d'aération** de l'établissement
  - Puis :
    - soit la mise en œuvre d'un **programme d'actions d'amélioration de la QAI selon un guide pratique**
    - soit la réalisation **de mesures de QAI** : formaldéhyde, benzène et indice de confinement par un opérateur accrédité + éventuellement tetrachloroéthylène, répétées à deux saisons , dans 1 à 8 pièces

- Nouveau calendrier :
  - **1<sup>er</sup> janvier 2018** pour les établissements d'accueil collectif d'enfants de moins de six ans, les écoles maternelles et les écoles élémentaires
  - **1<sup>er</sup> janvier 2020** pour les centres de loisirs et les établissements d'enseignement ou de formation professionnelle du second degré (collèges, lycées, etc.)
  - **1<sup>er</sup> janvier 2023** pour les autres établissements

# Plan national « Qualité de l'air intérieur »

- Publié en **octobre 2013**
- Rattaché au **Plan National Santé Environnement 3 (2015-19)**
- 5 groupes d'actions :
  - Développer l'étiquetage
  - Impliquer les professionnels du bâtiment
  - Informer le public et les acteurs
  - travailler sur les pollutions spécifiques
  - Améliorer les connaissances
- De court, moyen et long termes

[http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Plan\\_QAI\\_23\\_10\\_2013.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Plan_QAI_23_10_2013.pdf)

**Merci de votre attention !**

**Pour plus d'informations :**

**[www.oqai.fr](http://www.oqai.fr)**

**[corinne.mandin@cstb.fr](mailto:corinne.mandin@cstb.fr)**