



Qualité de l'air dans les logements et santé de l'enfant

Céline RODA (HERA, Inserm – U1153, Université Paris Descartes)

Pourquoi s'intéresser à la QAI ?

- **Préoccupation récente** (Sundell, 2017)
- **Temps passé à l'intérieur des bâtiments : ~ 80 %**
 - ⇒ Dans le logement, en France : **67 %** (16h10) (Zeghnoun *et al.*, 2010)
 - ⇒ **Enfants (<4 ans) : 17h versus actifs : 15h**

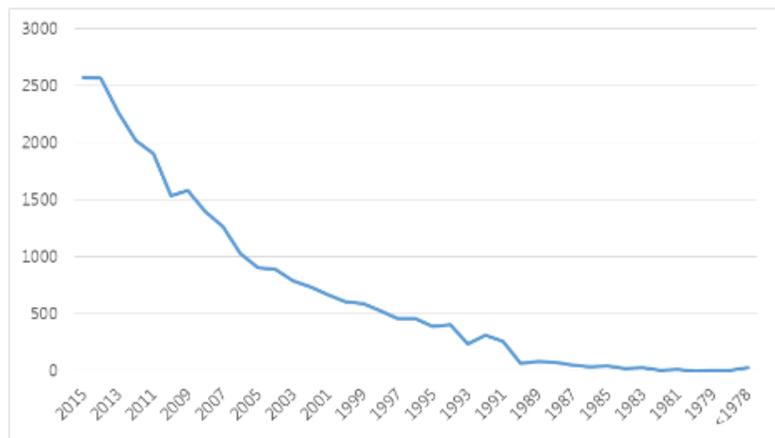
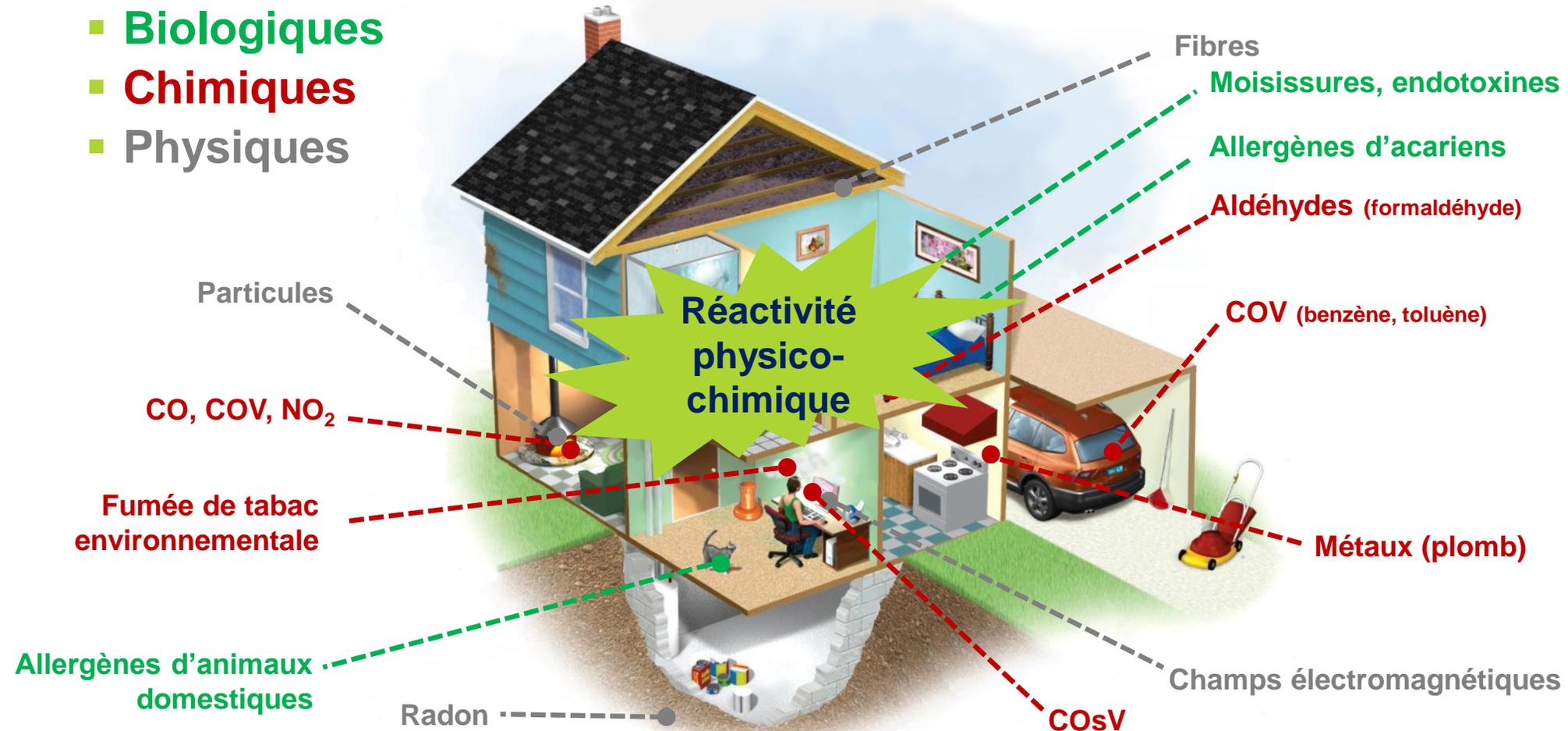


Figure 5. Number of published indoor air science articles in scientific journals (data from Web of Science).

Pourquoi s'intéresser à la QAI ?

- **Diversité de contaminants aux sources multiples**

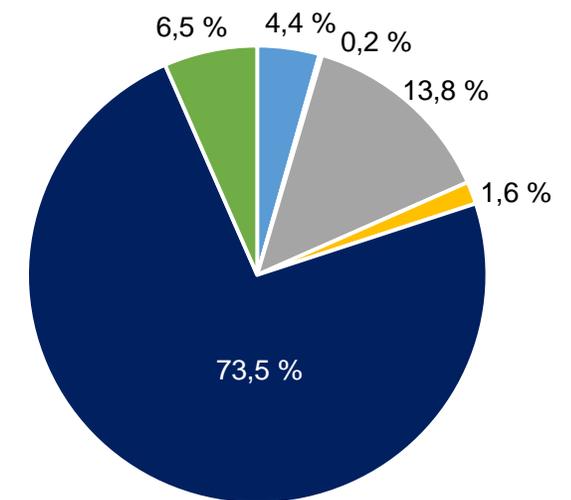
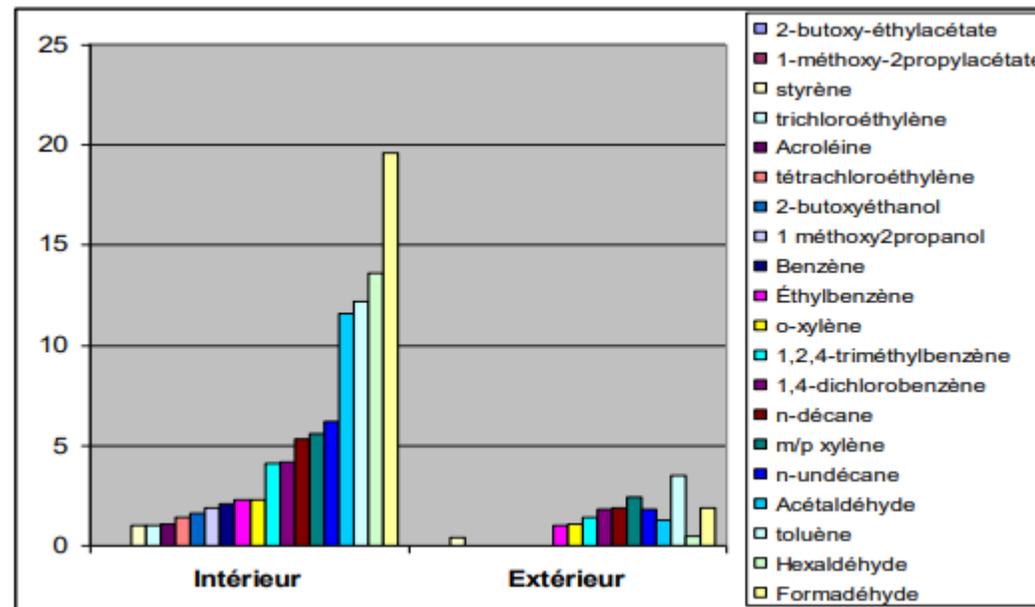
- **Biologiques**
- **Chimiques**
- **Physiques**



Pourquoi s'intéresser à la QAI ?

- Concentrations intérieures >> concentrations extérieures

Campagne nationale
« Logements »
OQAI 2003-2005
Concentrations médianes
($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



- Coût socio-économique : ~20 milliards €/an (1 % PIB)
(OQAI / Anses, 2014)

■ Benzène ■ Trichloroéthylène ■ Radon
■ Monoxyde de carbone ■ Particules ■ Fumée de tabac

Observatoire de la qualité de l'air intérieur

- **Programme** de recherche sur les expositions et la santé dans les bâtiments
- Créé en **2001**
- Sous la tutelle des **Ministères en charge du Logement, de la Santé, de l'Environnement**, avec le concours du CSTB (opérateur technique), de l'ADEME, de l'ANSES
- **Réseau d'acteurs** scientifiques et opérationnels coordonné par le CSTB
- Financement exclusivement par des fonds publics
- Mission

⇒ **Améliorer la qualité de l'air intérieur**

Observatoire de la qualité de l'air intérieur

- Programmes d'actions

- Logements – n=567 (2003-2005)
- Lieux de vie fréquentés par les enfants (2013-2017)
- Bâtiments à usage de Bureaux (2013-2016)
- Structures sociales et médico-sociales
- Bâtiments performants en énergie
- Outils d'aide à la décision
- Veille documentaire, communication et formation



Cohorte PARIS *Pollution and Asthma Risk: an Infant Study*



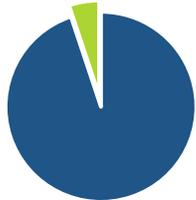
• Cohorte de 3840 nouveau-nés franciliens, recrutés en 2003-2006

Symptômes / maladies respiratoires et allergiques



NAISSANCE

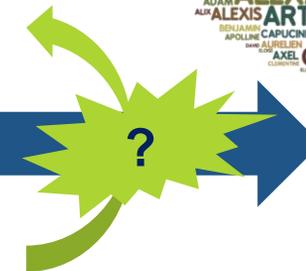
1 an



Investigation environnementale
(mesurages à 1, 6, 9 et 12 mois)
n=196

Cadre et du mode de vie des enfants

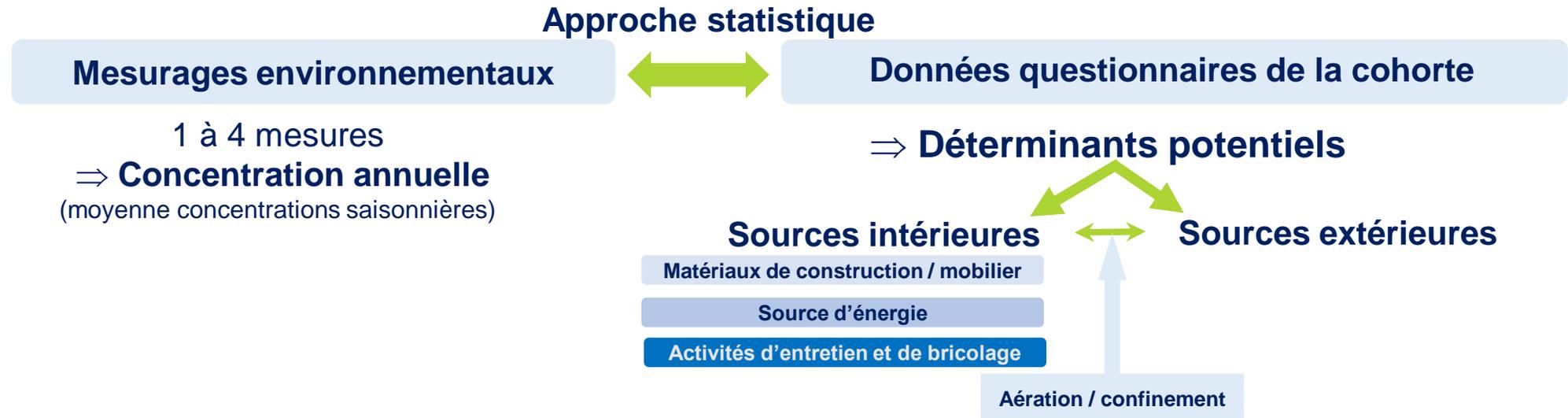
- Contaminants biologiques**
Endotoxines, moisissures et acariens
- Polluants chimiques**
Nicotine, NO₂, COV et aldéhydes
- Paramètres de confort**
Température, humidité relative, CO₂



ADOLESCENCE

Cohorte PARIS *Pollution and Asthma Risk: an Infant Study*

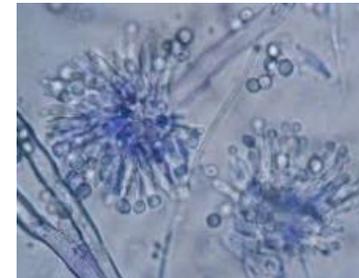
- **Évaluation de l'impact sanitaire de l'exposition domestique**
 - **Élaboration de modèles prédictifs des concentrations domestiques**



- **Quantification du risque** de survenue d'une morbidité respiratoire / allergique en fonction des niveaux d'exposition aux polluants

Contaminants biologiques : Moisissures

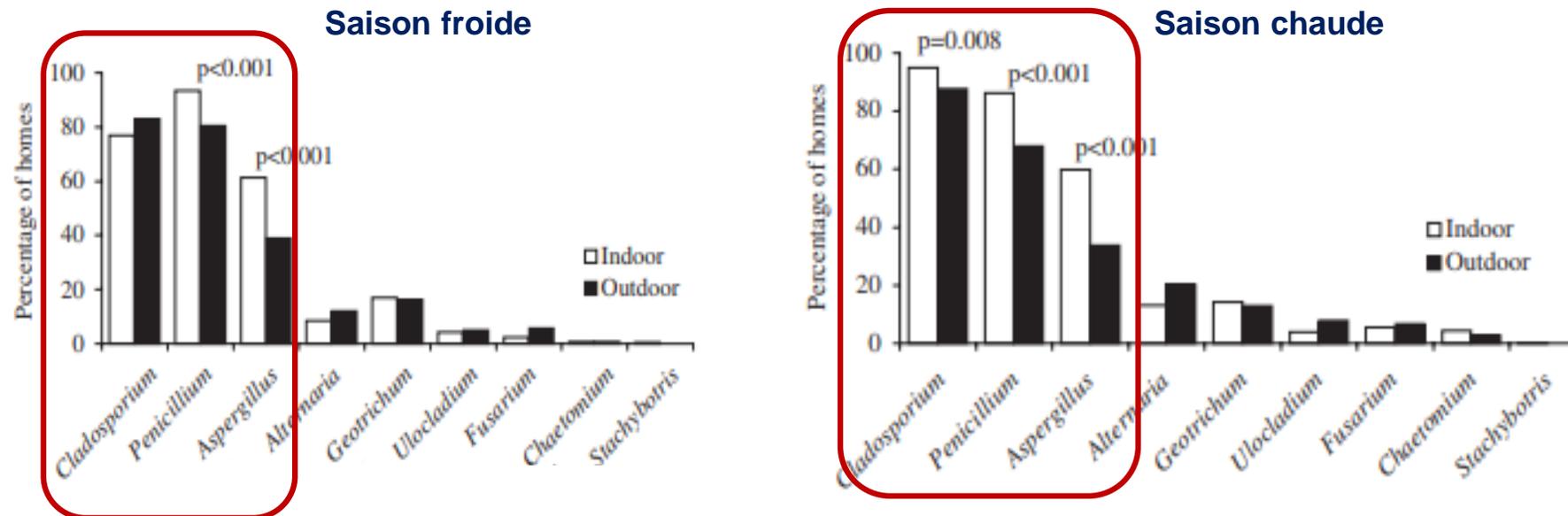
- **Champignons microscopiques** présents **naturellement** dans l'**environnement**
- Spores \Rightarrow locaux : ouvertures, allées et venues des occupants
- Lieux propices au développement des moisissures
 - Pièces **humides**, mal ventilées
 - Bas des murs mal isolés ou avec des défauts d'étanchéité



Contaminants biologiques : Moisissures

- **Détection**

- >1/3 du parc de logements français
- 14 à 20 % moisissures visibles



(Dassonville *et al.*, 2008)

Fig. 1. Predominant fungi cultured from indoor and outdoor air samples in Paris newborn babies' dwellings. Each bar represents the percentage of homes where at least one colony of a given fungal genus was recovered. *p* values of matched comparisons between indoor and outdoor samples.

Contaminants biologiques : Moisissures

- **Déterminants**

- Concentrations extérieures
- Sources d'humidité
- Aération / ventilation
- Activités humaines, animales

- **Effets sur la santé**

- Développement et exacerbation de l'asthme +
- Développement +/- et exacerbation de la rhinite allergique +
- Effets neurologiques : altération de la fonction cognitive pour exposition >2 ans dès la petite enfance +/-



Contaminants biologiques : Acariens

- **Arthropodes – Arachnides**

- Acariens de poussière de maison (*Pyroglyphidés*)
 - *Dermatophagoides pteronyssinus*
 - *Dermatophagoides farinae*
 - *Euroglyphus maynei*
- Durée de vie : 2 à 3 mois



- **Réservoirs et conditions de développement**

- Literie, canapé, tapis et moquette
- Humidité (50 à 80 %), température (25 à 30°C)
- Saison
- Zone géographique : absents en altitude (sauf *Euroglyphus maynei*)

Contaminants biologiques : Acariens

- **Détection / Concentrations**

- *Der f 1* : $P_{50}=2,2 \mu\text{g/g}$ et $P_{95}=86,3 \mu\text{g/g}$
- *Der p 1* : $P_{50}=1,6 \mu\text{g/g}$ et $P_{95}=36,5 \mu\text{g/g}$

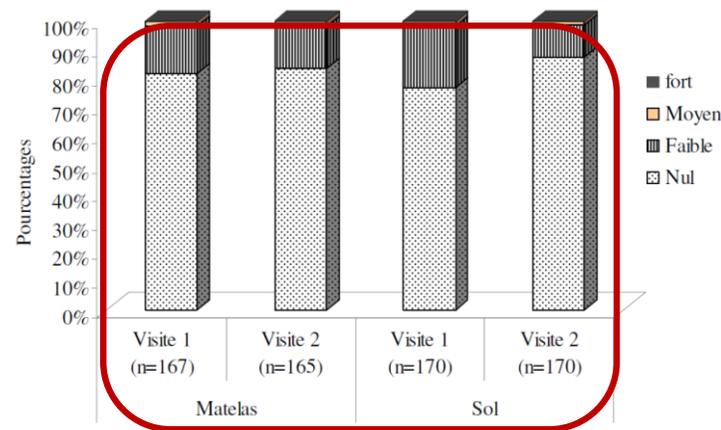


Figure 21. Répartition des résultats du test Acarex® sur la poussière du matelas et du sol de la chambre au cours des deux visites.

- **Effets sur la santé**

- Sensibilisation : **2 $\mu\text{g/g}$ de poussière d'allergènes** (Platts-Mills *et al.*, 1997)
- Exposition **>10 $\mu\text{g/g}$ *Der p 1*** \Rightarrow risque d'asthme x4 chez enfants sensibilisés

(Peat *et al.*, 1991)



(Dassonville *et al.*, 2008)

Contaminants biologiques : Animaux domestiques et NAC

- **Allergènes majeurs**

- Chat : *Fel d 1 (Felis domesticus)*
- Chien : *Can f 1 (Canis domesticus)*



- **Sources d'allergènes**

- Glandes sébacées (chat)
- Glandes anales (chat)
- Glandes salivaires (chat, chien)
- Squames (chien)
- Poils (chien)
- Urine (gerbille, cobaye, hamster, souris, rat, lapin)
- Alimentation (poisson)



- **Ubiquitaire, grande rémanence, portage par les vêtements**

Contaminants biologiques : Animaux domestiques et NAC



- **Concentrations**

- *Fel d 1* : $P_{50} < \text{LQ}$ et $P_{95} = 2,8 \text{ ng/m}^3$
- *Can f 1* : $P_{50} < \text{LQ}$ et $P_{95} = 1,8 \text{ ng/m}^3$

- **Déterminants**

	With pets	Without pets
Der p 1 LF	1.1 (0.63–1.31)	1.45 (0.93–2.27)
Der p 1 S	0.96 (0.67–1.36)	1.39 (0.91–2.12)
	With dogs	Without dogs
Can f 1 LF	181.34 (102.02–322.33)	1.56 (1.17–2.08)
Can f 1 S	100.02 (42.01–238.07)	1.87 (1.37–2.57)
	With cats	Without cats
Fel d 1 LF	204.5 (108.54–385.3)	0.8 (0.61–1.06)
Fel d 1 S	208.89 (86.76–503.04)	1.36 (0.96–1.73)

Table 1. Concentration of house-dust mite (Der p 1), cat (Fel d 1), and dog (Can f 1) allergens ($\mu\text{g/g}$; geometric means and 95% confidence intervals) in homes with and without pets

(Custovic *et al.*, 1999)

- **Effets sur la santé**

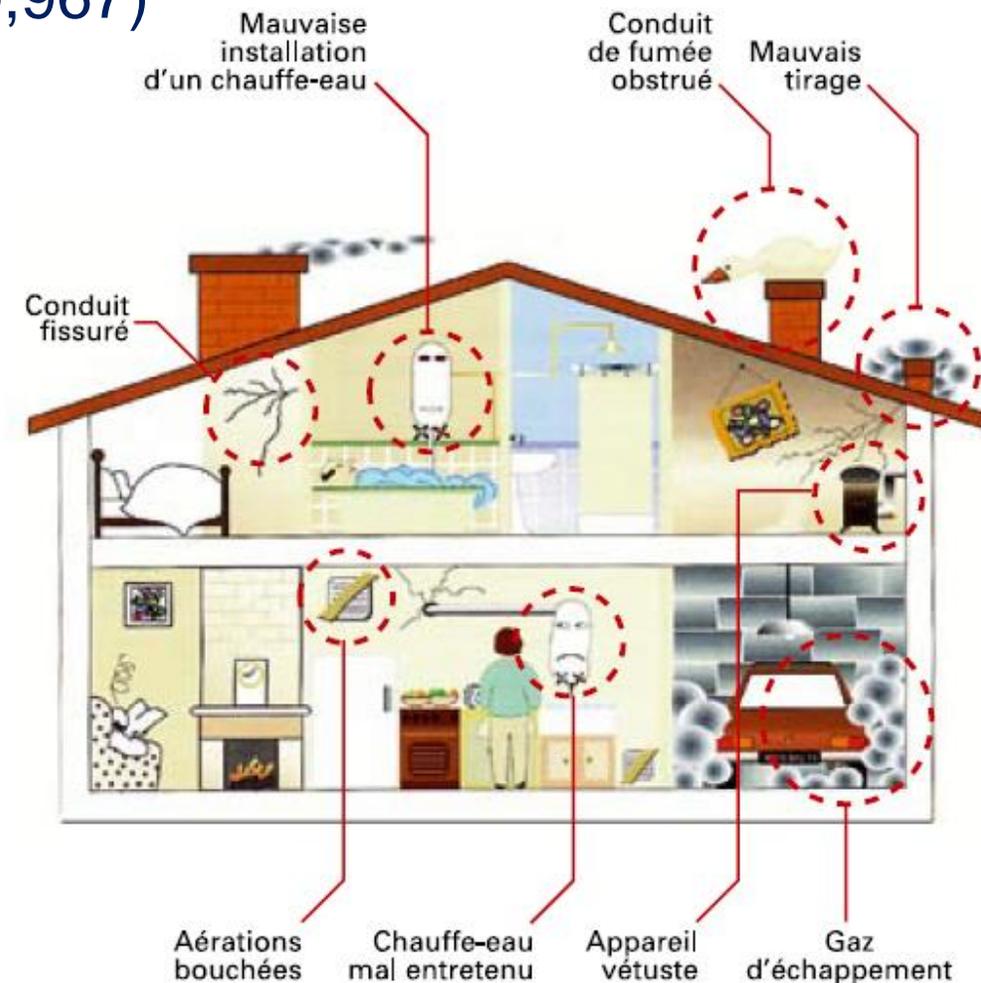
- **Seuils** (*3th International Workshop on indoor allergens and asthma, 1997*)
 - Sensibilisation : **1 $\mu\text{g/g}$ de poussière**
 - Apparition et aggravation des signes cliniques : **8 $\mu\text{g/g}$ (chat), 10 $\mu\text{g/g}$ (chien)**

Polluants chimiques : Monoxyde de carbone

- Gaz toxique, incolore, inodore et insipide ($d=0,967$)

- **Sources / Déterminants**

- Systèmes de chauffage
- Appareils de cuisson
- Tabagisme
- Automobile
- Ventilation



Polluants chimiques : Monoxyde de carbone

- Concentrations

	Durée d'exposition	15 minutes	30 minutes	1 heure	8 heures
Recommandations de l'OMS		87 ppm	52 ppm	26 ppm	9 ppm
Résultats de la campagne nationale	Pièces de vie	130 ppm	90 ppm	53 ppm	33 ppm
	Pièces de service	233 ppm	174 ppm	120 ppm	31 ppm
	Pièce hors volume habitable	149 ppm	123 ppm	89 ppm	36 ppm

Tableau 11 : Teneurs maximales en CO relevées lors de la campagne nationale selon les durées d'exposition

Logements > VGAI (OMS/Anses) : 2 % 2,6 % 4,3 % 6,4 %



Valeurs guides de qualité d'air intérieur

Le monoxyde de carbone

- Avis de l'Afset
- Rapport du groupe d'experts



Polluants chimiques : Monoxyde de carbone

- Effets sur la santé

Intoxications

455 personnes en Île-de-France (SPF, 2019)

(1^{er} octobre 2018-31 mars 2019)

⇒ <15 ans : 22 %

- Céphalées, nausées
- Déficit développement cognitif
- Syncope
- Décès

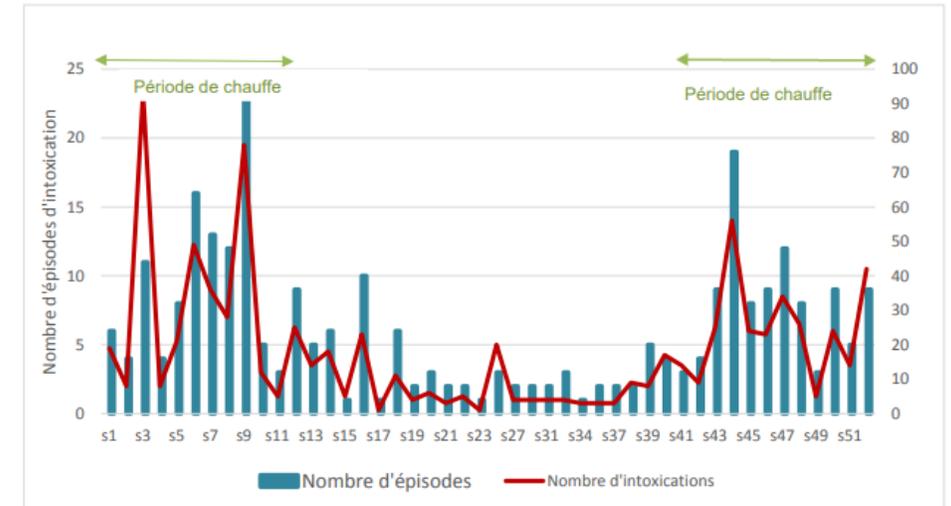
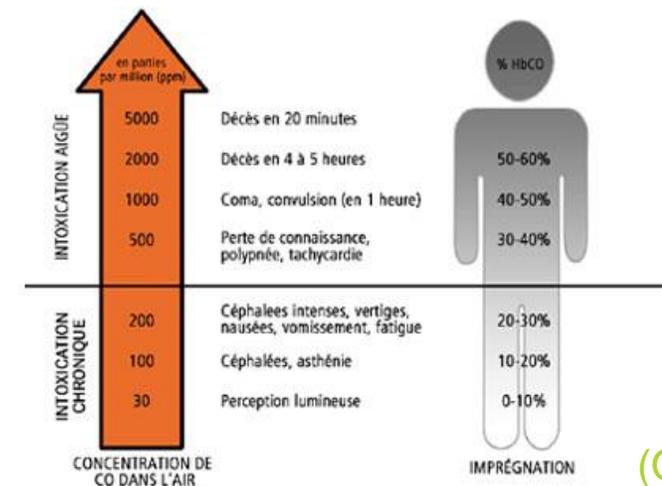


Figure 1- Nombre d'épisodes et de personnes intoxiquées par semaine, Île-de-France, 2018.



(OMS, 1999)

Polluants chimiques : FTE

- **>4 000 produits chimiques**
 - Phase gazeuse : CO₂, CO, COV, HAP
 - Phase particulaire
 - Substances cancérigènes : 70 cancérigènes connus (arsenic, benzène, chrome, formaldéhyde, goudrons...)
 - Irritants : acroléine
 - Métaux : Cd, Ni, As, Pb...
 - Nicotine

AUTOPSIE D'UN MEURTRIER



Lors de sa combustion, la cigarette produit une fumée qui contient environ 4000 substances toxiques (dont au moins 30 cancérigènes). Sur ses paquets, en fait, goudrons et nicotine sont indiqués. Certains composants proviennent de l'environnement (pesticides, produits radioactifs), d'autres composés sont ajoutés, comme l'ammoniac qui favorise la fixation de la nicotine et la dépendance. Ces deux points de vue sont généralement maladroits afin de rendre la nicotine plus « efficace ».

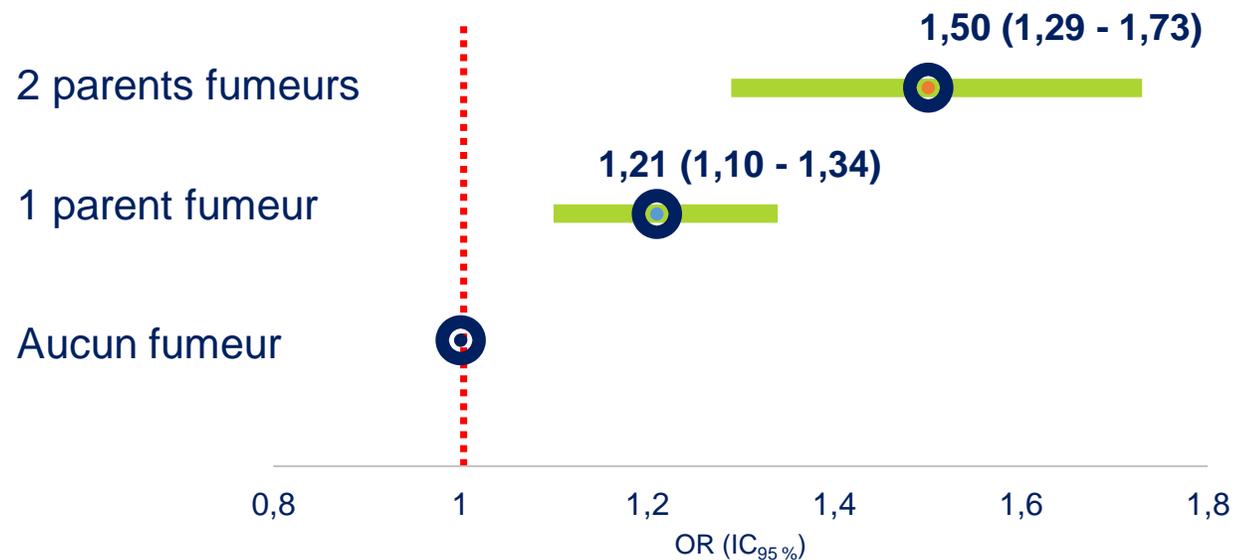
* SUBSTANCES CANCÉRIGÈNES CONNUES | 31, rue Covington - 75013 Paris - www.fga-cancer.com - 0810 111 101



Polluants chimiques : FTE

- **Effets sur la santé**

- Mort subite du nourrisson
- Infections des voies respiratoires
- Altération du développement pulmonaire
- Développement et aggravation asthme (Strachan et Cook, 1997, Heinrich 2011)



Polluants chimiques : NO₂

- **Sources**

- Système de chauffage : bois, charbon, gaz, pétrole
- Appareils de cuisson : gaz
- Tabagisme
- Bougies, encens
- Trafic routier

VGAI (court terme) 2013 : 200 µg/m³
VGAI (long terme) 2013 : 20 µg/m³

- **Concentrations**

- P₅₀=25 µg/m³ (min-max : 10,3 – 56,6 µg/m³)

- **Effets sur la santé**

- Symptômes respiratoires +
- Développement et aggravation de l'asthme +/-



Polluants chimiques : Aldéhydes

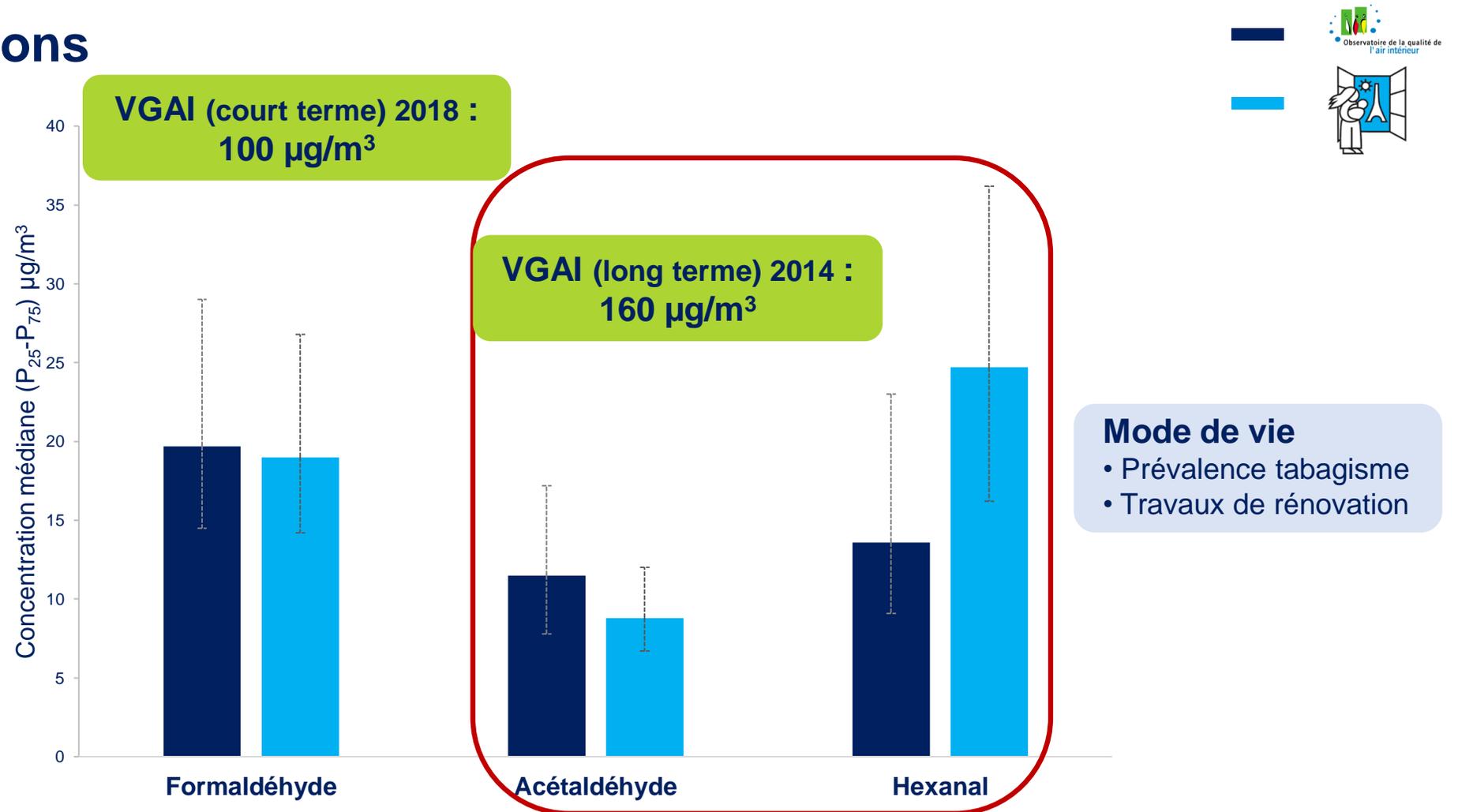
- **Sources**

- **Formaldéhyde** : produits de construction et de décoration (liants ou colles urée-formol)
sources de combustion : FTE, bougies, bâtonnets d'encens, cheminées à foyer ouvert, cuisinières à gaz, poêles à pétrole
produits d'entretien et de traitement, produits d'hygiène corporelle et cosmétiques
- **Acétaldéhyde** : FTE, photocopieurs, panneaux de bois brut, panneaux de particules
- **Hexanal** : panneaux de particules, émissions des livres et magazines neufs, peintures à phase solvant, produit de traitement du bois (phase aqueuse), panneaux de bois brut



Polluants chimiques : Aldéhydes

- Concentrations



Polluants chimiques : Aldéhydes

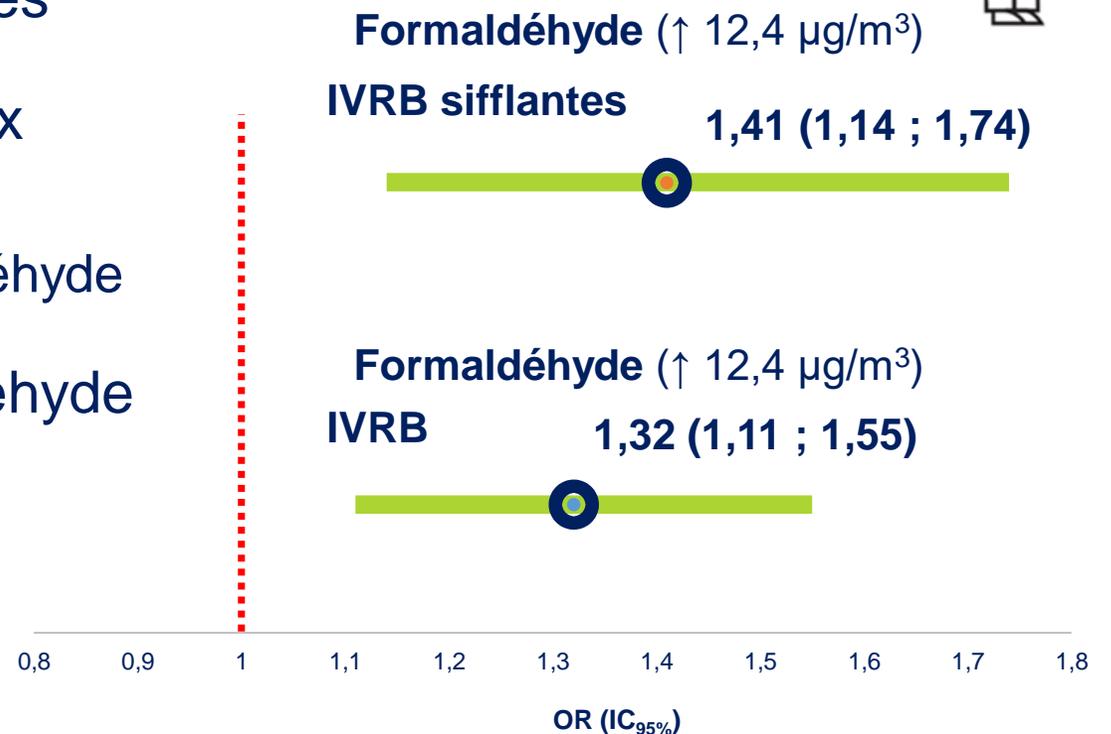
- **Effets sur la santé**

- Infections des voies respiratoires basses
(Roda *et al.*, 2011)

- Asthme et symptômes évocateurs (toux sèche nocturne Roda *et al.*, 2013)

↑ 17 % asthme si ↑ 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de formaldéhyde
(McGwin *et al.*, 2010)

- Sensibilisation allergénique si formaldéhyde > 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Garrett *et al.*, 1999)



Polluants chimiques : COV

• Sources

AROMATIQUES

Benzène : carburants, FTE, produits de bricolage, d'ameublement, de construction et de décoration

Toluène : peintures, vernis, colles, encres, moquettes, tapis, calfatage siliconé, vapeurs d'essence

m/p-xylène et o-xylène : peintures, vernis, colles, insecticides

Styrène : matières plastiques, matériaux isolants, carburants, FTE

ALCANES, CYCLOALCANES

Cyclohexane : peintures, vernis, colles

Décane : white-spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois, sol, moquettes, tapis

Undécane : white-spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois, nettoyeurs sol

HALOGÉNÉS

1,4 dichlorobenzène : anti-mite, désodorisant, taupicide

Tétrachloroéthylène : nettoyage à sec, moquettes, tapis

Trichloroéthylène : peintures, vernis, colles, dégraissant métaux

TERPÈNES

α-pinène : désodorisant, parfum d'intérieur, produit d'entretien

Limonène : désodorisant, parfum d'intérieur, cires, nettoyeurs pour sol

ALCOOLS/ÉTHÉR DE GLYCOL

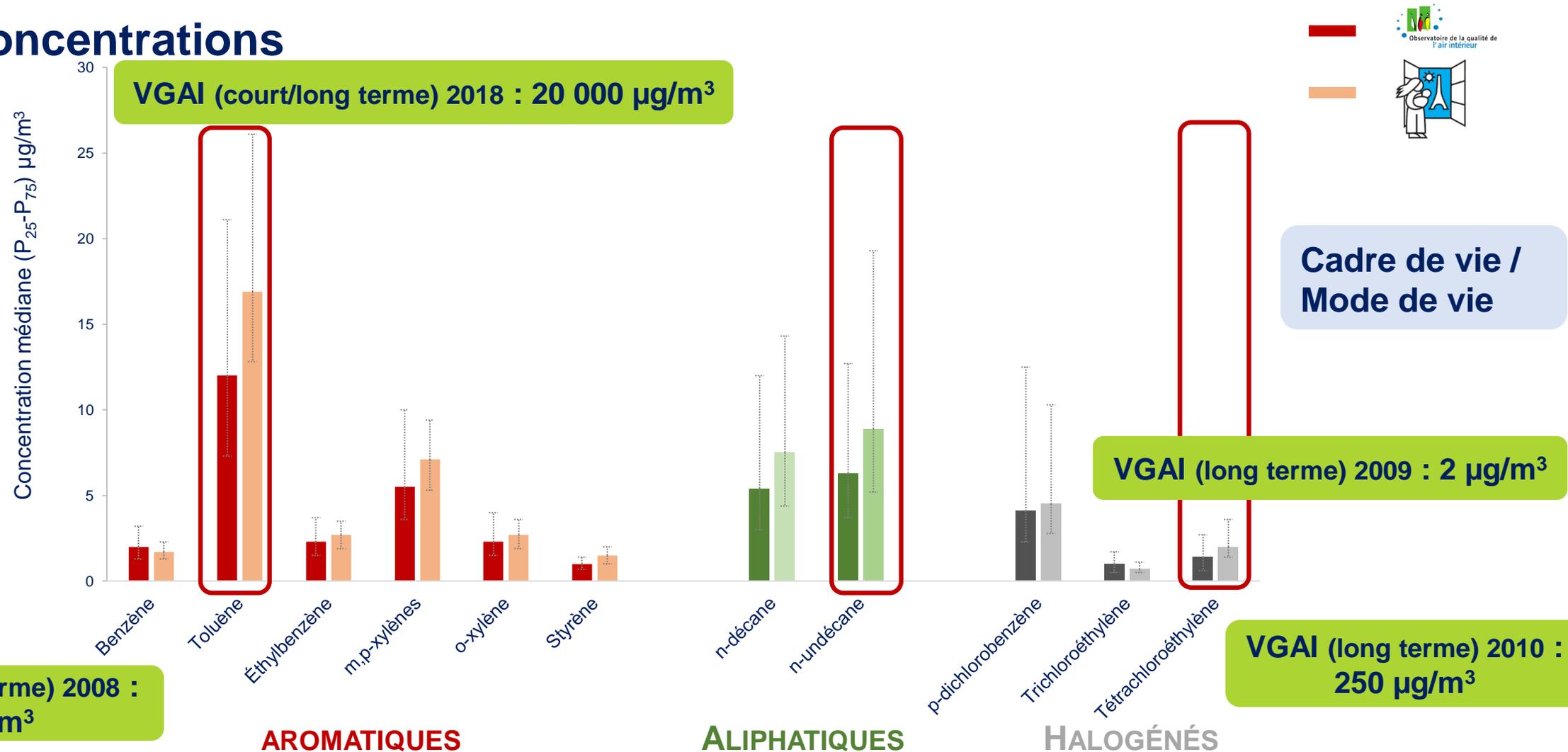
1-méthoxy-2-propanol : laques, peintures, vernis, savons, cosmétiques

2-butoxyéthanol : peintures, vernis, fongicides, herbicides, traitement du bois, calfatage siliconé

2-éthoxyéthanol : peintures, laques, vernis

Polluants chimiques : COV

• Concentrations



Polluants chimiques : COV

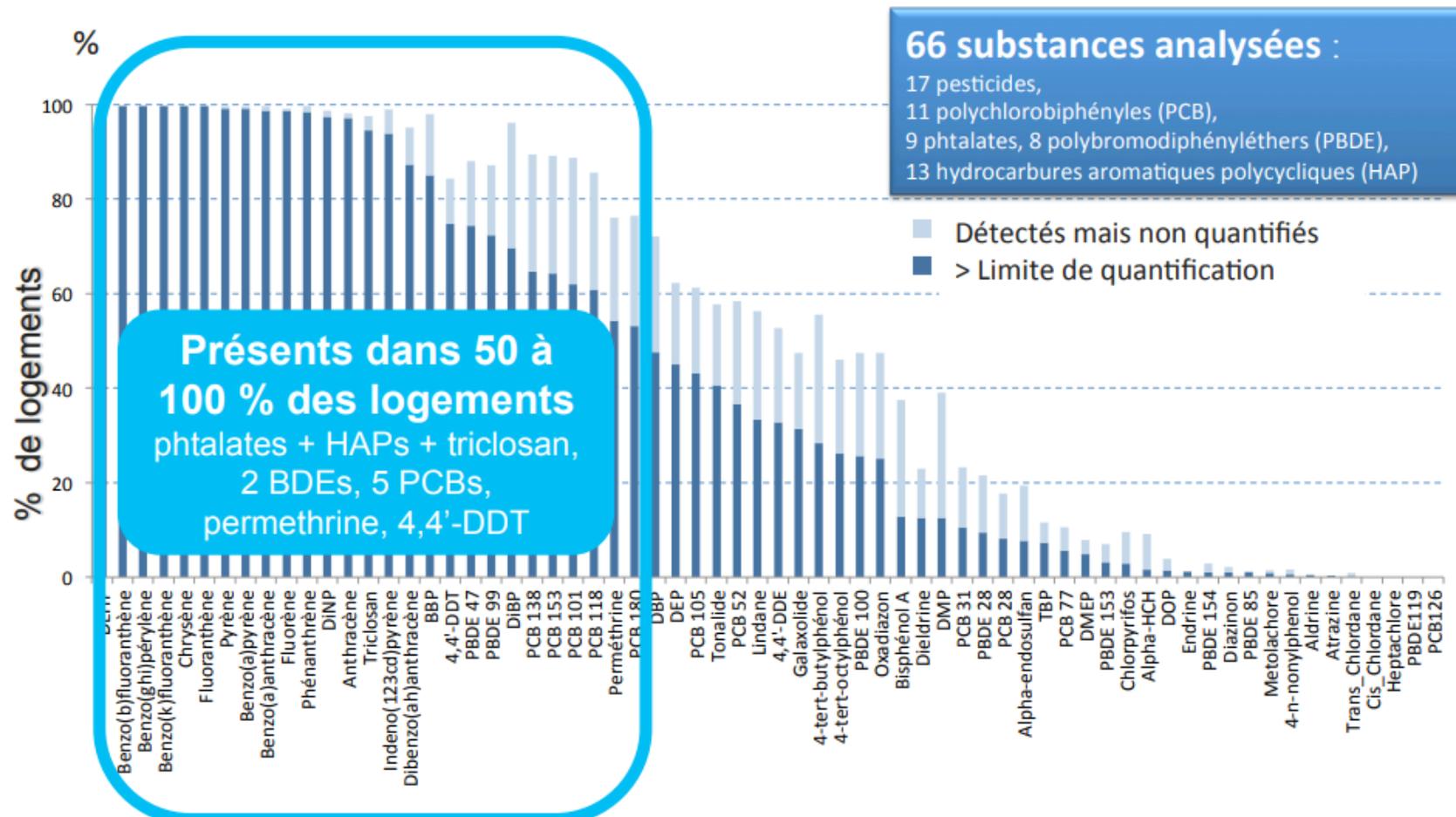
- **Effets sur la santé**
 - Irritations cutanées
 - Asthme +/- (Rumchev *et al.*, 2004, Heinrich, 2011)
 - Effets neurologiques (tétrachloroéthylène, trichloroéthylène)
 - Effets hépatiques (tétrachloroéthylène)

Polluants chimiques : COsV

- Air et poussière
- Nombreuses molécules
 - Phtalates
 - Pesticides
 - Retardateurs de flamme bromés, phosphorés
 - PCB
 - HAP
 - Muscs
 - ...
- Substances **omniprésentes**

Polluants chimiques : COsV

- Concentrations**



Polluants chimiques : COsV

- **Effets sur la santé**
 - Perturbateurs endocriniens
 - Effets reprotoxiques
 - Effets neurologiques
 - Asthme +/- (Heinrich, 2011)

Polluants physiques : Plomb

- **Sources**

- Habitat ancien (bâtiments construits avant 1975 – surtout avant 1949)
 - Peintures et enduits à base de **céruse** (hydrocarbonate de plomb) utilisés sur murs et huisseries – interdiction en 1948
- Tuyauteries en plomb
- Tabagisme
- Ustensiles de cuisine en céramique traditionnelle
- Produits cosmétique traditionnels : khôl



Polluants physiques : Plomb

- **Effets sur la santé**

Saturnisme infantile (plombémie $\geq 50 \mu\text{g/L}$) : maladie à déclaration obligatoire

652 cas incidents en 2018 (SPF, Géodes, 2019)

<7 ans : 68 %

- Modification du comportement (apathie, irritabilité)
- Maux de ventre, constipation
- Troubles du sommeil
- Difficulté d'apprentissage
- Mauvais développement psychomoteur

Comment agir ?

- **Limiter les sources d'émission de polluants**

- Ne pas fumer à l'intérieur
- Entretien des appareils de chauffage
- Utiliser des matériaux et produits de construction et de décoration moins émissifs



Substances	n° CAS	normes mesure	classes d'émission			
			C	B	A	A+
formaldéhyde	50-00-0	ISO 16000-3	> 120	< 120	< 60	< 10
acétaldéhyde	75-07-0	ISO 16000-3	> 400	< 400	< 300	< 200
toluène	108-88-3	ISO 16000-6	> 600	< 600	< 450	< 300
tétrachloréthylène	127-18-4	ISO 16000-6	> 500	< 500	< 350	< 250
xylène	1330-20-7	ISO 16000-6	> 400	< 400	< 300	< 200



Comment agir ?

- **Maintenir un logement sec**
 - Réparer les dégâts des eaux
 - Limiter et évacuer vapeur d'eau
- **Aérer, ventiler**
- **Éviter les pollutions extérieures**

Information et sensibilisation

AU QUOTIDIEN

UN AIR SAIN CHEZ SOI

ÉDITION SEPTEMBRE 2017

DES CONSEILS POUR PRÉSERVER VOTRE SANTÉ



CLÉS POUR AGIR

ACHATS

MOINS DE PRODUITS TOXIQUES

ÉDITION JANVIER 2019

DES CONSEILS POUR S'EN PASSER À LA MAISON ET AU JARDIN



CLÉS POUR AGIR

RÉNOVATION / CONSTRUCTION

LA VENTILATION

INDISPENSABLE POUR UN LOGEMENT CONFORTABLE ET SAIN

ÉDITION MAI 2019



CLÉS POUR AGIR

GUIDE DE LA POLLUTION DE L'AIR INTÉRIEUR



Tous les bons gestes pour un air intérieur plus sain.

Pour en savoir plus, rendez-vous sur www.prevention-maison.fr



les bons gestes pour un bon air

Quelques conseils pour améliorer la qualité de l'air à l'intérieur des logements



un bon air chez moi

Les français passent en moyenne 16h par jour dans leur logement et l'air intérieur des logements est souvent différent et bien plus pollué que l'atmosphère extérieure. 10 % des logements comportent des concentrations très élevées pour plusieurs polluants simultanément.

avez-vous les bons réflexes ?



<http://unbonairchezmoi.developpement-durable.gouv.fr/>

Conclusion



Campagne « Logements »

- Analyse descriptive de la pollution dans les logements français
- Identification des principaux déterminants de la pollution intérieure



Cohorte PARIS

- Analyse descriptive de la pollution dans les logements franciliens accueillant un jeune enfant
- Étude des variations saisonnières
- Identification des principaux déterminants de la pollution intérieure
- Évaluation de l'impact sanitaire de l'exposition domestique aux polluants de l'air intérieur sur la morbidité respiratoire et allergique



Merci de votre attention !