



Qualité de l'Air Intérieur

**Les polluants de l'air intérieur : Quels sont-ils ?
Quelles sont leurs sources ?**

INERIS

maîtriser le risque |
pour un développement durable |

LES POLLUANTS DE L'AIR INTÉRIEUR : QUELS SONT-ILS ?

Origine, une approche *par source*

- Pollution extérieure
- Produits/matériaux de construction, de décoration, d'ameublement
- Comportement des habitants : bricolage, tabagisme, nettoyage ...

❗ → Quelle source pour quel composé :

Nature, une approche *par famille chimique ou type de pollution*

- Pollution chimique : gaz - particules, organique - inorganique
- Pollution physique : rayonnements ionisants ou non, bruit ...
- Pollution microbiologique

Influence de la pollution atmosphérique

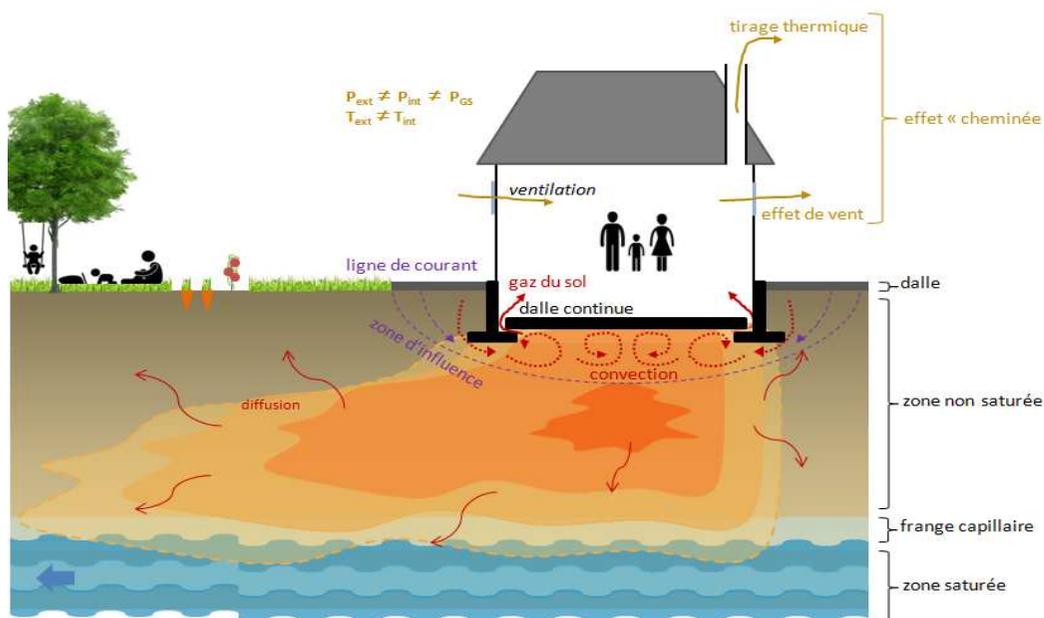
Contribution de l'air extérieur très variable selon la localisation du bâtiment, le système de ventilation, la météorologie (vents, pressions et températures) et les polluants

➡ difficulté d'extrapoler des ratios I/O (intérieur/extérieur) à toutes les situations

- ➡ rôle contributeur de l'air extérieur lorsqu'il n'y a pas de sources intérieures
- ➡ rôle de dilution joué par l'air entrant en cas de sources endogènes

Influence de pollutions locales : sols pollués

➡ Souvent des solvants chlorés



Substances couramment associées aux sols pollués

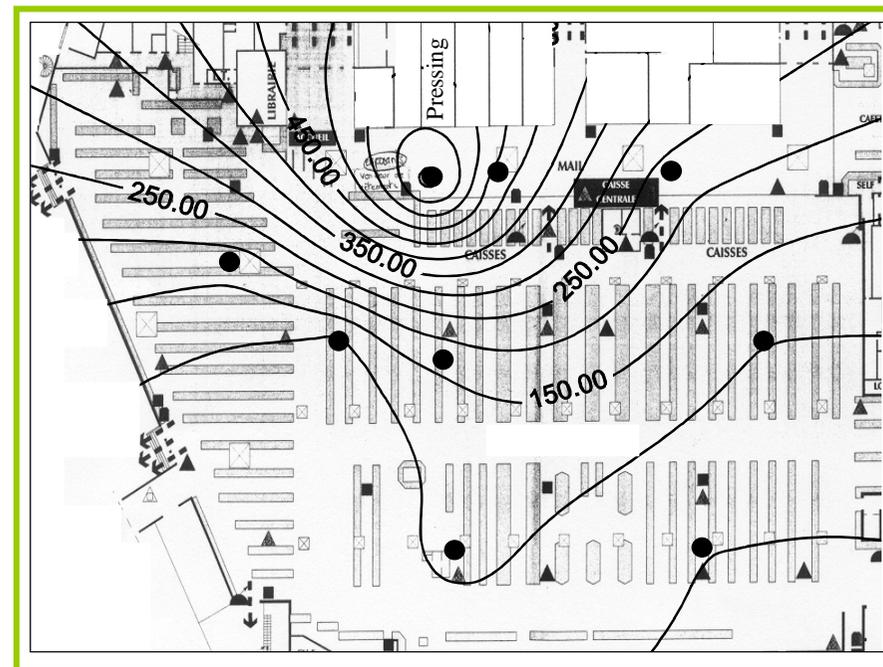
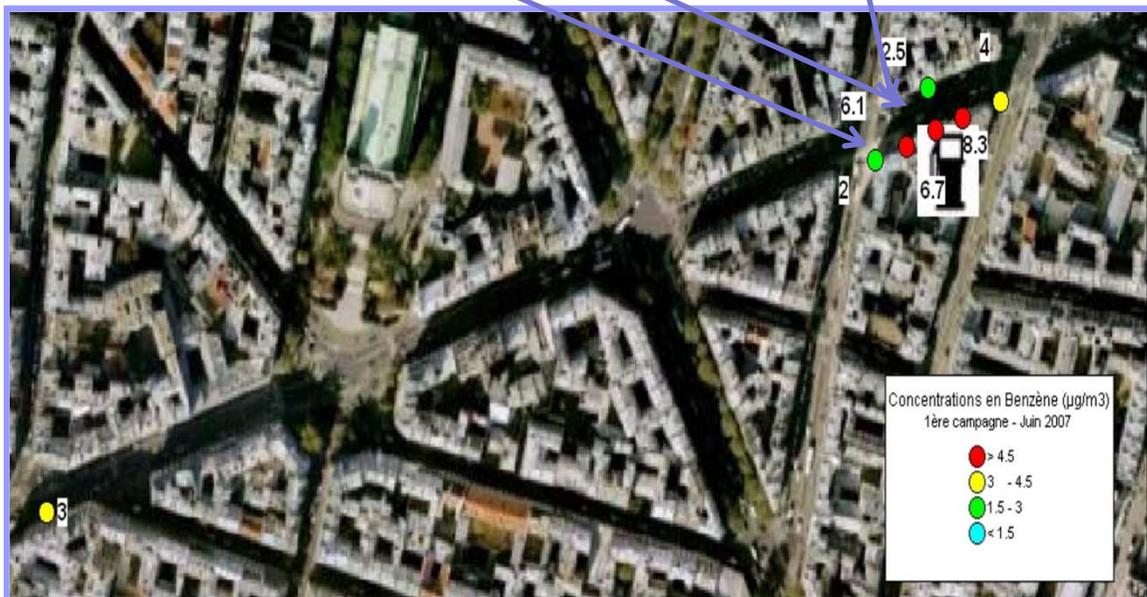
Polluants souvent considérés	Activités couramment concernées
BTEX, organochlorés	Dégraissage, solvants: traitement de surface, atelier mécanique, peintures, entretien,...
BTEX, coupes pétrolières < C16, plomb tétraéthyle	stations services, dépôts pétroliers, raffineries,...
BTEX, naphtalène	Cokerie, usine à gaz
Mercure métallique ou organique	Chimie, électrique, décharges
Autres (Organobromés, CVM, acrylonitrile, chlorobenzène,...)	Diverses : chimie, ...

INFLUENCE DE SITUATIONS LOCALES : LES ACTIVITÉS DE PROXIMITÉ

- ★ Pressings (émissions de perchloréthylène)
- ★ stations service (benzène, toluène)
- ★ imprimeries...

Habitations étudiées

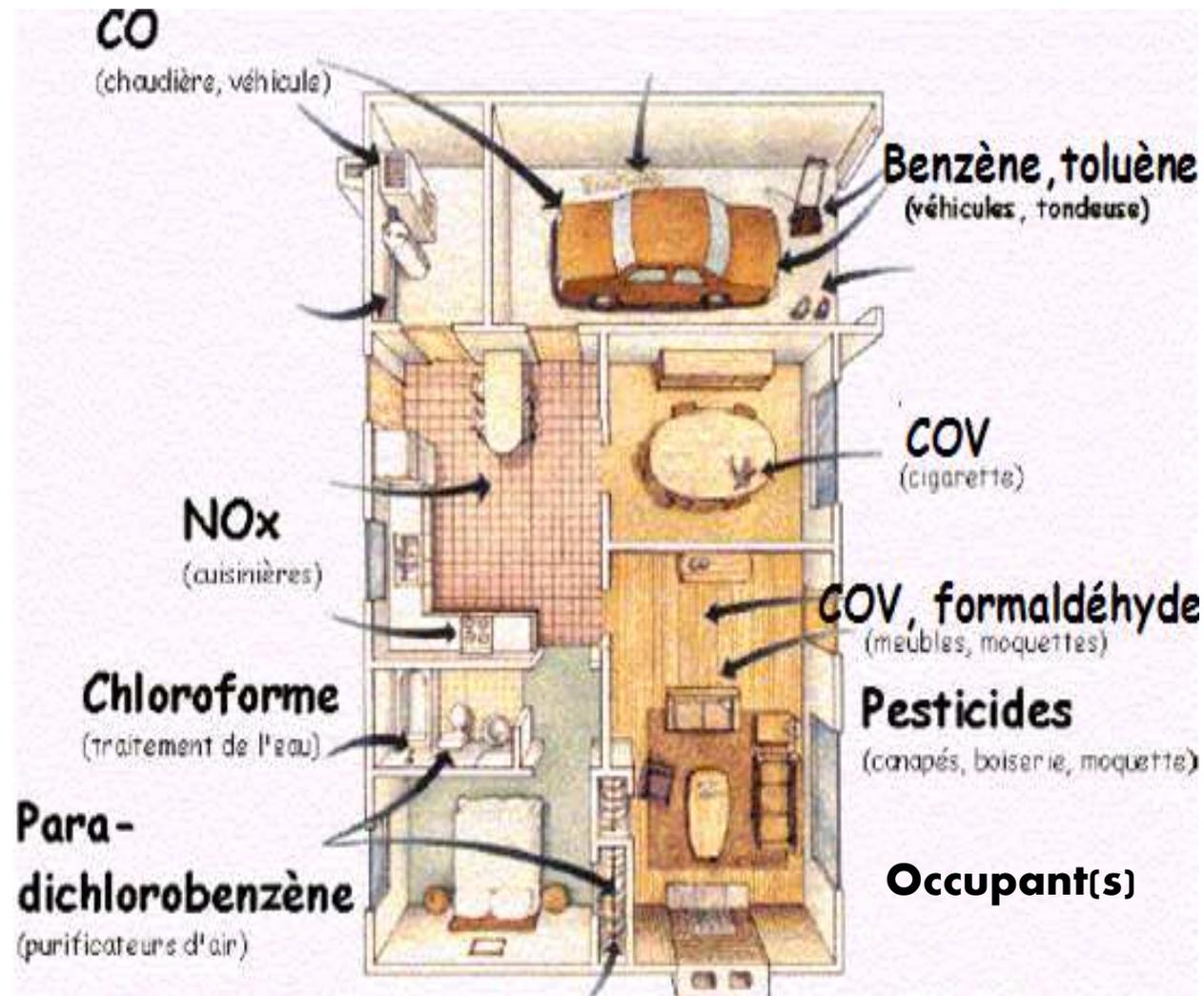
Station service



Isoconcentrations des niveaux de perchloroéthylène dans un centre commercial

LES SOURCES INTERIEURS

- Appareils de cuisson (gazinières)
- Systèmes et appareils de chauffage principaux ou d'appoints) : au gaz, bois, charbon, pétrole,...
- Appareils de production d'eau chaude
- Photocopieurs, imprimantes laser...
- Sols, murs, plafonds
- Mobilier
- Textiles d'ameublement
- Cosmétiques
- Produits de nettoyage
- Bricolage (vapeurs de solvants, poussières métalliques ...)
- Plantes
- Animaux
- Tabagisme
- Occupants : gaz carbonique, humidité, odeurs*, « productions épidermiques »



PRODUITS DE CONSTRUCTION/DECORATION/CONSOMMATION

Émissions primaires

- Tous les produits, qu'ils soient d'origine naturelle ou synthétique, émettent des Composés Organiques Volatils (COV) (→ émissions primaires).
- Les émissions diminuent de 60 à 70 % dans les 6 premiers mois.
- Dans l'ordre d'émission (généralement) :
peintures > colles > revêtements muraux > bois > moquettes

Adsorption - Désorption

- Tous les matériaux (dalles d'isolation phonique, papier peint, moquettes,...)
à l'exception du verre
- Moquettes et revêtements textiles les plus adsorbants
- L'adsorption ralentit l'élimination des polluants : « **effet de puits** »
- La désorption contribue de manière significative à la contamination de l'air intérieur

PRODUITS DE CONSTRUCTION/DECORATION/CONSOMMATION

Émissions secondaires

- Augmentent dans le temps et peuvent durer
- Causes :
 - ➔ humidité
 - ➔ température
 - ➔ traitements chimiques de l'entretien
 - ➔ réaction avec l'ozone
 - ➔ usure, etc...
- Réactions en **phase homogène** entre les gaz générant de nouveaux polluants gazeux
ex. : ozone + terpènes → aldéhydes
- Réactions avec les matériaux (**réactions hétérogènes**)
 - ➔ adsorption du polluant ou formation de composés secondaires

PRODUITS DE CONSOMMATION (produits ménagers, encens, ...)

Une très large gamme de produits concernés ...

- Nettoyants ménagers : détergents, ...
- Produits de bricolage : solvants, colles, peintures, ...
- Parfums et cosmétiques, bougies parfumées, encens, ...
- Insecticides : anti-moustiques, anti-poux, anti-puces, ...
- Objets de la vie courante :
jouets, textiles d'ameublement, rideaux de douches, ordinateurs, ...

Substances actives + conservateurs, stabilisants, fragrances, ...

FTE ou ETS, La fumée de tabac dans l'environnement

- Contient plus de 4000 substances chimiques : NO_x , CO, formaldéhyde, benzène, HAP, métaux
- Le courant primaire (inhalé par le fumeur) et le courant secondaire (émis par la combustion de la cigarette) → contribuent tous deux à la pollution

LES POLLUANTS DE L'AIR INTÉRIEUR : QUELS SONT-ILS ?

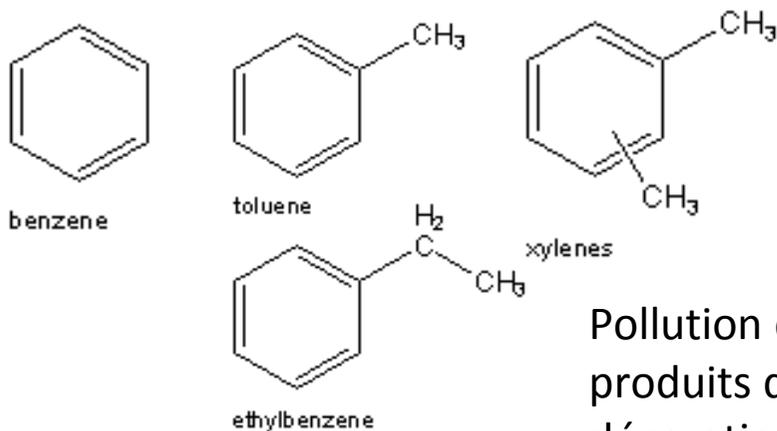
LES GAZ INORGANIQUES

- Ozone (O_3) : pollution extérieure, appareils de bureautique (photocopieurs, imprimantes, ordinateurs), appareils de traitement d'air (ioniseurs, $T_{1/2} = 7$ à 10 minutes)
- Oxydes d'azote (NO_2 , NO) : pollution extérieure (voiture), appareils de chauffage et de production d'eau chaude, gazinières, tabagisme
- Dioxyde de soufre (SO_2) : pollution extérieure, appareils de chauffage au charbon (en diminution)
- Ammoniac (NH_3) : physiologie humaine, produits d'entretien
- Monoxyde de carbone (CO) : appareils de chauffage, de cuisson et de production d'eau chaude, tabagisme, appareils à moteur (grande diffusibilité d'une pièce à l'autre)

LES POLLUANTS DE L'AIR INTÉRIEUR : QUELS SONT-ILS ?

COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS (COV)

Benzène et dérivés = BTEX



Pollution extérieure, tabagisme, produits de construction et de décoration, produits de bricolage, combustion...

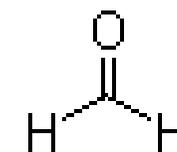
Solvants chlorés : Tri /tétra chloroéthylène



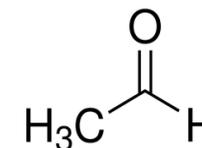
Sols pollués / pressing...

Aldéhydes

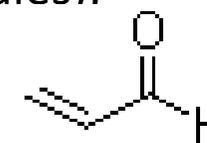
Formaldéhyde : panneaux de particules, de bois aggloméré et de fibres, peintures, vernis, colles, tabagisme, cosmétiques, photocopieurs, magazines et livres neufs



Acétaldéhyde : panneaux de particules, de bois aggloméré et de fibres, tabagisme, photocopieurs



Acroléine : tabagisme, cuisson des aliments (graisses animales et végétales). gaz d'échappement



LES POLLUANTS DE L'AIR INTÉRIEUR : QUELS SONT-ILS ?

COMPOSÉS ORGANIQUES SEMI-VOLATILS (COSV)

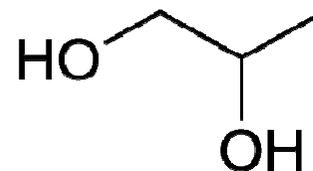
Température d'ébullition > 260 °C selon OMS (1989)

Non seulement présents sous forme gazeuse, mais également **adsorbés sur les poussières** en suspension ou déposés sur les sols

Les éthers de glycol : Décapants, dégraissants ménagers multi-usages, nettoyeurs vitres, savons liquides, cosmétiques, feutres et marqueurs



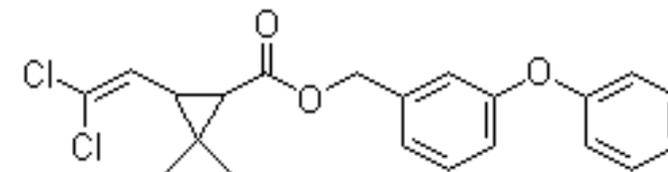
Éthylène glycol → PEG



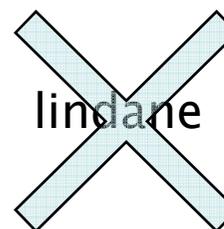
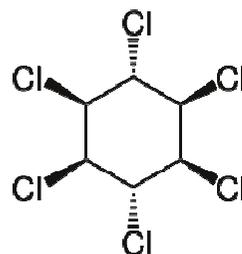
propylène glycol

Les pesticides/biocides – les produits de traitement du bois

- Traitement préventif (en usine) ou curatif (bois installés)
- Traitement des animaux domestiques
- Plantes d'intérieur (pyréthrinoïdes)



Perméthrine
(insecticides)



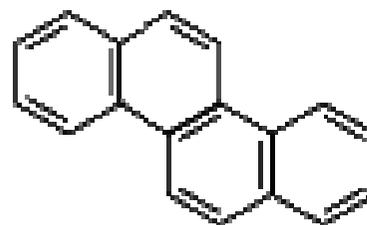
LES POLLUANTS DE L'AIR INTÉRIEUR : QUELS SONT-ILS ?

COMPOSÉS ORGANIQUES SEMI-VOLATILS (COSV)

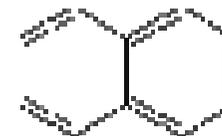
Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Résidus de procédés de combustion :

- ➔ cheminée à foyer ouvert
- ➔ fumée de tabac
- ➔ cuisson des aliments
- ➔ source extérieure (trafic ou industrie)



Benzo[a]pyrène (BaP)



Naphtalène
(limite COV/COSV
Pvap=11 Pa)

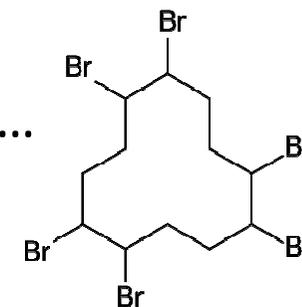
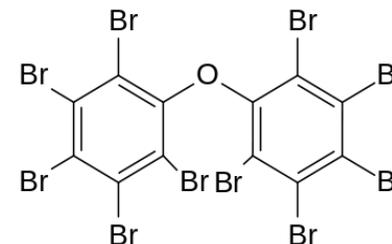
Les retardateurs de flamme

Tissus d'ameublement, ordinateurs & TV (circuits imprimés, plastiques), ...

• **bromés** : 3 classes sont très utilisées :

- ➔ diphényl'éther polybromés (PBDE)
- ➔ hexabromocyclododécane (HBCD)
- ➔ bisphénol bromés (BPA)

- chlorés
- phosphorés
- azotés

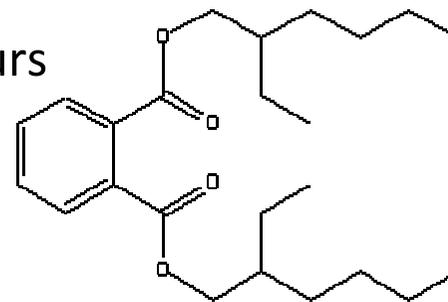


LES POLLUANTS DE L'AIR INTÉRIEUR : QUELS SONT-ILS ?

COMPOSÉS ORGANIQUES SEMI-VOLATILS (COSV)

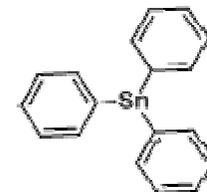
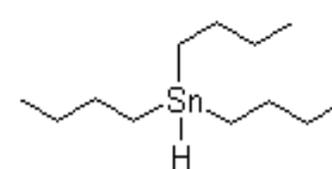
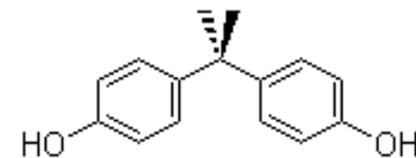
Les phtalates (esters de phtalates)

- ➔ 90 % utilisés comme plastifiant (assurent la flexibilité, donc la mise en forme notamment)
- Objets et matériaux en plastique, comme les nappes ou les rideaux de douche, les jouets, ...
- Fréquemment détectés dans les environnements intérieurs
- le plus commun : **DEHP (Diéthylhexylphtalates)**



Autres composés organiques semi-volatils

- Alkylphénols (dont bisphénols A) : utilisés dans les peintures, les textiles, ainsi que les cosmétiques
- Polychlorobiphényles (PCB) qui furent utilisés dans les produits de construction (colles, joints,...)
- Organoétains : anti-fongiques et anti-bactérien : additif PVC (Hoch, 2001), peinture « antifouling » utilisée dans la marine, protection du bois, des textiles des cuirs et des papiers,...



LES POLLUANTS DE L'AIR INTÉRIEUR : QUELS SONT-ILS ?

PARTICULES

- Selon le **diamètre aérodynamique médian**, on parle de :
 - Particules fines : $PM_{2,5}$, PM_{10}
 - Particules submicroniques : PM_1
 - Particules ultra-fines (ou nanoparticules) : $PM_{0,1}$
- Mesures des concentrations en masse (les plus courantes) ou en nombre (en développement)
- Importance de la **taille** (profil granulométrique) sur la toxicité, dont dépend la possibilité de pénétrer profondément dans l'appareil respiratoire (fractions respirable, inhalable ou alvéolaire)
- Importance de la **composition chimique**
- Sources extérieures : trafic automobile notamment
- Sources intérieures (ou endogènes) : cuisson, combustion (bougie, encens, tabagisme..., tabagisme, ... présence des occupants = remise en suspension des poussières

FIBRES

- Particules allongées dont la longueur est supérieure à trois fois la largeur (définition OMS)
- Matériaux fibreux largement utilisés car **isolants thermique et phonique**
- Libération dans l'air : mise en place ou enlèvement / vieillissement
- Emissions aussi des liants et additifs (cas du formaldéhyde et du phénol)

Différentes classes de fibres

- Fibres naturelles :
 - minérales : amiante
 - organiques : matériaux d'isolation émergents comme le chanvre, le lin, le coton, la laine de mouton, la cellulose issue du papier journal
- Fibres artificielles :
 - minérales : laine de verre, laine de roche, fibres céramiques réfractaires
 - organiques : polyaramides, polyvinylalcool, polypropylène

METAUX

PLOMB

- Peintures, vaisselles traditionnelles, TABAGISME, eau robinet, sols contaminés
- **Peintures à base de céruse** : hydroxycarbonate de plomb utilisé dans les logements construits avant 1948

AUTRES MÉTAUX

- Peu étudiés de manière générale
- Sources extérieures fixes (industrie, anciennes mines) ou mobiles (trafic automobile)
- **Mercure** (seul métal volatil à T ambiante) : bris de thermomètres, baromètres, néons, sols pollués ...

LES POLLUANTS DE L'AIR INTÉRIEUR : QUELS SONT-ILS ?

Polluants microbiologiques

Les Endotoxines

- Présence dans les poussières domestiques due aux animaux de compagnie, à l'humidité, à la présence de déchets organiques,...
- Effets sanitaires encore imprécis à ce jour : Effets décrits : fièvre, hypertension, obstruction/inflammation bronchique, syndrome pseudo-grippal

Les Allergènes

- Entités biologiques à l'origine des allergènes = acariens, chiens, chats, blattes...

Les Moisissures ou champignons ou flore fongique

Les Contaminants associés aux moisissures

- Mycotoxines : toxines émises par la sporulation des champignons
- Composés Organiques Volatils Microbiens (COVM)
- Glucans : composés de la paroi des champignons

LE RADON (Rn) (et les rayonnements ionisants)

- Gaz radioactif d'origine naturelle provenant de la dégradation de l'uranium et du thorium
- Sources : N°1= sous-sol ; N°2 = matériaux
- Émet des particules α et des « descendants » à demi-vie courte ayant tendance à se fixer sur les particules atmosphériques et pouvant être inhalés

FACTEURS PHYSIQUES DE LA POLLUTION L'AIR INTÉRIEUR

- Bruit
- Éclairage artificiel
- Émissions électromagnétiques des équipements (écrans, téléphones mobiles...)

Évolution des thématiques

- **Plomb** (années 60)
- **Amiante, Radon** (années 70-80)
- **Composés Organiques Volatils - COV** (années 80): « *TEAM studies* » de l'*US-EPA* = *Total Exposure Assessment Methodology*, mesures des COV, notamment benzène

Plus récemment :

- **Allergènes, toxines bactériennes**
- **Composés Organiques Semi-Volatils (COSV)** : résidus de pesticides, composés des plastiques / des matériaux, produits d'entretien, ...
- **QAI → QEI** : exposition via les poussières également (ingestion)
- Impact des constructions performantes en énergie (BPE)

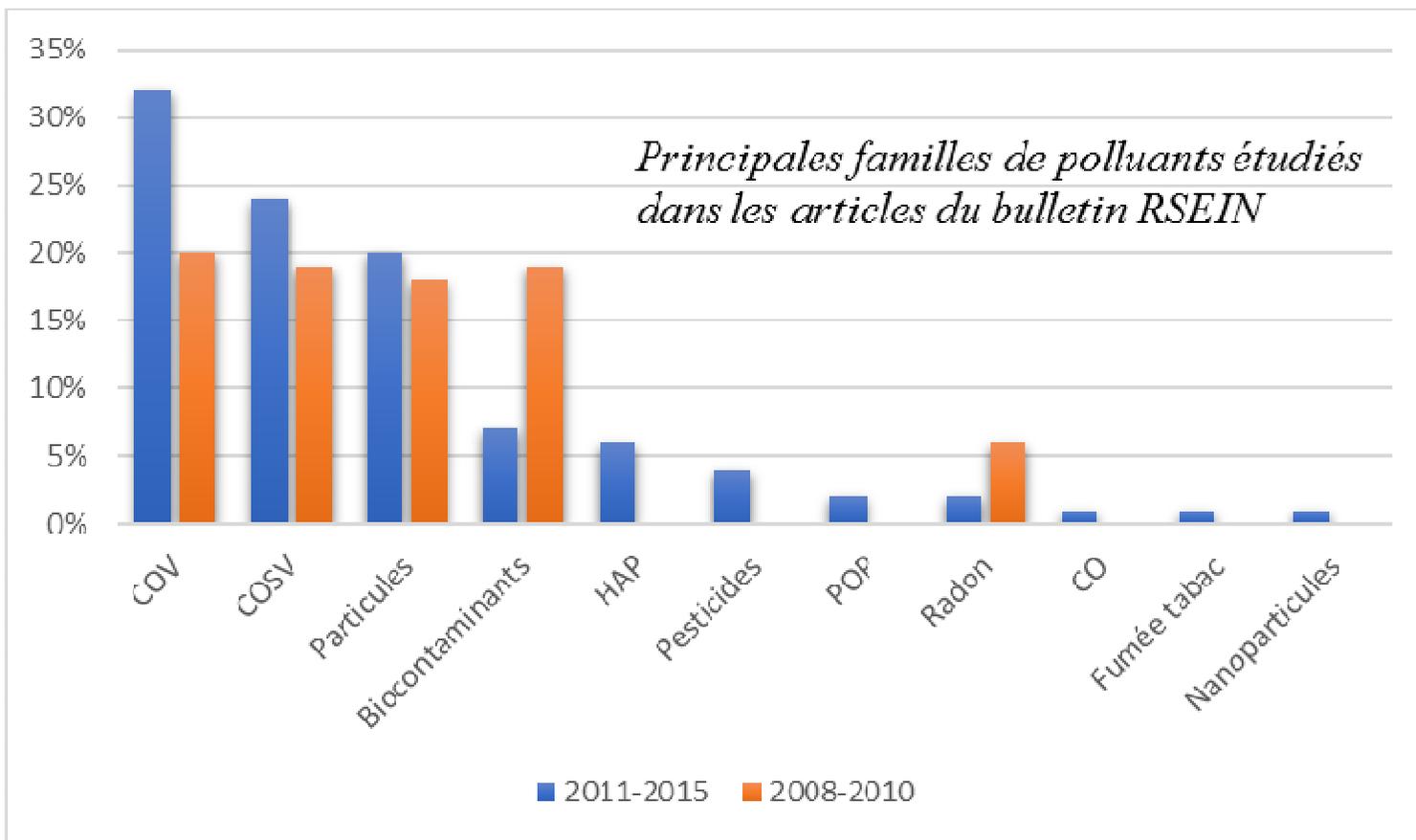
EVOLUTION DES THEMATIQUES



Réseau Recherche Santé Environnement Intérieur

Le réseau RSEIN, en relation avec l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI), rassemble des scientifiques, chercheurs, ingénieurs, médecins, consultants en santé environnementale de différents instituts publics, laboratoires de recherche, hôpitaux, sociétés d'étude et de conseils et associations.

Les activités du réseau RSEIN sont financées par le Ministère en charge de l'environnement et l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME).



Répartition différenciées dans les rubriques des bulletins entre :

- « Métrologie », « Exposition », « Risques sanitaires » : COSV majoritaires
- « Gestion » : polluants « historiques » comme les COV ou les particules