
La problématique de la qualité de l'air intérieur (IAQ)

Romain Anne-Claude, Dr

*Equipe Surveillance de l'environnement
Atmosphères Polluées*

Département en Sciences et Gestion de l'environnement

Faculté des Sciences

ULg



-
- Introduction
 - Sources de contaminations
 - Diverses origines
 - **Matériaux de construction**
 - L'occupant
 - Les sources extérieures
 - **Les systèmes de ventilation**
 - Les agents de pollution
 - **Chimiques**
 - Biologiques
 - Physiques
 - Effets sur la santé
-

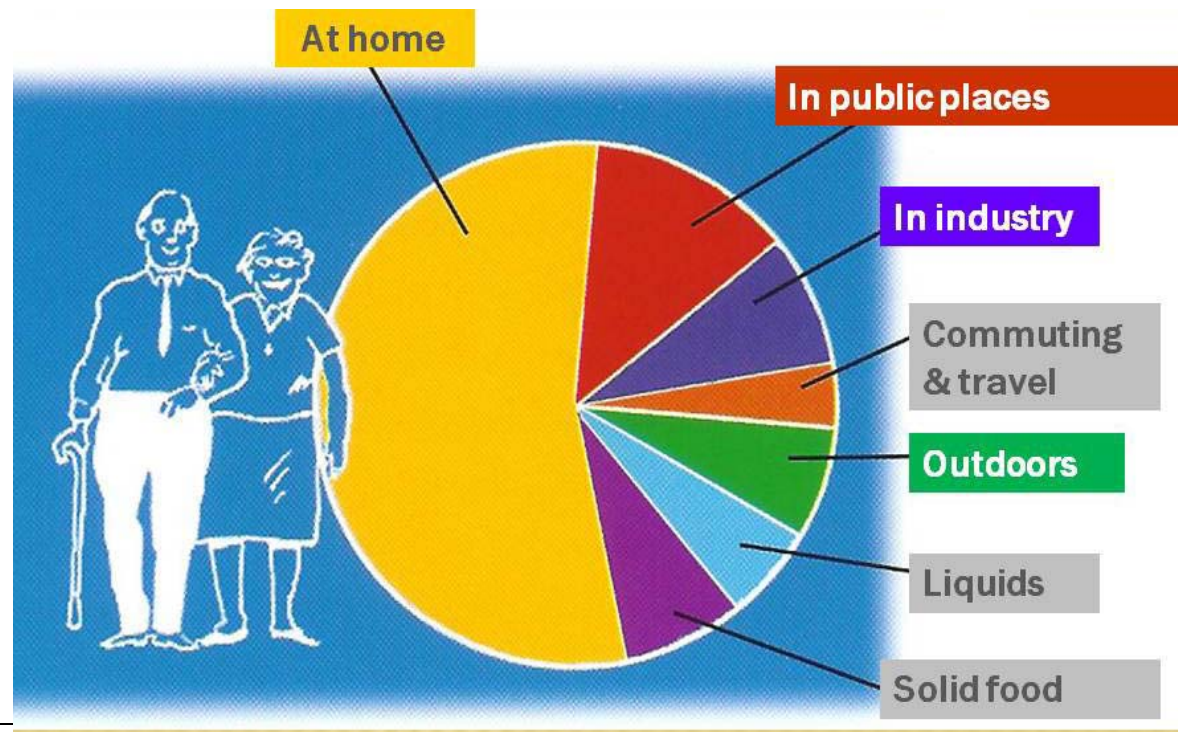
Pourquoi s'intéresser à la QAI?



+ de 20 heures par jour à l'intérieur de locaux

*(USA : 86,9 % de la journée en intérieur; 5,5 % dans un véhicule
et seulement 7,6% en extérieur!)*

“Indoor air is significant contributor to life-time exposures”*



*Source : HealthVent European project

Pourquoi s'intéresser à la QAI?



la teneur en substances volatiles à l'intérieur > à l'extérieur

*Extraits du rapport final de la CAMPAGNE NATIONALE LOGEMENTS en France :
ETAT DE LA QUALITE DE L'AIR DANS LES LOGEMENTS 2006*

- Teneurs en composés organiques volatils à l'intérieur > à extérieur :

entre 68,4% (trichloroéthylène) et 100% logements (formaldéhyde et l'hexaldéhyde) selon les composés

- **Aldéhydes** sont parmi les molécules les plus fréquentes et les plus concentrées dans les logements : dans 99,4 à 100% des logements selon les composés,
- L'acétaldéhyde, le formaldéhyde et l'hexaldéhyde étant observés dans tous les logements

Pourtant peu d'intérêt pour la composition de l'air de nos intérieurs

Réglementation quasi inexistante (↔ air ambiant)

Pourquoi s'intéresser à la QAI?



Effets de la pollution intérieure sur le confort et sur la santé des occupants confirmés

↑ Syndrome des bâtiments malsains (Sick building syndrome ou SBS)

↑ Interventions des « Ambulances vertes »



<http://www.envie-iaq.eu>

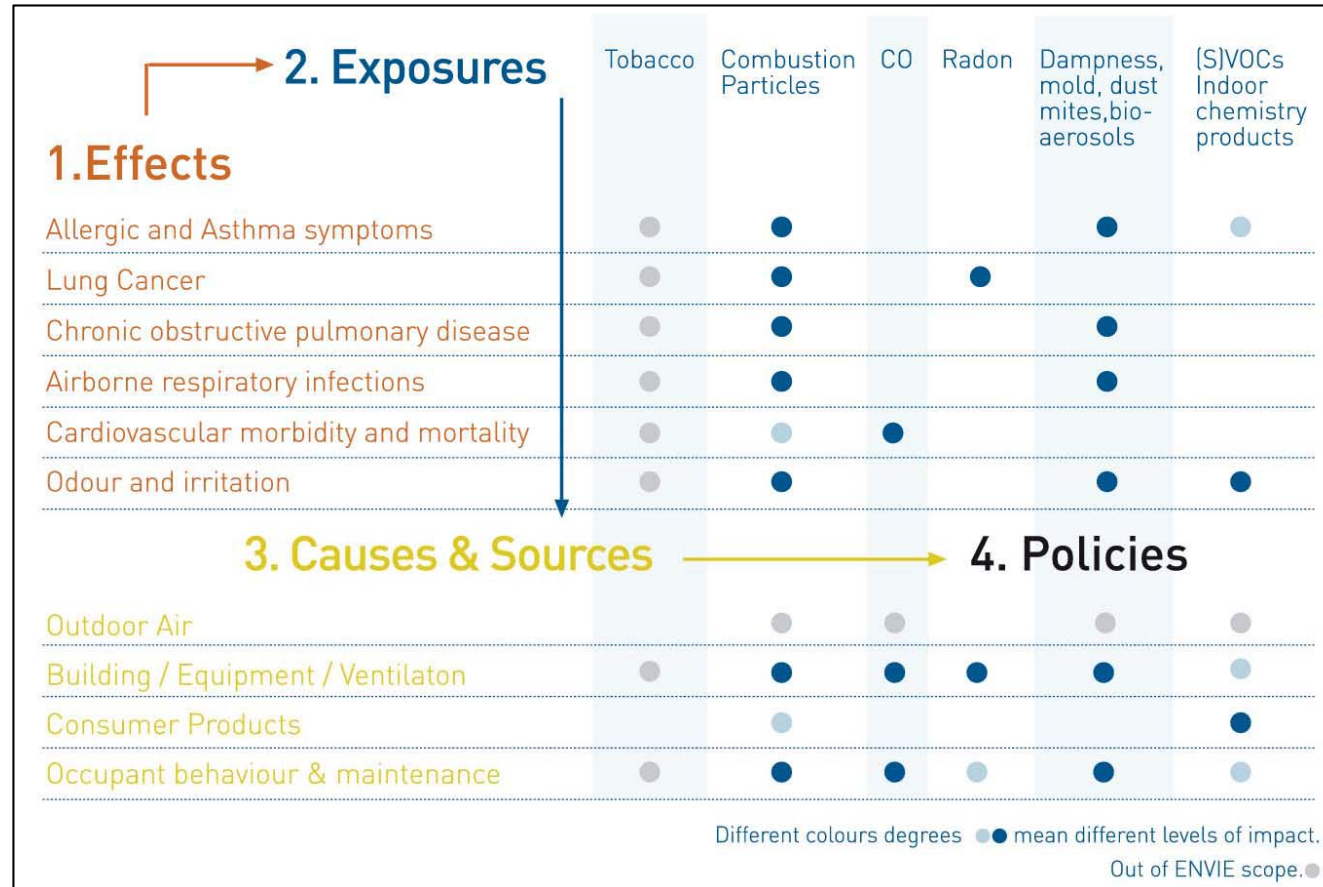
co-ordination action on indoor air quality and health effects-2008

*1^{er} état des lieux de la recherche dans le domaine de la QAI en Europe,
mis en évidence ses effets avérés sur la santé
pour préparer les évolutions futures de la politique communautaire*

**“2 000 000 Healthy Life Years (3%) are lost every
year due to indoor air Exposure in EU”***

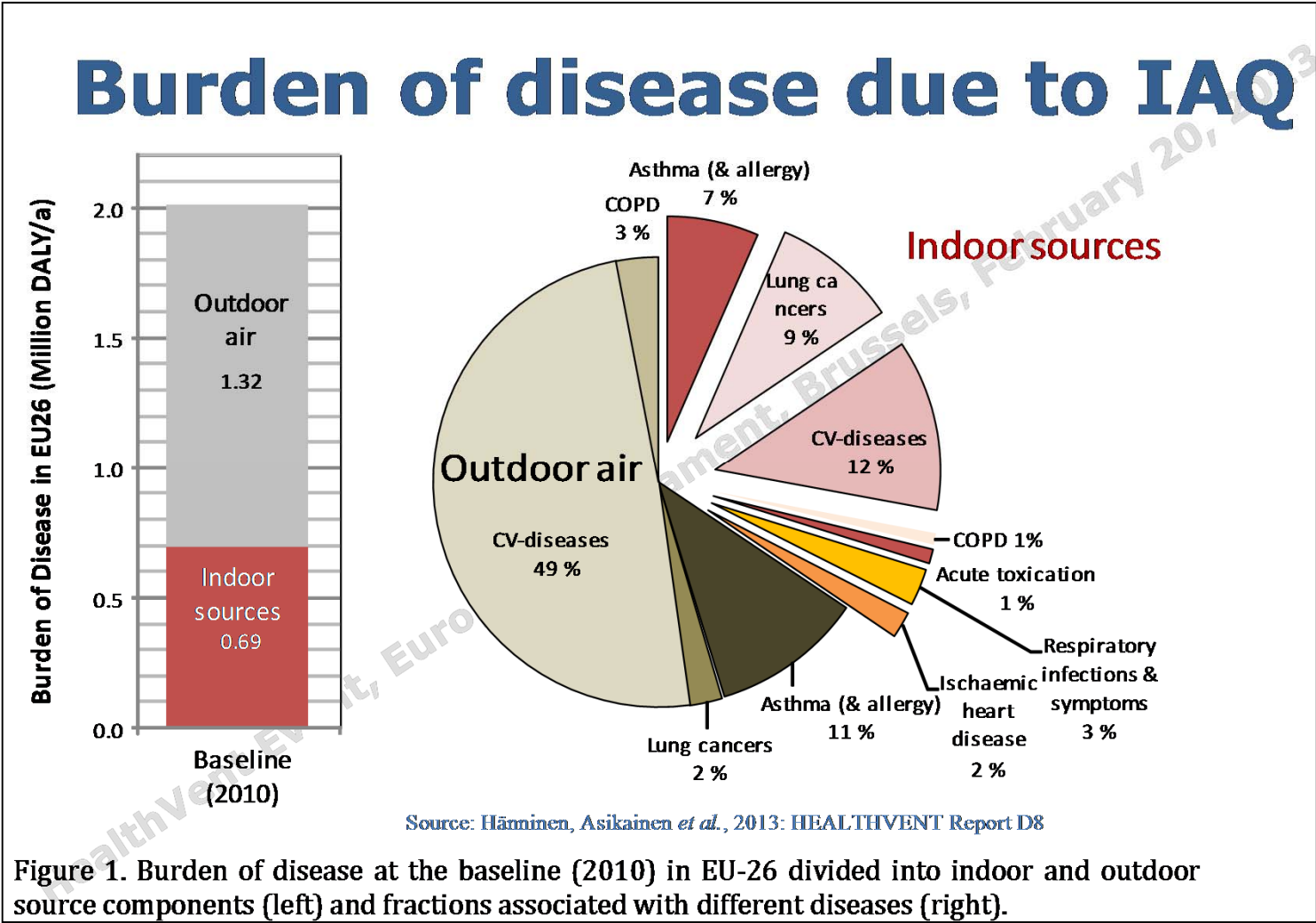
**calculé sur base de 7 maladies*

Pourquoi s'intéresser à la QAI?



Source : <http://www.envie-iaq.eu>

Total Burden of disease (charge de morbidité globale, calculée en DALY*) :
 mesure des années de vie en parfaite santé perdues suite à une exposition de polluants



“copie d’un slide de la présentation du projet HealthVent, Bruxelles, 2013 : site internet du projet”

*DALY : Disability Adjusted Life Years

Pourquoi s'intéresser à la QAI?

- ✓ **Relation Dose-Effet sur la santé ?**

Diagnostic difficile : pas de relation évidente de cause à effet

Ok pour polluant pris isolément
 mais rarement intégration de l'effet cocktail

- ✓ **Espace de vie de plus en plus confiné**

+ crise de l'énergie et l'isolation thermique croissante

- ✓ **Performance énergétique et Santé/Confort des occupants : compatibilité?**

« HealthVent project »: GUIDELINES FOR HEALTH-BASED VENTILATION

www.healthvent.eu

Pourquoi s'intéresser à la QAI?



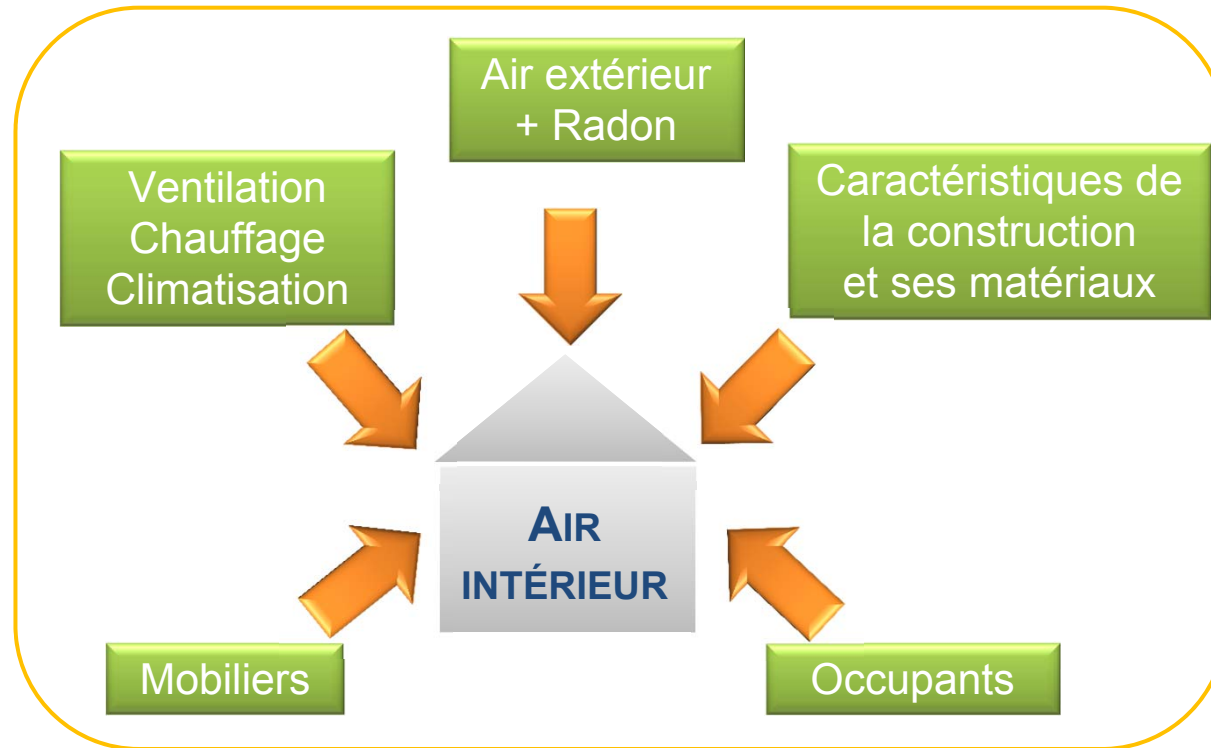
Identifier l'origine des substances

qui causent des effets sur la santé et le confort pour :

- Réduire la présence de ces substances (éliminer la source)
- Réglementer
- Améliorer la ventilation et le traitement d'air
- Adapter nos comportements



Sources de contaminations de l'air intérieur



Diverses origines

- Pollution extérieure
- Particules fines
- Fumée liée au tabagisme
- Humidité et moisissures (bio-aérosols)
- Appareils de combustion (CO, NO₂, fumée de bois)
- Radon
- Systèmes de ventilation
- Matériaux de construction (COV's, formaldéhyde)
- Produits domestiques
- Ozone



Sources de contaminations de l'air intérieur

Diverses origines

Sources/controls for indoor air pollution	Considered exposure agents							
	ETS	Combustion PM	CO&NO ₂	Radon	microbes, allergens	HCHO	Benzene	Naphthalene
Outdoor air								
Implications for air cleaning needs & indoor pollution dilution		X	X				X	
Buildings / fixed equipment / ventilation								
Building materials				(X)		X	X	X
Ventilation and air conditioning systems	X	X	X	X	X		X	
Fixed household equipment/appliances		X	X		X			
Heating systems		X	X					
Water systems					X			
Dampness and mold					X	(X)		
Consumer products used in buildings								
Furnishings and electrical (computing & entertainment)		X				X	X	(X)
Cleaning and household products						X		X
Occupant behaviour								
Maintenance, ventilation practices		X	X	X	X			X
Smoking, cooking	X	X	X		X	X	X	

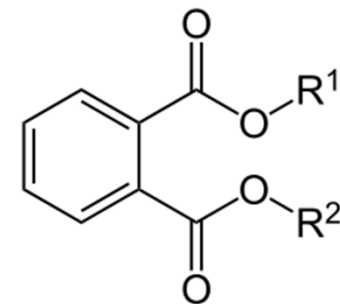
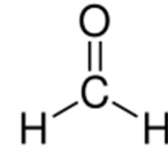
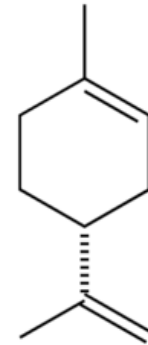
Source : <http://www.envie-iaq.eu>

Matériaux de construction

- Nombreux composés volatils (gazeux ou phase vapeur)
(COV)
- Particules

Exemples

- Bois : Terpènes et formaldéhyde
- Revêtements de sol : phthalates (DEHP)



Matériaux de construction

Pas que des Emissions Directes :

- Solvants ou agents de traitement utilisés lors de la fabrication
(émissions souvent liées à la température)

OSB : Formaldéhyde

Lino : Retardeurs de flammes - organophosphorés et polybromés

Bois : Biocides -pyréthrinoides, perméthrine- anti mites

- Dégradation du matériaux

- Oxydation avec l'air, l'ozone (O₃)

Oxydation au cours du temps du linoléum : COV

*Ozone + terpènes = aldéhydes-cétones-acides carboxyliques (radical de Criegee)
et apparition de particules ultra fines inférieures à PM 2.5*

- Réaction avec l'humidité

Émission d'ammoniac (NH₃) (caséine comme liant de peinture)

Sources de contaminations de l'air intérieur

Matériaux de construction

Pose du matériau

- Colles

Créosote : huiles extraites de goudrons de bois ou de charbon de plante

(HAP, phénols: cancérigènes) interdit en usage intérieur depuis 2002

- Dégraissage avec trichloroéthylène (cancérigène)

Durée de l'émission

- Quelques jours à quelques semaines

Odeur du bois, de nouveaux tapis

- Durée de vie du matériau

Linoleum



**Grande diversité de matériaux, de comportements, de substances émises
d'effets sur la santé**



Matériaux de construction

Peinture et vernis

- Liants (*huile de lin, résines souvent synthétiques-polymères-, cires...*)
- Diluants-Solvants : fluidifier le liant (white spirit, toluène,...)
- Additifs (anti-mycosique, anti feu, résistants aux insectes,+ élasticité, anti-UV...)
- + pigments

Type de peinture	Composés volatils
Acrylique (dite à l'eau; liant synthétique : acrylique)	Ethylhexylacrylate, Esters (butyl acétate,...), aldéhydes, dibutylphtalate, cétones
Glycero	COV hydrocarbures aromatiques
Naturelle « à base d'eau »	éthers de glycol

Matériaux de construction

Peinture et vernis

Ecolabel Européen

*seul label officiel de l'Europe, couvre plusieurs produits et services,
matériaux de constructions + **peintures et revêtements de sols durs***

Peinture mate COV < à **15g/litre**

Peintures brillantes < **60g/litre**



Directive 2004/42/CE

*(réduction des émissions de **COV** dues à l'utilisation de **solvants organiques dans certains vernis et peintures et dans les produits de retouche de véhicules**)*

Intérieur mate murs et plafonds : **30 g/l**

Vernis et lasures intérieur/extérieur : **130 et 400 g/l**

COV dans la formulation de peinture ≠ COV émis!!



g/l (de peinture)

µg/m³ (d'air)

Sources de contaminations de l'air intérieur

Matériaux de construction

Matériaux « synthétiques »



Polymères composé à partir d'hydrocarbures (pétrole)

- Tapis (moquette) : *styrène, HAP (hydrocarbure aromatique polycyclique)*
- Vinyls : *dodecene, dodecylbenzene, TXIB (2,2,4-trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate; plastifiant,*
- PVC : *esters de phthalates, aromatiques, éther, alcanes, alcènes*
- Caoutchouc : *styrene*
- Linoleum : *acides organiques, aldéhydes (suite à l'oxydation)*
- Panneau en liège stratifié (plastique) : *phénol*
- Laine de verre : *contient un liant à base de phenol-urée-formaldéhyde*
- Expanded polystyren foams (frigolite) : *polystyrène, HBCB (HBCD (hexabromocyclodecane = fire retardant, pentane (expanding agent)*

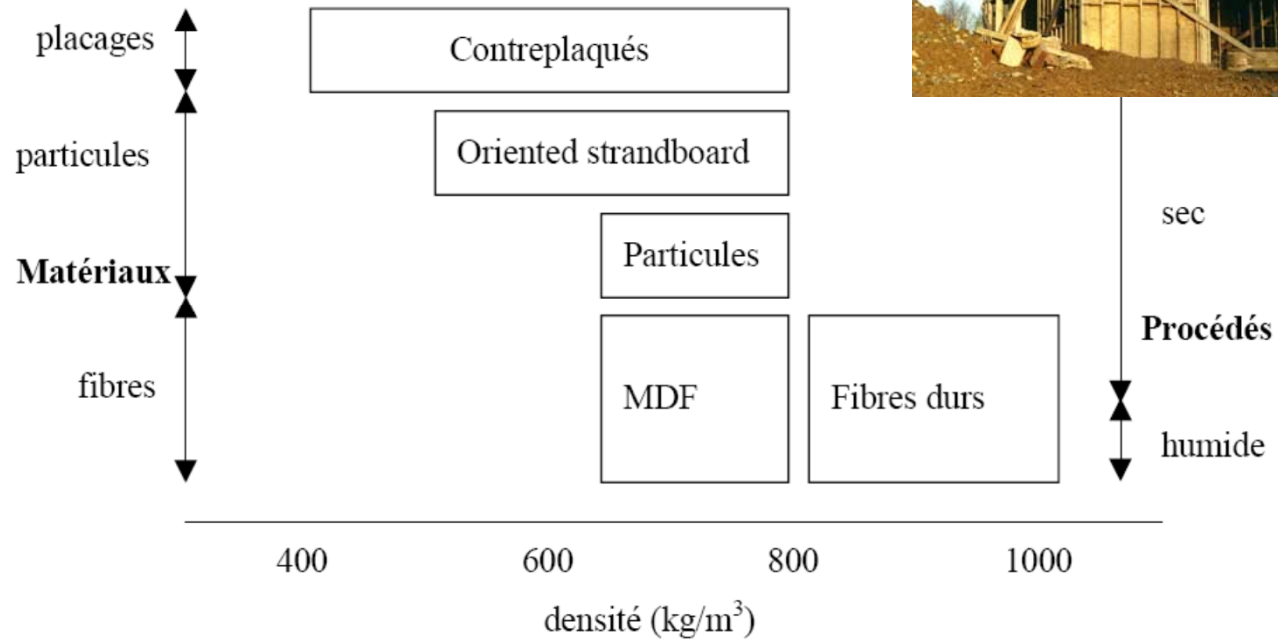


Sources de contaminations de l'air intérieur

Matériaux de construction

Matériaux « naturels »

Bois : naturel?



Matériaux de construction

Matériaux « naturels »

Bois : naturel?

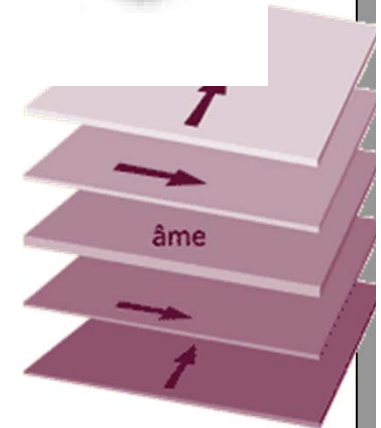
Panneaux de **contreplaqué (multiplex)** : **collage** de plusieurs plis de placage

(minces feuilles de bois déroulé) en croisant le sens du fil du bois :
stabilité dimensionnelle et grande résistance.



Colles utilisées :

- **Classe 1** (travaux d'intérieur, sauf charpente)
urée-formaldéhyde (UF)
 - **Classe 2** (salles de bain, cuisine)
mélamine-urée-formaldéhyde (MUF)
 - **Classe 3** (exposition aux intempéries)
résorcine (Benzene-1,3-diol)- -formaldéhyde (RF)
phénol-résorcine-formaldéhyde (RPF)
-



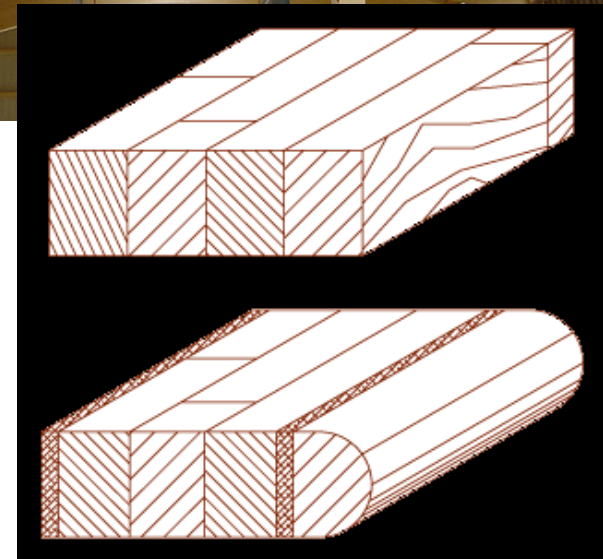
Matériaux de construction

Matériaux « naturels »

Bois : naturel?

Poutres en **lamellés-collés** : pièces massives constituées en grosses lamelles de bois **collées**

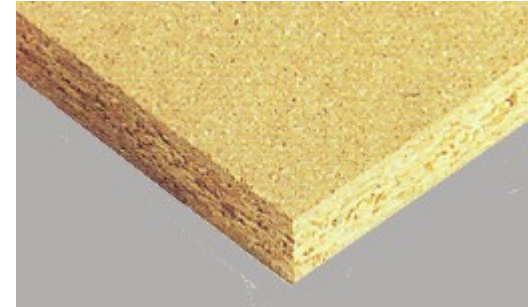
(disposées de telle manière que les fils du bois soient parallèles : fabriquer des éléments courbes)



Matériaux de construction

Matériaux « naturels »

Bois : naturel?



Panneaux de **bois aggloméré** : Bois émiété jusqu'à obtenir de petites particules (quelques mm), qui sont séchées, tamisées, **encollées** et pressées.

Densité : 200 à 300 particules par cm sur l'épaisseur

Colle utilisée :

- urée-formaldéhyde

(moins stable dans le temps et plus sensible à l'humidité que les résines phénol-formaldéhyde)

Matériaux de construction

Matériaux « naturels »

Bois : naturel?

Panneaux en **OSB (Oriented Strand Board)** :

Particules plus grosses, de 0.3 à 0.5 cm d'épaisseur, de 1 à 7 cm de largeur et 7 à 10 cm de longueur : esthétique et grande résistance



2 à 3 particules par cm sur l'épaisseur, densité : environ 600 kg/m³

- OSB1: panneau pour usage général en milieu sec,
- OSB2: panneau travaillant utilisé en milieu sec,
- OSB3: panneau travaillant utilisé en milieu humide,
- OSB4: panneau travaillant sous contrainte élevée en milieu humide.

Colles utilisées (résistantes à l'humidité) :

- phénol-formaldéhyde
 - mélamine – formaldéhyde
mais moins de colle car surface spécifique plus petite par cm³
-

Matériaux de construction

Matériaux « naturels »

Bois : naturel?

Panneaux en **MDF (Medium Density Fibreboard)** :

Panneaux de fibre de bois de densité moyenne (600 ... 800 kg/m³), par rapport aux panneaux "durs", comme Isorel ou Unalit (1000...1400 kg/m³) ou aux panneaux de densité faible, comme les bois agglomérés (150 ... 450 kg/m³).

Procédé (**humide**) :

- Matière première : copeaux mélangés à de la sciure
- Défibrage par passage entre deux disques qui séparent les fibres par cisaillement
- **Encollage par mélange de résine à la "pâte" obtenue**
- **Cire et adjuvants, pour donner un aspect lisse**
- Peut être pressé sous des formes complexes

Colle utilisée :

- urée-formaldéhyde
-



Matériaux de construction

Matériaux « naturels »

Bois : naturel?

L'Union Européenne distingue deux classes de panneaux dérivés du bois en fonction de leur teneur en formaldéhyde (norme NBN EN 120, 1992)

la classe E1 : < 8 mg de formaldéhyde par 100 g de panneau sec
→ peuvent être mis en œuvre dans les habitations

la classe E2 : entre 8 et 30 mg de formaldéhyde par 100 g
→ ne peuvent être utilisés que dans des locaux bien ventilés et non habités, comme les garages.

Limite équivalente dans l'ambiance (norme EN717) : < 0.124 mg/m³ d'air (100 ppb)

EN 13986 : 2004

Matériaux de construction

Matériaux « naturels »

Bois : naturel?

Classe E0

Panneaux dérivés du bois collés sans formaldéhyde :

le formaldéhyde est remplacé par d'autres composés synthétiques

souvent des polyuréthanes,

- qui peuvent s'avérer encore plus dangereux pour la santé
 - Diisocyanate de toluène (DTI) : allergène, cancérigène potentiel, voies respiratoires

 - la fabrication particulièrement polluante pour l'atmosphère (base d'isocyanate).
-

Matériaux de construction

Matériaux « naturels »

Bois : naturel?

Biocides

- ex: dichlofluanide (insecticide et fongicide)

irritation des muqueuses et des yeux
infections répétées
fatigue chronique

directive biocides 2007/20/EC

Vernis, etc.



Matériaux de construction

Matériaux « naturels »

Bois : naturel?

organochlorés : pratiquement tous interdits en Belgique, mais on peut retrouver des résidus dans les bois ou cuirs traités avant l'interdiction :

pentachlorophénol, lindane, dichlofluanide

organophosphorés : ex. : *dichlorvos** (C₄H₇Cl₂O₄P) insecticide, surtout pour les cultures, mais aussi pour plantes d'appartement; **cancérogène**

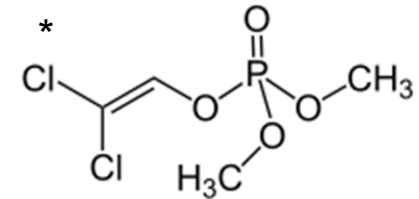
organoazotés ex. : *Triazole* (C₂H₃N₃) herbicide, parfois utilisé à l'intérieur

Insecticides à base de pyréthre naturel ou de leurs substitués synthétiques, les pyréthrinoïdes (substances d'origine naturelle (extraites de la plante *Chrysanthemum cinerifolium*))

Le pyréthre naturel remplacé par des produits de synthèse, moins nocifs :

ex. : *perméthrine* (C₂₁H₂₀Cl₂O₃) reste quand même toxique

allergies, désordres cérébraux ...



Tous les bois ne doivent pas être traités de la même manière

→ Répartition du bois en classes de risque, selon l'utilisation du bois (norme européenne EN 335 – *définition des classes de risque*) → exigences du traitement plus sévères plus le risque augmente

Classes emploi	Conditions ambiantes	Risques				Exemples typiques
		Insectes	Délavage	Pourriture	Bleu	
1	Utilisation intérieure, faible humidité ambiante	Elevé (si aubier)	Non	Non	Non	aménagement intérieur dans des locaux sans humidité excessive permanente)
2	Bois non en contact avec le sol et non exposé aux intempéries, humidité temporaire possible	Elevé (si aubier)	Non	Faible	Non	Bois de charpente, lamellé-collé à l'intérieur
3	Bois exposé aux intempéries et à la condensation, mais non en contact avec le sol	Elevé (si aubier)	Oui	Oui	Elevé	Menuiserie extérieure ou intérieure dans de mauvaises conditions hygrométriques
4	Bois en contact permanent avec le sol ou avec l'eau	Risque pour la partie aérienne (si aubier)	Elevé	Elevé	Elevé (partie aérienne)	Pieux, poteaux, lamellés-collés en contact avec le sol
5	Bois immergé dans l'eau salée	Risque pour la partie aérienne (si aubier)	Elevé	Elevé		

Sources de contaminations de l'air intérieur

Matériaux de construction

Matériaux « naturels »

Nécessité d'un traitement ?

Bois : naturel?

Pas nécessaire pour usage intérieure

Classe d'emploi	Classe de durabilité du bois (résistance aux attaques fongiques)				
	1	2	3	4	5
1					
2				Selon l'essence	Selon l'essence
3			Selon l'essence		
4		Selon l'essence			
5					

Traitement non nécessaire
 Traitement recommandé
 Traitement nécessaire

Matériaux de construction

Matériaux « naturels »

Le liège ?

Les isolants naturels ?



« Dans la liste des éco-matériaux bio-sourcés référencés, on peut supposer que les principaux risques sanitaires, proviennent des produits de **traitement** contre les rongeurs, le pourrissement..., et des **liants**.

Par conséquent, les produits qui subissent le moins de traitements chimiques et qui sont sous une forme brute (bottes de pailles, lin et chanvre en vrac, terre, copeaux de bois...) seront des produits plus sains que ceux sortant des chaînes de fabrication et subissant toute une série de traitements pour améliorer leur pérennité »

« Sources « observatoire de la qualité de l'air intérieur », légifrance, association HQE, base INIES, ADEME »

Réactivité des matériaux

Emissions secondaires

Avec l'humidité

- Laine de verre :
Dégradation microbienne : *aldéhydes*
 - Linoléum
Si lavé avec détergents trop puissants : *aldéhydes, acides carboxyliques*
 - Agent de nivellement à base de ciment Portland (avec caséine) sur sol humide :
La caséine se transforme en cadavérine à l'odeur très désagréable et NH_3
 - Retardateurs de flamme (phosphorés) : Hydrolyse
Composés halogénés : cancérigènes
 - Colle Urée-formaldéhyde : formaldéhyde
 - Vinyl : Si béton alcalin humide, dégradation des phtalates en *alcools odorants, phénol et crésol*
-
- + développement de moisissures, bactéries, mites,



Réactivité des matériaux

Chimie de surface

Le matériau est une surface sur laquelle se déposent plusieurs espèces

peut servir de **catalyseur à plusieurs transformations chimiques**

- réaction avec O_3 , NO_x , OH , SO_2 (sources : intérieures –photocopieur- et outdoor)
- lumière (UV)
- absorption-désorption de composés semi-volatils (SVOC)
 - dibutylphthalate (peinture des murs)
 - TXIB (2,2,4-triméthyl-1,3-pentadioldiisobutyrate) solvant de la fabrication du vinyl
 - PCB (peinture)

Ces SVOC se fixent sur les poussières :

Si ces poussières se trouvent sur des sources chaudes (radiateurs),
les SVOC sont réémis dans l'air et peuvent être inhalés

Sources de contaminations de l'air intérieur

L'occupant

Très variable

Difficile de généraliser sur l'importance de cette source

Combustion

CO, NO₂, SO₂,
COV (formaldéhyde, benzène, HAP...)
particules

= Composés également présents dans l'air ambiant
Niveau de fond + sources intérieures

Garage attenant à l'habitation (benzène)

Fumeurs (CO)

Poêle à bois

Bougies, bâtons d'encens (CO, COV, particules)



Sources de contaminations de l'air intérieur

L'occupant

« Produits »

journaux,
appareils électroniques,
désodorisants,
produits de nettoyage
cosmétiques
hygiènes
plantes
animaux

« Mode de vie »

Aération
Matelas

Individu
Bricolage

Purificateur d'air???

Ex étude danoise de 2006 : xylène

ordinateurs, écrans, TV, piles, encens,
papier imprimé, colliers, jouets



Les sources « extérieures »

Pollution de l'air (ventilation)

Directive 2008/50/CE "CAFE"

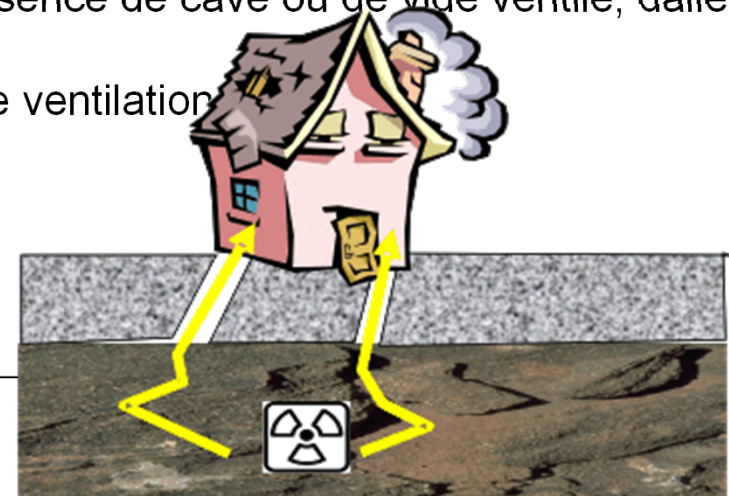
Attention : PM et ultrafine; O₃

Le radon

Conditions de pollution par le radon due au sous-sol :

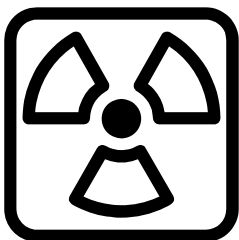
- sols « primaires », riches en uranium
- sol perméable (fractures)
- sous-sol de l'habitation peu étanche (absence de cave ou de vide ventilé, dalle présentant des fissures, ...)
- isolation thermique trop poussée, pas de ventilation

les plâtres à base de phosphogypse



Les sources « extérieures »

Le radon



Gaz radioactif issu de la désintégration de l'uranium

Uranium 238 (4,5 milliards d'années)



Radium 224 (1600 ans)



Radon 222 (3,8 jours) se désintègre rayonnement alpha

Sources :



- sol

couches « primaires », notamment dans le massif ardennais : le Dévonien Inférieur et des affleurements de roches du paléozoïque Inférieur



- matériaux de construction

- brique (47 Bq/kg)
- bloc de béton (15 Bq/kg)
- plâtre naturel (13 Bq/kg)
- phosphogypse (450 Bq/kg)

Les sources « extérieures »

Le radon

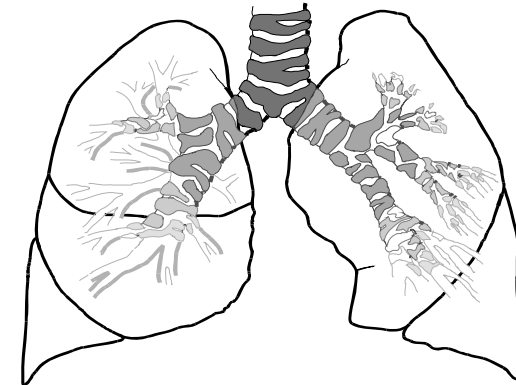
- Un rayonnement radioactif n'est dangereux qu'à une faible distance de la source :
 - α : quelques centimètres, est arrêté par une feuille de papier
 - β : une dizaine de mètres, est arrêté par une feuille métallique
 - γ : quelques dizaines de mètres, est arrêté par un mur de béton
 - Problème de la radioactivité : poussières (Tchernobyl) ou gaz (Radon)
 - Le radon n'est pas dangereux par lui-même :
 - 1 seul atome sur 100 000 se désintègre pendant le passage dans les poumons.
 - temps de vie t assez court (3,8 jours).
 - **Mais le radon donne naissance à des éléments solides (Polonium, Plomb, ...) se déposent dans les voies respiratoires**
-

Les sources « extérieures »

Le radon

Effet sur la santé :

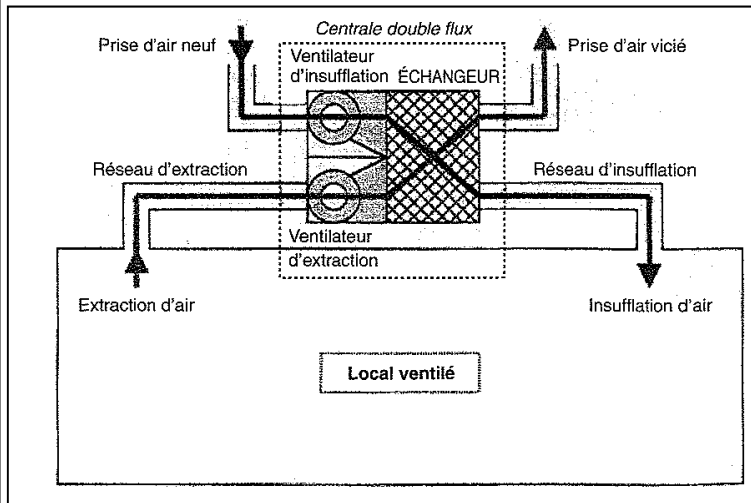
- Le risque de développer un cancer du poumon :
augmente avec la dose et la durée d'exposition
- L'exposition pendant toute une vie à 100 Bq/m^3 :
risque de décès par cancer broncho-pulmonaire de 1 %



Valeurs-guides :

- s'inquiéter à partir de 400 Bq/m^3 (on estime que les matériaux, dans une maison normale sont responsables de 20 Bq/m^3)
 - moyenne wallonne : 80 Bq/m^3
 - mesures jusqu'à $19\ 000 \text{ Bq/m}^3$ dans la province de Luxembourg (Bertrix) !!!
-

Systèmes de ventilation (HVAC)



Projet européen HOPE : 160 bâtiments résidentiels et administratifs

SBS plus élevés dans bâtiments à ventilation mécanique que ventilation naturelle (fenêtres ouvertes)

Le projet AIRLESS : Bâtiments basse énergie sont également sains

SI et seulement SI entretien de la ventilation mécanique et adaptation de la ventilation

HOPE : Health Optimisation Protocol for Energy-efficient buildings

AIRLESS : Programme européen visant à trouver les sources de pollution dans les installations de ventilation mécanique

Sources de contaminations de l'air intérieur



D'après OQAI
(observatoire de la qualité de l'air intérieur –France-)

- NO₂
- CO
- Benzene
- COV totaux
- Formaldéhyde
- PM 2.5 PM 10
- Radon

Avant d'utiliser ce protocole,
vérifier les installations de ventilation des bâtiments

**Bonne qualité d'air =
système de ventilation performant + suivi régulier et entretien parfait**

Systèmes de ventilation (HVAC)

Entrée d'air extérieur (PM, bioaérosols, NOx, O3)

- *Naturellement* : Totalité composants outdoor
- *Mécaniquement* : en principe réduction mais filtration/traitement???
réduction de certains composés mais pas NOx et O3
(25 à 60% de l'O3 inhalé viendrait de l'air intérieur)

Humidification : autres composés

Moisissures et MVOC

Conduits

Différence de pression : crée chemins particuliers aux polluants

« Open space » →→ cloisons : ventilation n'est plus adaptée



Système de traitement d'air

Sources de contaminations de l'air intérieur

Systèmes de ventilation



Prise d'air

- + Caissons de pulsion
- + **Conduits aérauliques**
- + Refroidissement
- + Chauffage



Humidificateur



Filtre



Exophiala jeanselmei



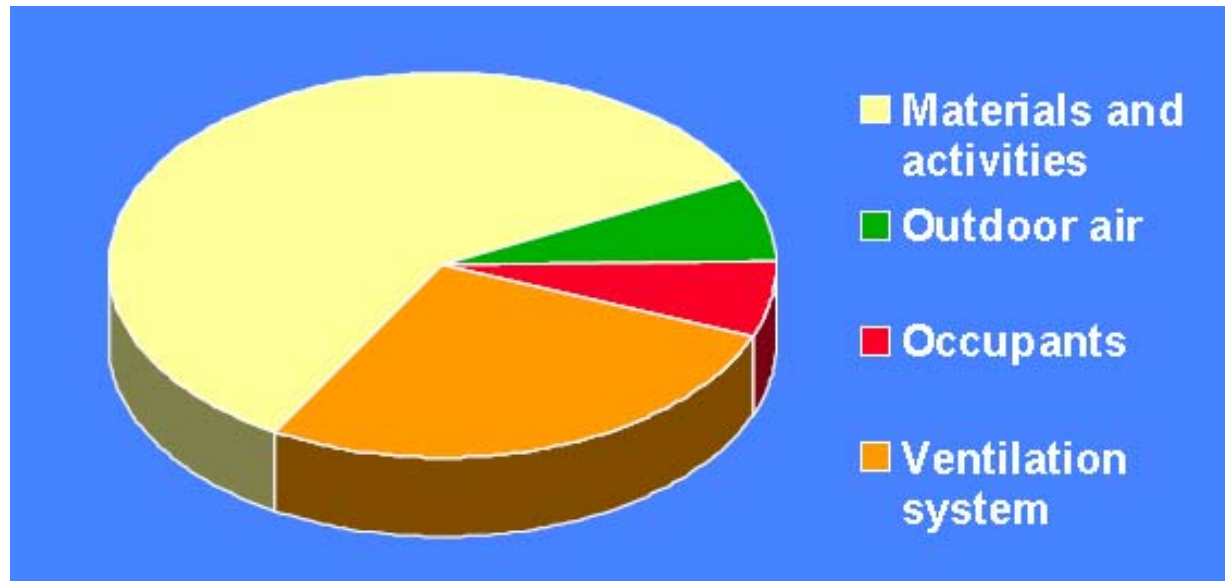
Sources de contaminations de l'air intérieur

Systèmes de ventilation (HVAC)

European Audit Project to Optimise Indoor Air Quality and Energy consumption in Office Buildings



Sensory pollution load- perceived air quality **Bureau**



Systèmes de ventilation (HVAC)

Taux de ventilation?

- Calculé sur base de l'occupation : humidité et éventuellement CO₂ **NBN EN 15251**
- Optimiser l'énergie au détriment de la santé
(en moyenne 10% énergie pour la ventilation)
- Pas de consensus sur le taux de ventilation (3,6m³/h/personne, 15, **30**...ou 90!)
- Plusieurs études européennes dont Healtvent, Airless
- Études montrent qu'une augmentation de la ventilation de 10-17 l/s (**36m³/hp-61**) par personne à 25 (90 m³/hp) améliore le confort, les performances, la santé des occupants
- Les standards « ventilation » : considération d'ingénierie (EN **13779- 2007** « non résidentiel buildings), d'énergie (EN **15251- 2007**, USA ASHRAE)
- Pas d'harmonisation règles de maintenance

Performance énergétique = Bonne qualité d'air intérieur?

Systèmes de ventilation (HVAC)

Taux de ventilation?

Source : Healthvent final presentation Février 2013

<http://www.healthvent.byg.dtu.dk/PUBLICATIONS/Conference-Papers>

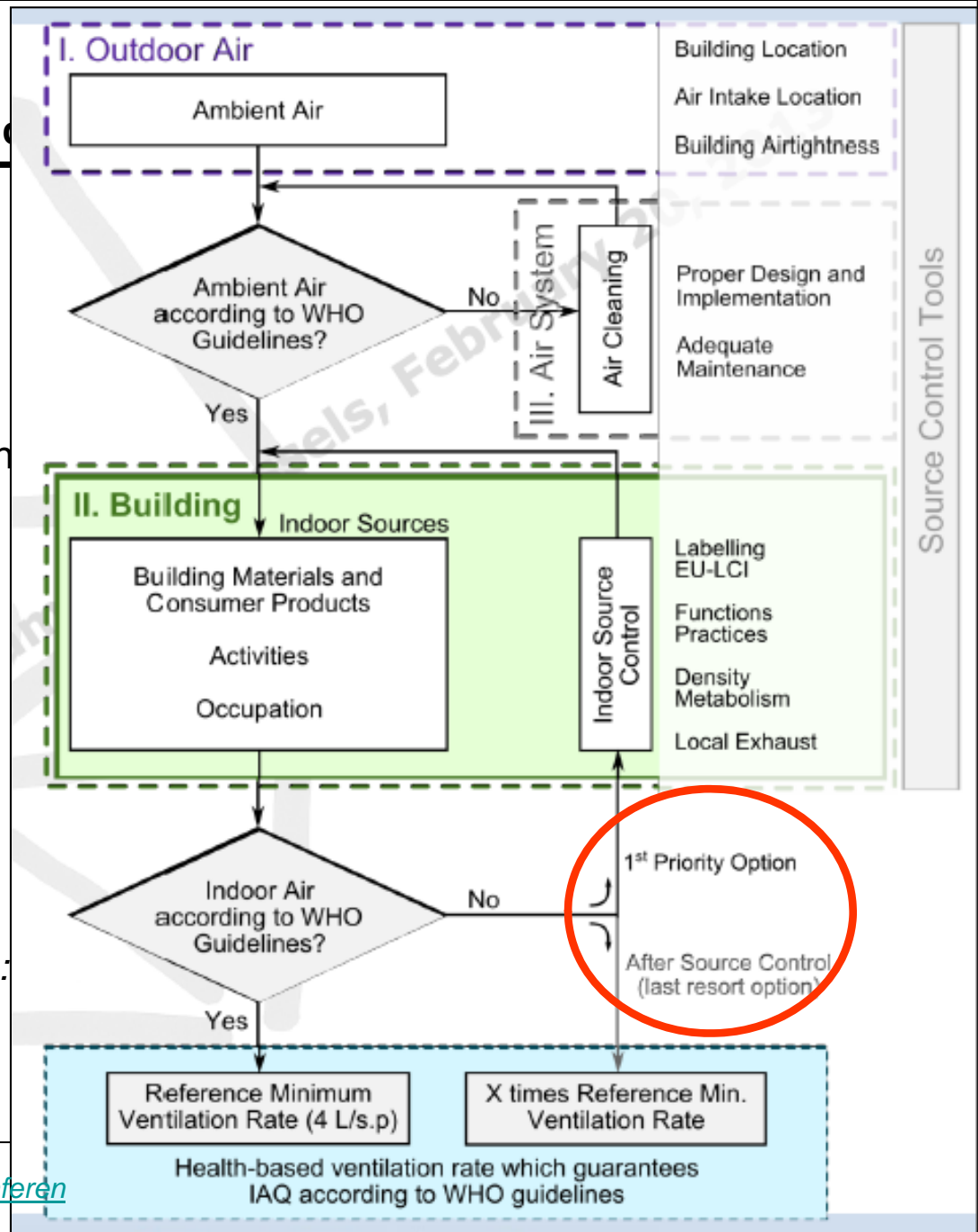
- “- Ventilation rates based on sensory comfort (different classes of comfort),
not based on health criteria*
- Requirements are defined for different classes of building users (visitors and occupants) and modified based on the strength of pollution sources (classes of building materials)*
 - Ventilation rates not defined on target values for exposures*
 - There are no (formal) requirements for air used for ventilation
(ambient air assumed to be clean) and
for compliance with the requirements in the standard”*
-

Sources

“This diagram allows to
 - identify opportunities for source control
 - establish if and how the health
 Based ventilation rate”

“Reference Minimum Ventilation Rate” :
4 L/s per person
(15m³/hp/0.6 h⁻¹)

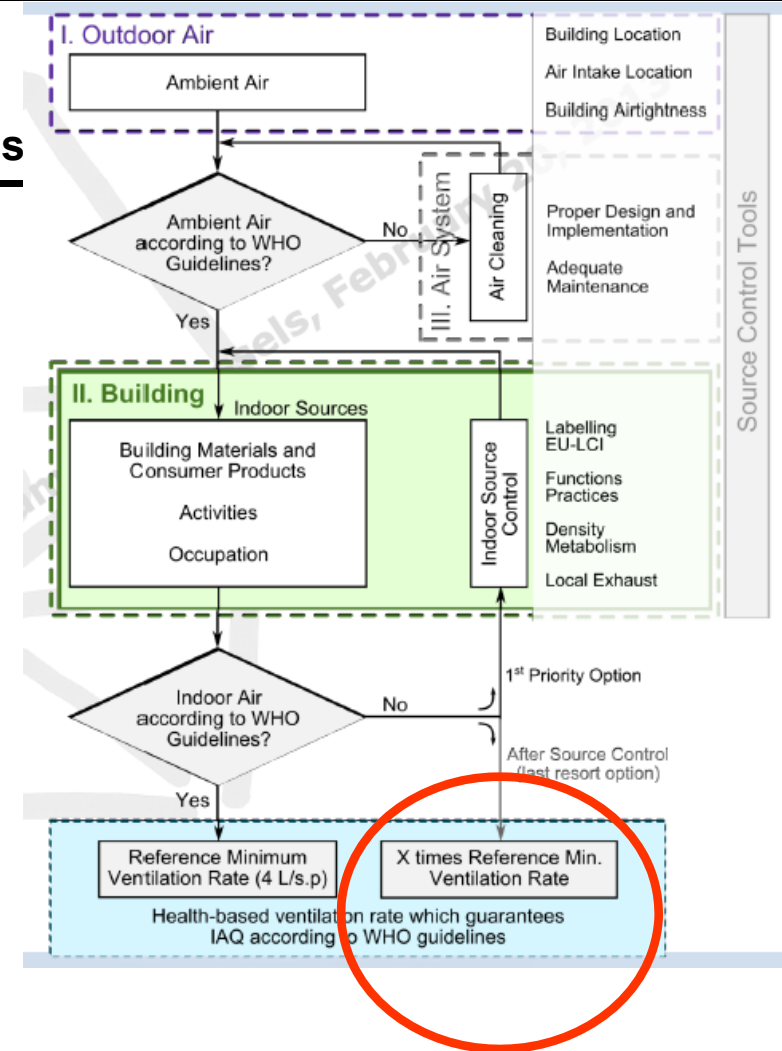
Source : Heathvent final presentation Février 2013
<http://www.healthvent.byg.dtu.dk/PUBLICATIONS/Conference-Papers/>



Sources de contaminations

4 L/s per person :

- CO2 : souvent suffisant (si on ne considère que le CO2 1000 ppm)
- Humidité
- Saison chaude si on considère les moisissures et les poussières
- Air extérieur humide : augmenter la ventilation souvent inefficace



4 L/S PER PERSON X COEFFICIENT FONCTION DE L'IAQ

Taux de ventilation?

4 L/s per person = 15m³/h/pers

l/s	m ³ /h.p	/h (25m ³ /pers
1	3,6	0,1
4	15	0,6
8	30	1,2
25	90	3,6

2- Différentes catégories de polluants

Chimiques (particules, COV's,...)

Physiques (radon, OEM,...)

Biologiques (acariens, moisissures, plantes,...)

Différentes catégories de polluants

Polluants chimiques

COV's

Irritations de la peau, des muqueuses et du système pulmonaire, nausées, maux de tête et vomissements.

Ethers de glycol (peinture à base d'eau, produits de nettoyage,...)

→ irritations, suspectés d'atteintes de la reproduction

Retardateurs de flamme (plastiques, mousses, résines, textiles et autres matériaux synthétiques : appareils électriques et électroniques, véhicules, systèmes d'éclairage, tapis, tentures de douches)

diphényléthers polybromés (PBDE), hexabromocyclododécane (HBCD), bisphénols bromés (TBBP-A) et phosphorés

→ troubles du développement du système nerveux ?,
perturbation du système endocrinien ?



Biocides (mobilier traités) Pentachlorophénol

Risque si exposition à long terme même à faibles concentrations
cancer, effets sur le système hormonal

Polluants chimiques

CO

- Caractéristiques :
 - combustion incomplète
 - gaz inodore
 - entre en compétition avec l'oxygène dans l'hémoglobine
Conséquence : intoxication grave, asphyxie, mort
- Sources
 - la pièce où se situe le chauffage
 - et surtout dans la salle de bain (chauffe-eau au gaz)
 - Poêle à bois,...
- Recommandations
 - bonne cheminée (en avoir une et un bon tirage)
 - entretenir l'installation de chauffage
 - **ne pas faire tourner le moteur de la voiture (tondeuse, tronçonneuse,...) dans un espace fermé**
 - éviter de fumer dans un local trop petit



VGAI (AFSSET, 2007)

10 mg·m⁻³ (8 h)

30 mg·m⁻³ (1 h)

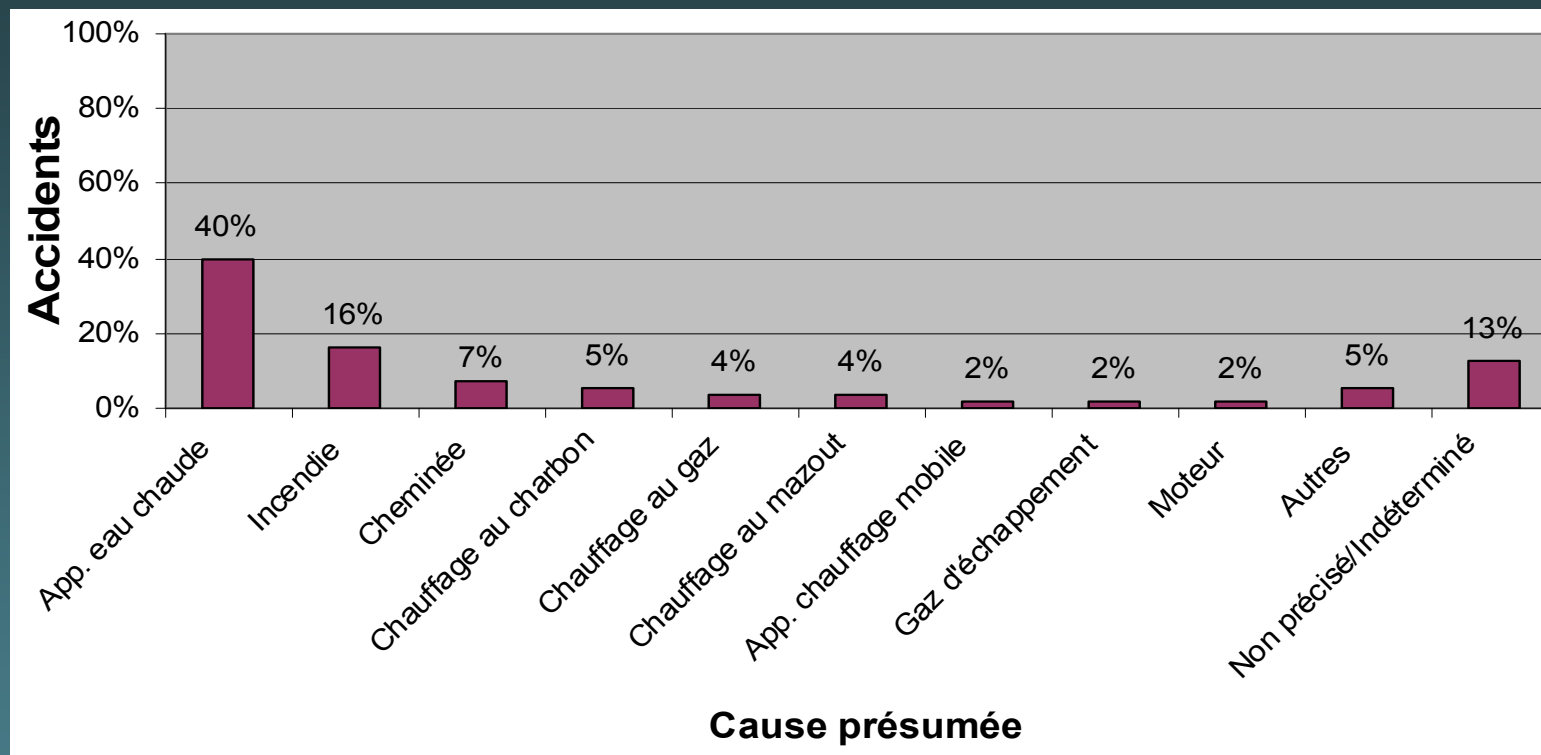
60 mg·m⁻³ (30 min)

100 mg·m⁻³ (15 min)



Province de
Luxembourg

Intoxications au CO par cause présumée en province de Luxembourg



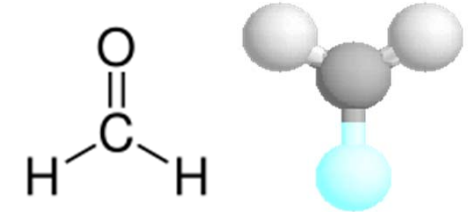
En 2011 : 1003 victimes et 32 décès en Belgique

14 victimes, 0 décès en province de Luxembourg

Polluants chimiques

HCOH (formaldéhyde)

Formaldéhyde (méthanal, aldéhyde formique, en solution dans l'eau, c'est le formol)



- Gaz incolore et inflammable, odeur piquante, très pénétrante
- Sources (intérieures)
 - **résines, colles et adhésifs –contreplaqué-, fumée de cigarette, poêle, bougies,...**
 - **mousses isolantes**
*dans la production de polymères, car il polymérise dans l'eau.
Combiné au phénol, à l'urée ou à la mélanine, il forme une résine thermo-durcissante : colles permanentes et mousses synthétiques.*
- **désinfectant**
- Effets santé
 - Allergie, asthme
 - Irritation des muqueuses, sensibilisation : yeux et du nez
 - Symptômes généraux : maux de tête, fatigue
 - Effets sur système nerveux: troubles de concentration, pertes de mémoire
 - Effet cancérigène : tumeurs naso-pharyngées

Valeurs guides habituelles : 100µg/m³ voire 30µg/m³

Différentes catégories de polluants

Polluants chimiques

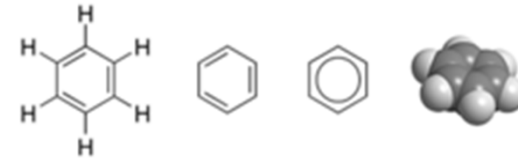
C6H6 Benzene

- Sources

- **Fumée de cigarette,**
- **Air ambiant**
- **Essence**
- **encens**
- **Matériaux**
- **Produits ménagers**

- Effets santé : cancérigène

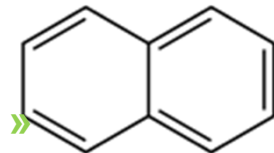
Valeurs guides habituelles (air ambiant) : 5 µg/m³ - moyenne annuelle voire 0 (souvent dépassée!)



Naphtalène (un composé de la famille des HAP- hydrocarbures aromatiques polycycliques)

- **Air ambiant**
- **Anti-mite**

Mais aussi : dans la fabrication des phthalates, peintures, insecticides, « cuir »



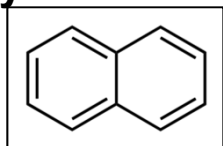
- Effets santé : cancérigène potentiel

Valeurs guides habituelles : 10 µg/m³ (souvent dépassée!)

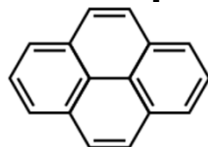
VGAI (AFSSET : long terme >1 an) : 10 µg/m³

Polluants chimiques

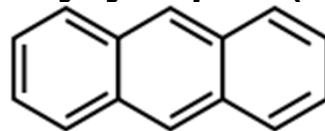
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)



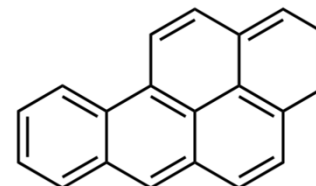
Naphtalène



pyrène



Anthracène



Benzo(a)pyrène le + toxique

Source

Essentiellement : combustion incomplète de matière contenant des cyclohydrocarbures : bois, d'huiles (à haute T et sans O₂)

Fumées de cigarette, colles "goudron", cokerie, transport, barbecue, feu de forêts

Effets sur la santé

US. EPA : 32 HAP prioritaires (Carcinogenic, mutagenic, teratogenic properties)

Les plus lourds sont les + toxiques : peuvent être inhalés via adsorption sur particules

Valeur-guide pour le benzopyrène : 1 ng/m³

Etude canadienne (à l'extérieur) : environ 40 ng/m³ pour les HAP globaux

Polluants chimiques

PM (« particulate matter »)

Poussières < 10 μm (PM10) et 2.5 μm (PM2.5)

- Les particules fines (< 10 μm) pénètrent facilement dans les poumons, on les appellent les particules "**inhalables**".
- Les particules très fines (< 2.5 μm) sont dites "**respirables**" car elles pénètrent profondément dans l'appareil respiratoire où elles peuvent provoquer une inflammation et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble.
- Les particules **ultrafines** sont suspectées de provoquer des effets cardiovasculaires.

PM10 : Année civile 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Moyenne journalière > 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$: 35 occurrences permises

PM2.5 : Année civile 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

10 à 20% de plus à proximité des habitations chauffées au bois par rapport à l'atmosphère d'un trafic "ordinaire".

Polluants chimiques

Projet européen INDEX (2005)

“Scope of INDEX was to identify priorities and to assess the needs for a Community strategy and action plan in the area of indoor air pollution by

- setting up a list of compounds to be regulated in indoor environments with priority on the basis of health impact criteria
- providing suggestions and recommendations on potential exposure limits for these compounds
- providing information on links with existing knowledge, ongoing studies, legislation etc. at world scale.

Liste des composés chimiques prioritaires (relation danger-émissions de matériaux) :

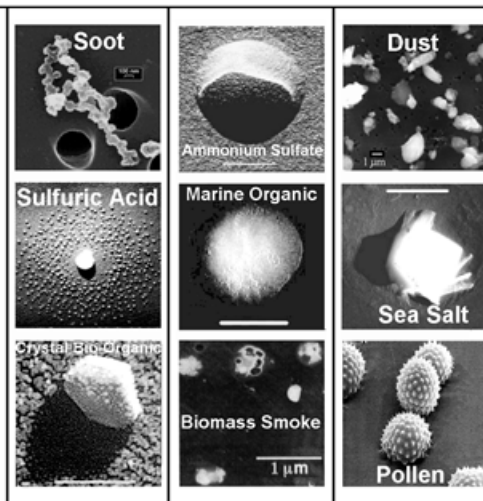
Prioritaires : HCOH, Benzene, Naphtalène,

Secondaires : Acétaldéhyde, opm Xylène, Toluène, Styrene

A examiner : NH₃, d-limonene, α-pinene

Polluants chimiques

Les matières particulaires intérieures sont un mélange de substances telles que :



- le carbone (la suie) émis par des sources de combustion;
 - les fines particules liquides ou solides en aérosol;
 - les spores fongiques;
 - le pollen;
 - une toxine présente dans les bactéries (endotoxine)
-

Polluants chimiques

Sels de CCA

- sels de chrome, de cuivre ou d'arsenic (CCA) ou sels de chrome, de cuivre et de bore (CCB)
- malgré la toxicité des composés, si le produit est bien fixé dans le bois, le produit, le matériau il y a assez peu de risques
- directive européenne 2003 : limitation du traitement CCA pour usages "domestiques" mais il reste en circulation beaucoup de matériau traité + importation venant de pays où le CCA est moins réglementé



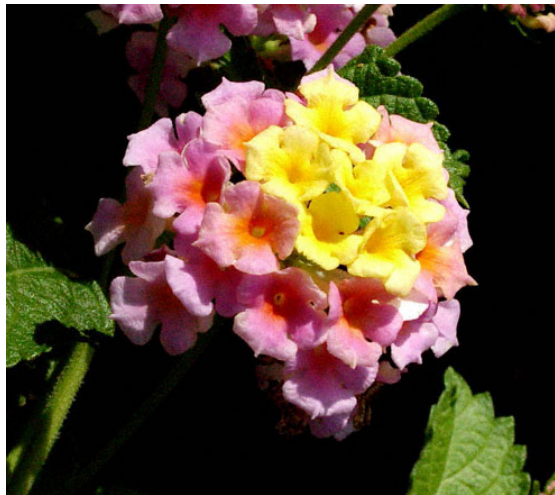
Cuivre : dermatites d'irritation, fièvre, vomissements, atteinte cytolytique hépatique

Chrome : lésions cutanées, irritation respiratoire

Arsenic : lésions cutanées, conjonctivite, troubles digestifs, neuropathie périphérique, troubles mentaux organiques, hyperpigmentation, cancers de la peau

Différentes catégories de polluants

Polluants chimiques



Polluants physiques

Radiations non ionisantes

Rappel : Champ *électrique*

Dû à la présence d'une *tension* (« voltage », en Volts) continue ou alternative
Généré par la *présence (statique)* de charges électriques.

volts par mètre (V/m)

= force exercée sur une charge



Cancérogène????

Sources :

Lignes électriques à haute tension, appareils électriques, distribution de l'électricité dans la maison.

- Présent même si l'appareil n'est pas en marche (mais est « sous tension »).
 - Arrêté par des écrans simples (parois, structure du bâtiment, cage de Faraday simple).
 - Dans une maison : surtout à basse fréquence (50 Hz du secteur) .
-

Polluants physiques

Radiations non ionisantes

Rappel : Champ *magnétique*

Dû à la présence d'un *courant* (en Ampères) continu ou alternatif (excepté aimant permanent ou champ magnétique terrestre).

Généré par le *mouvement* des charges électriques.

Teslas (souvent microTeslas) (μT)

= déviation du mouvement d'une charge

Potentiellement Cancérigène

Sources :

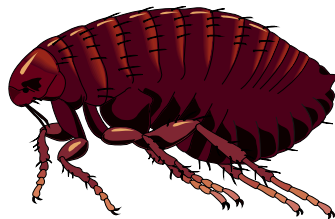
Lignes électriques à haute tension, appareils électriques en fonctionnement, distribution de l'électricité dans la maison.

- Présent uniquement si l'appareil est en marche (consomme du courant).
 - N'est arrêté que par des matériaux à grande perméabilité magnétique, notamment à base de nickel
-

Polluants biologiques

Bioaérosols

- Particules produites par les êtres vivants
 - bactéries
 - moisissures (avec leurs toxines)
 - déjections et débris d'insectes (acariens, mite)
 - poils et excréments d'animaux
 - desquamations humaines
 - pollens
 - ...



Polluants biologiques

Moisissures les plus dangereuses de l'habitat

- *Stachybotrys chartarum*



- *Aspergillus fumigatus* et *Aspergillus versicolor* (plafonds)
- *Penicillium viridicatum*, *Penicillium chrysogenum*
- *Cladosporium herbarum*, *Cladosporium sphaerospermum* (spots blancs)

Différentes catégories de polluants

Polluants biologiques

Conditions nécessaires pour la croissance des moisissures

un substrat (sucres, amidons, protéines, cellulose)

→ bois, colle de papier peint, carton, papier

une température optimale entre 5 et 25°C

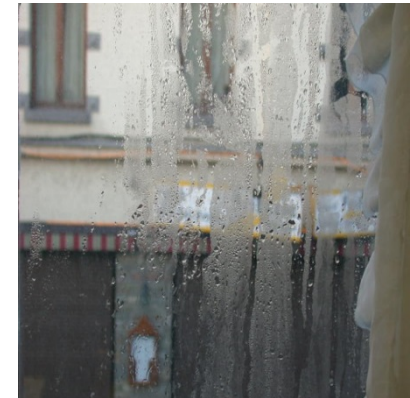
→ rarement dans les endroits très frais

une humidité du substrat > 19% ou une humidité relative de l'air > 80%

→ témoin d'un problème d'humidité !!!

souvent une obscurité relative

→ regarder les endroits peu éclairés

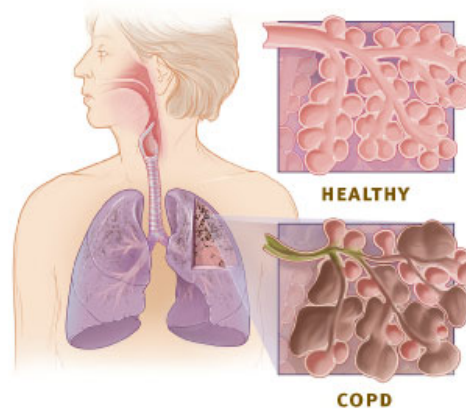


Impacts sur la santé

- ! **Pathologies respiratoires chroniques** : toux, rhinites, pharyngites, sinusites, bronchites
 - ! **Asthme et allergies** (origine biologique : acariens, poils de chats, salive, ...), y compris allergies cutanées (eczéma, prurigo,...)
 - ! **Gêne, inconfort** : irritation des yeux, du nez, de la gorge, odeur, ...
 - ! **Fatigue, douleurs musculaires, insomnie, migraines, dépression**
 - ! **Intoxication** : danger grave à très court terme (CO et infections du type légionellose, aspergillose, ...)
 - ! **Cancers**, surtout des voies respiratoires, leucémies
 - ! **Altération du système immunitaire**
 - ! **« Sick Building syndrome (SBS) »**
-

Impacts sur la santé

1. Irritations des voies respiratoires(muqueuses) et de la peau – PM, HCOH, Moisissure
2. Intoxications – CO
3. Pathologies respiratoires
asthme -combustion, produits chimiques-parfums, acariens-
et BPCO (broncho-pneumopathie chronique obstructive : obstruction progressive non réversible des voies aériennes) – Combustibles, particules, tabac



4. Allergies : allergènes pollens, acariens, fucus, moisissures
-

5. Infections respiratoires (bronchites, pneumonies, otites, angines, légionellose aspergillose - moisissures, COV, Nox, Tabac

 5. Maladies cardiovasculaires hypertension artérielle, insuffisance cardiaque, insuffisance coronarienne (angine de poitrine), infarctus du myocarde, arythmies cardiaques, accident vasculaire cérébral –PM, COV, Nox

 5. Cancers (poumons, leucémies, tumeurs cérébrales)

 6. Troubles du système nerveux-OEM, Pb, solvants chlorés, pesticide

 7. Perturbation endocrinienne modification hormonales
phthalates, retardateurs de flamme bromés
-

Liste des symptômes du syndrome du bâtiment malsain

Symptômes les plus fréquents

Yeux secs, irrités, qui picotent
Nez bouché, respiration par le nez difficile
Gorge sèche ou irritée
Mal à la tête
Peau sèche
Apathie, fatigue

Autres symptômes observés

Yeux larmoyants
Nez qui coule, usage fréquent du mouchoir
Poitrine oppressée, difficulté à respirer
Symptômes de grippe
Peau irritée, éruptions

Symptômes disparaissent quand hors du bâtiment

Diagnostic complexe :

- Symptômes courants, pouvant être dus à des causes très diverses
- Réactions très diverses d'un individu à l'autre
- Synergie avec d'autres polluants
- Sensibilité particulière (immunodépressifs, personnes âgées, nourrissons, ...)
- Polluants en mélange : effets différents (additifs, synergiques, amplificateurs, multiplicateurs, antagonistes)

Prudence dans le diagnostic :
ne pas établir immédiatement une relation de cause à effet

•Toxicologie

science qui étudie
la nature, les effets et la détection des toxiques dans les organismes vivants

•Epidémiologie

science qui étudie,
au sein des populations, la fréquence et la répartition des problèmes de santé
dans le temps et dans l'espace, ainsi que le rôle des facteurs qui les déterminent

- Effet local : au point de contact
 - Effet systémique : pénétration dans l'organisme
-

Toxicologie

- Permet de conclure à l'existence d'une relation causale
- Un polluant étudié à la fois
- Difficultés d'extrapoler les résultats à l'homme
- Difficultés de reproduire des conditions d'exposition identiques à celles rencontrées dans la population

Epidémiologie

- Analyse les problèmes de santé en fonction de l'exposition au facteur étudié ou inverse
 - Difficultés de trouver les sujets non exposés
 - Pas de conclusion concernant une relation causale (études d'observation)
 - Problèmes éthiques (études expérimentales)
-

Impacts sur la santé

	Dose	Durée	Circonstances
Toxicité aiguë	une fois	24h – 14j	accident
Toxicité subaiguë	plusieurs fois	< 1 mois	profession
Toxicité subchronique	plusieurs fois	< 10% ES*	profession
Toxicité chronique	plusieurs fois	> 10% ES*	environnement

* ES = espérance de vie

Impacts sur la santé

Classification CIRC (IARC)	Définition pour l'homme	Union européenne
1	Cancérogène certain (Benzene, HCOH, HAP...)	1A relation cause à effet établie
2a	Probablement cancérogène (Trichloroéthylène, HAP,...)	1B substances assimilées à des cancérogènes pour l'homme (forte présomption)
2b	Potentiellement cancérogène (Naphtalène, Styrène,...)	2 substances préoccupantes en raison d'effets cancérogènes possibles
3	Pas assez de données...inclassables (Limonène, Toluène, « glycols », Phthalates...)	
4	probablement non cancérogène pour l'homme	

Les SAMI : le Samilux

- Collaboration avec les médecins pour établir un lien éventuel entre un problème de santé et la présence de polluants dans l'habitation
- Recherche de polluants et de leur source à l'intérieur des bâtiments
- Conseils pour améliorer la qualité de l'air

FORMULAIRE

- composition du ménage et problèmes de santé
- habitation
- environnement immédiat

VISITE DE LA MAISON

Mesures sur place (appareils portables)

Prélèvements d'échantillons (analyses en laboratoire)

Belgique : Région wallonne

Les SAMI : le Samilux

Après la visite : Rapport envoyé au médecin

description de l'habitation

résultats d'analyses

recommandations

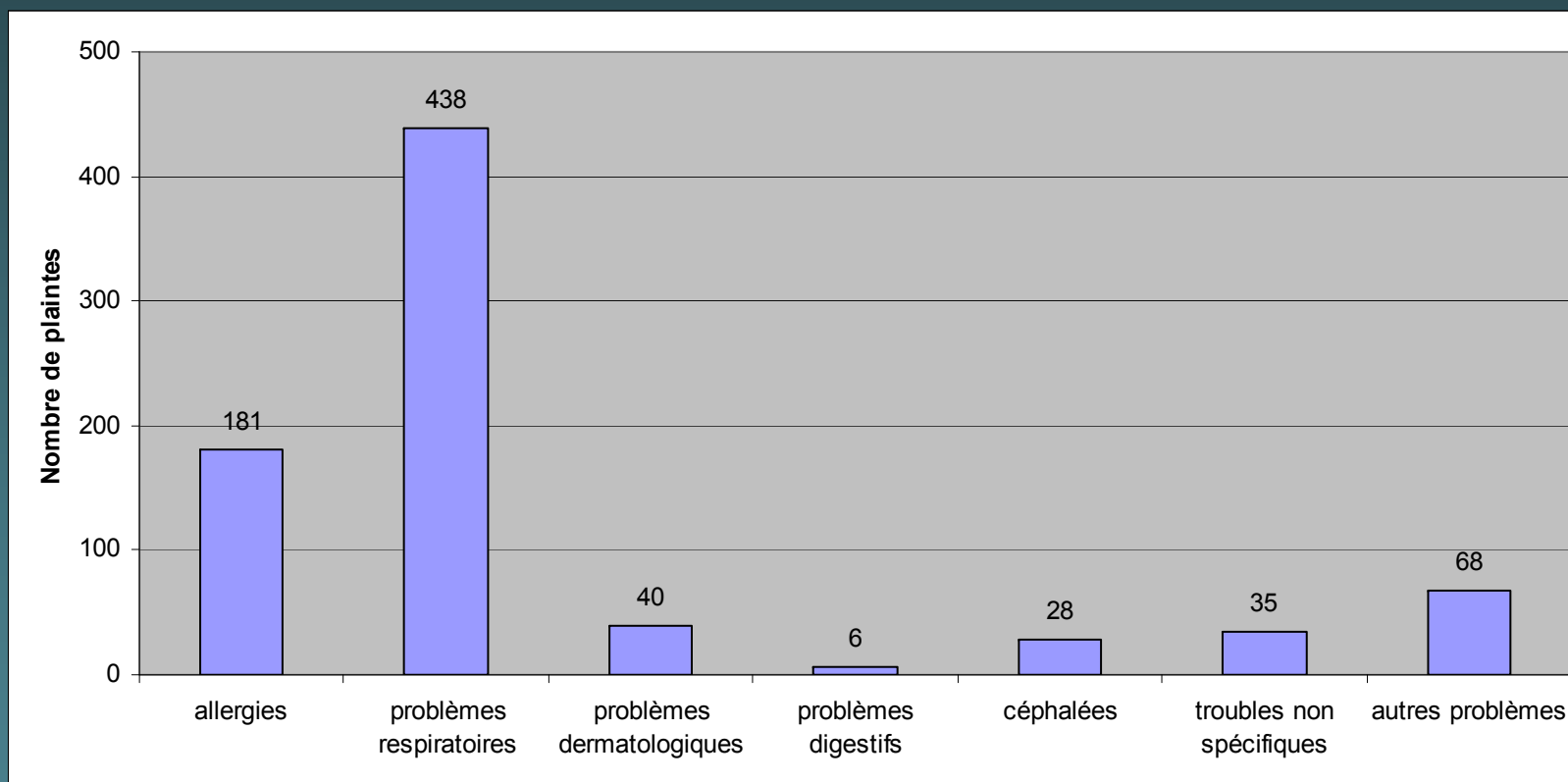
Contact téléphonique quand les résultats d'analyses inquiétants



Province de
Luxembourg

Bilan 10 ans (1993-2013)

Symptômes motivant la demande

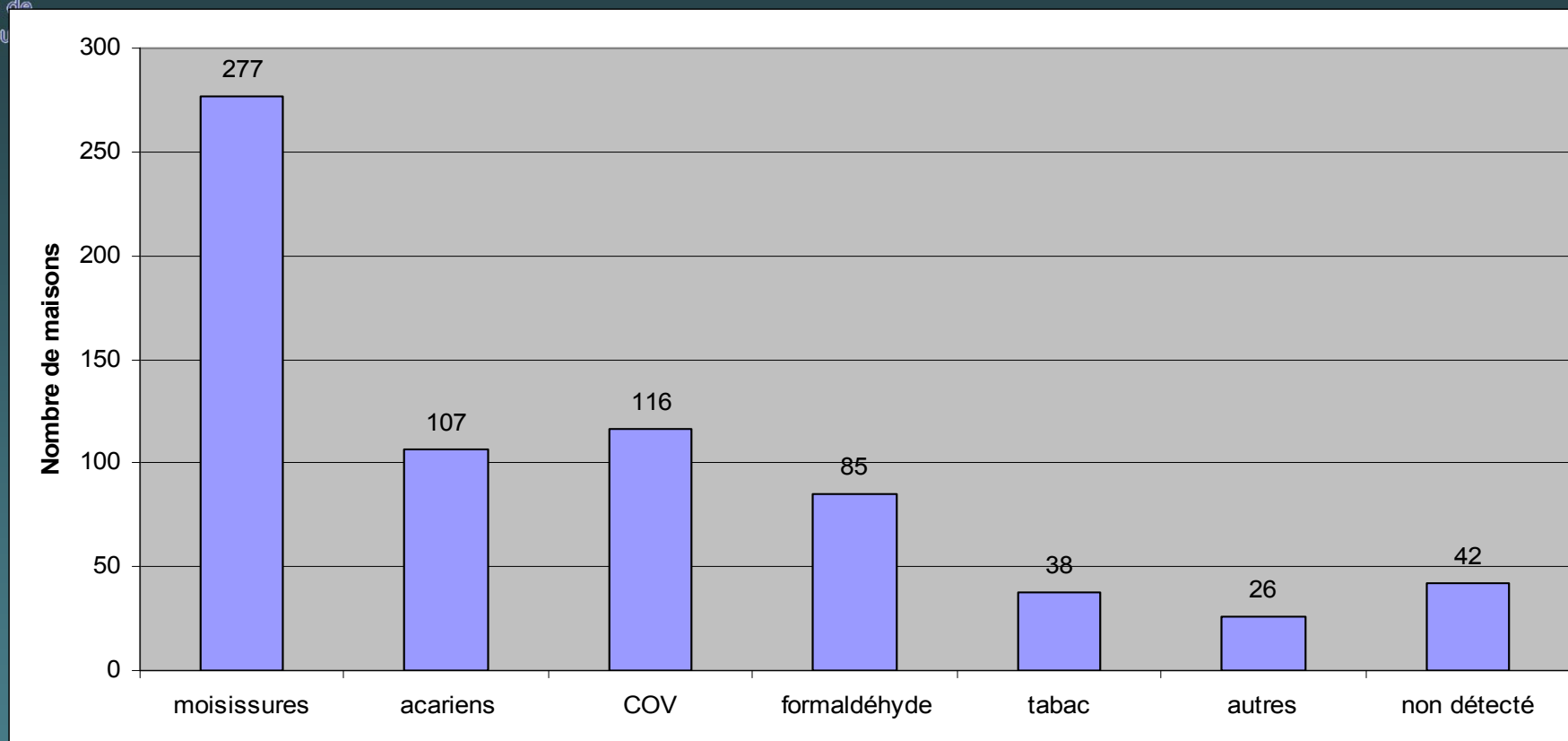


Autres problèmes : cancer du poumon, myélome, douleurs articulaires, saignements du nez, perte goût et odorat, odeur de gaz, acouphènes,...



Province de
Luxembourg

Polluants

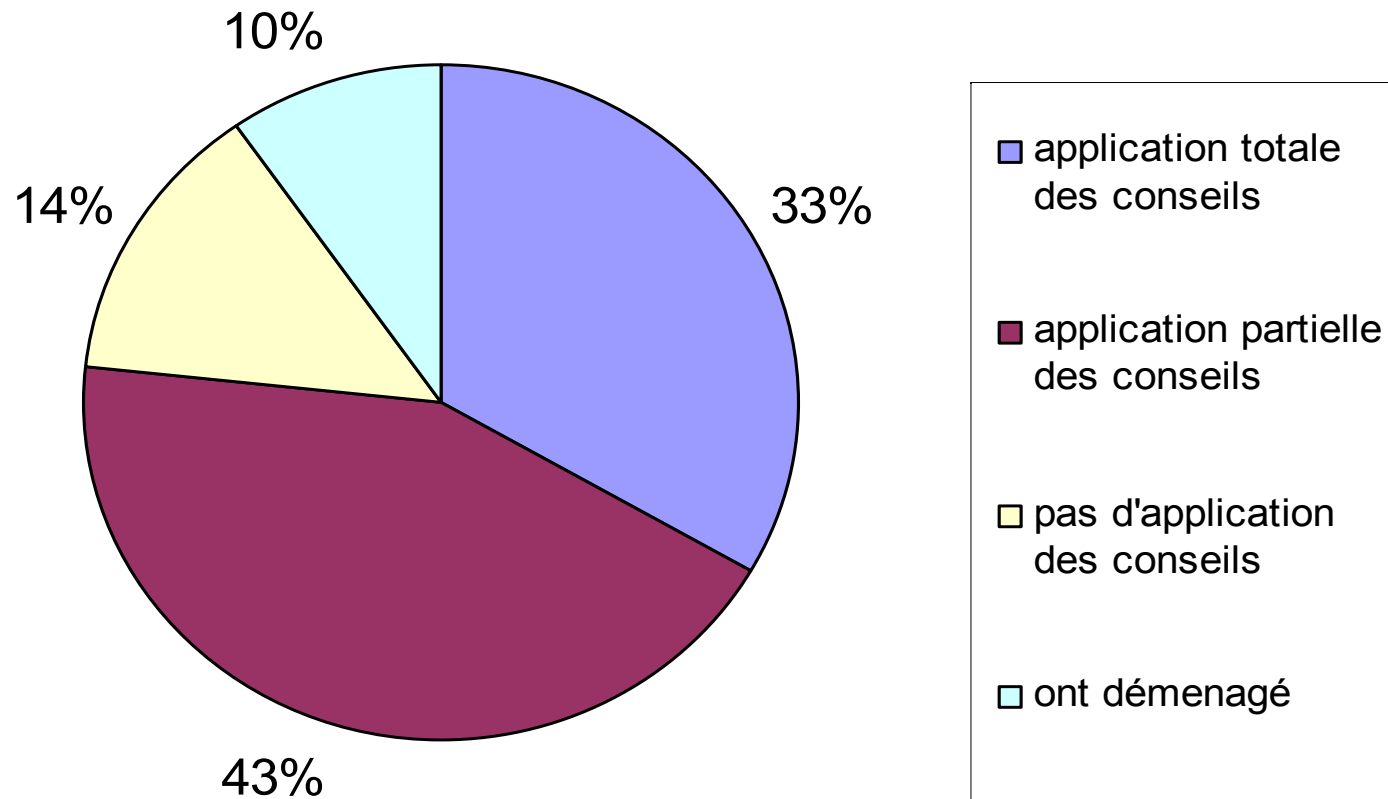


Autres polluants : fibres minérales d'isolation, amiante, poussières et particules, animaux



Province de
Luxembourg

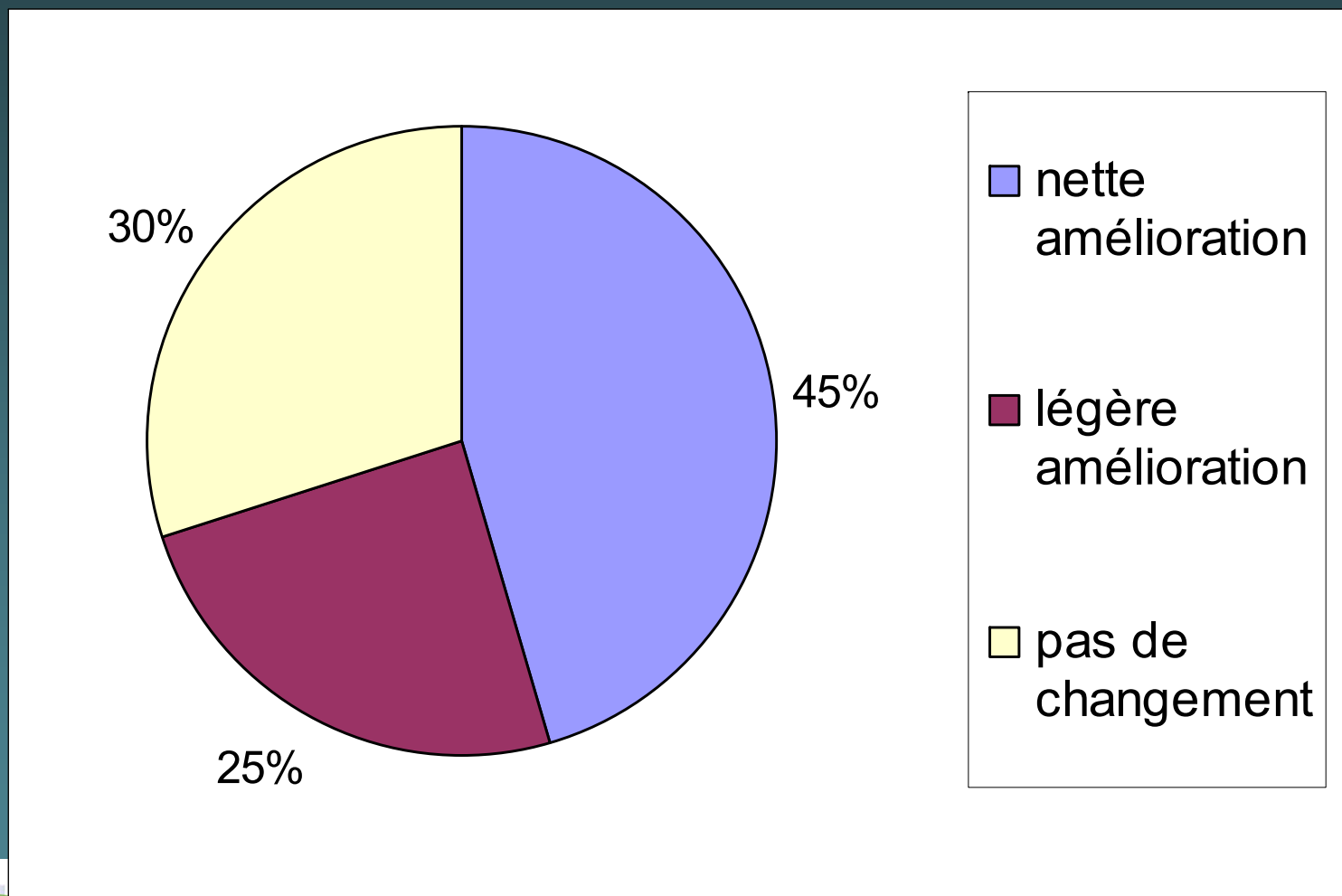
Application conseils





Province de
Luxembourg

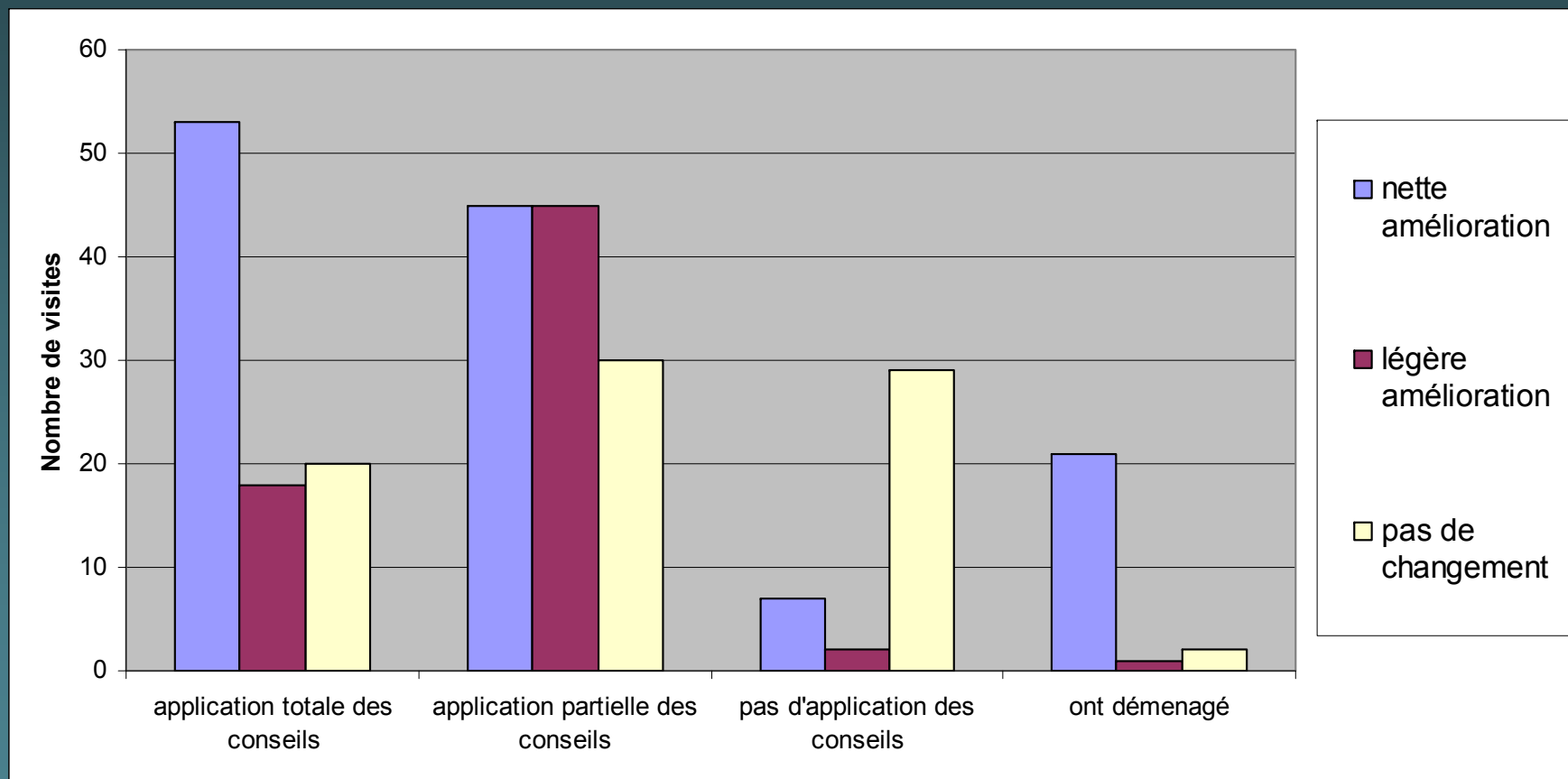
Evolution de la santé

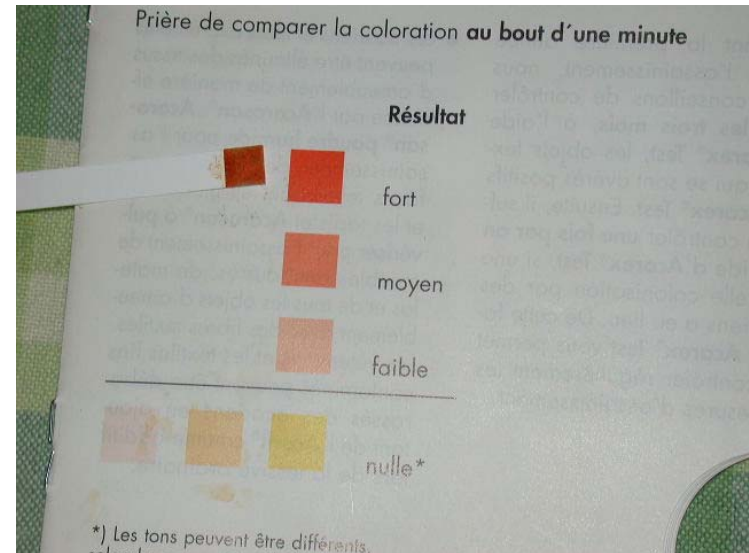
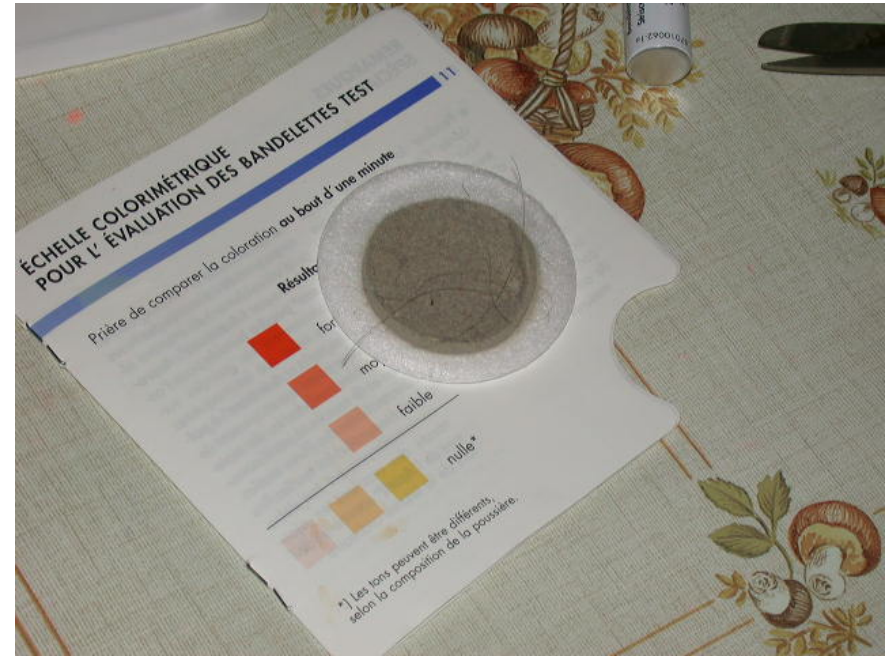




Province de
Luxembourg

Bilan suivi : 281 contacts suivi





Université
de Liège



Illustrations

Luxembourg

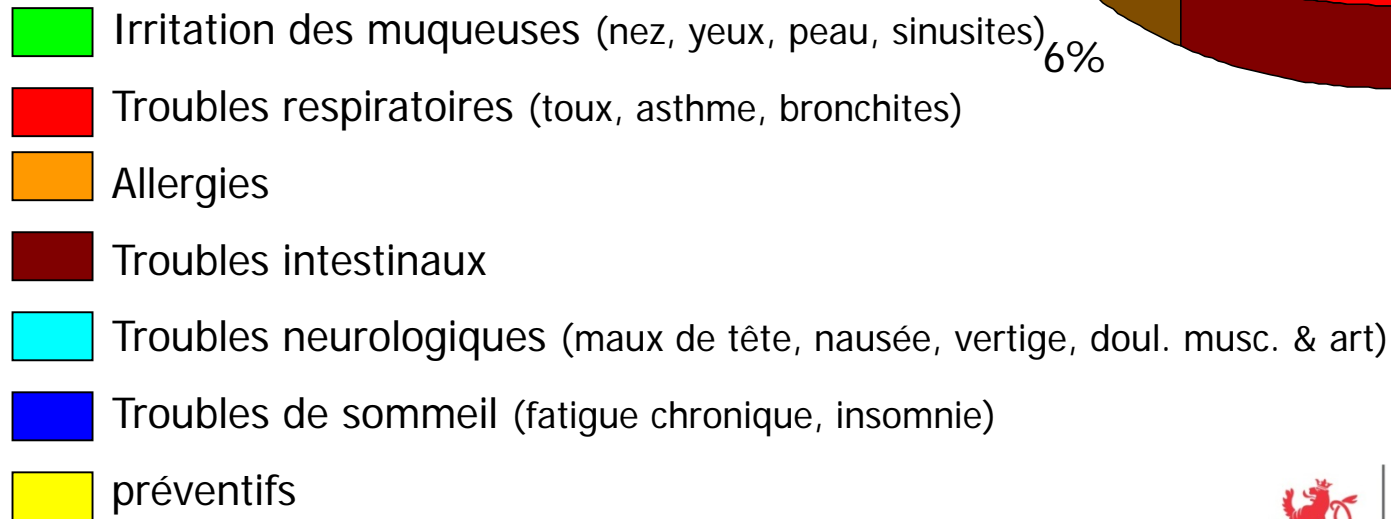
Division de la Santé au Travail Divion de l'inspection sanitaire (Ralph Baden)

Service de la médecine de l'environnement (Dr J. Wampach)

... SANTE

Demandes 2004-2007

- 2178 habitations
- symptômes de 724 patients



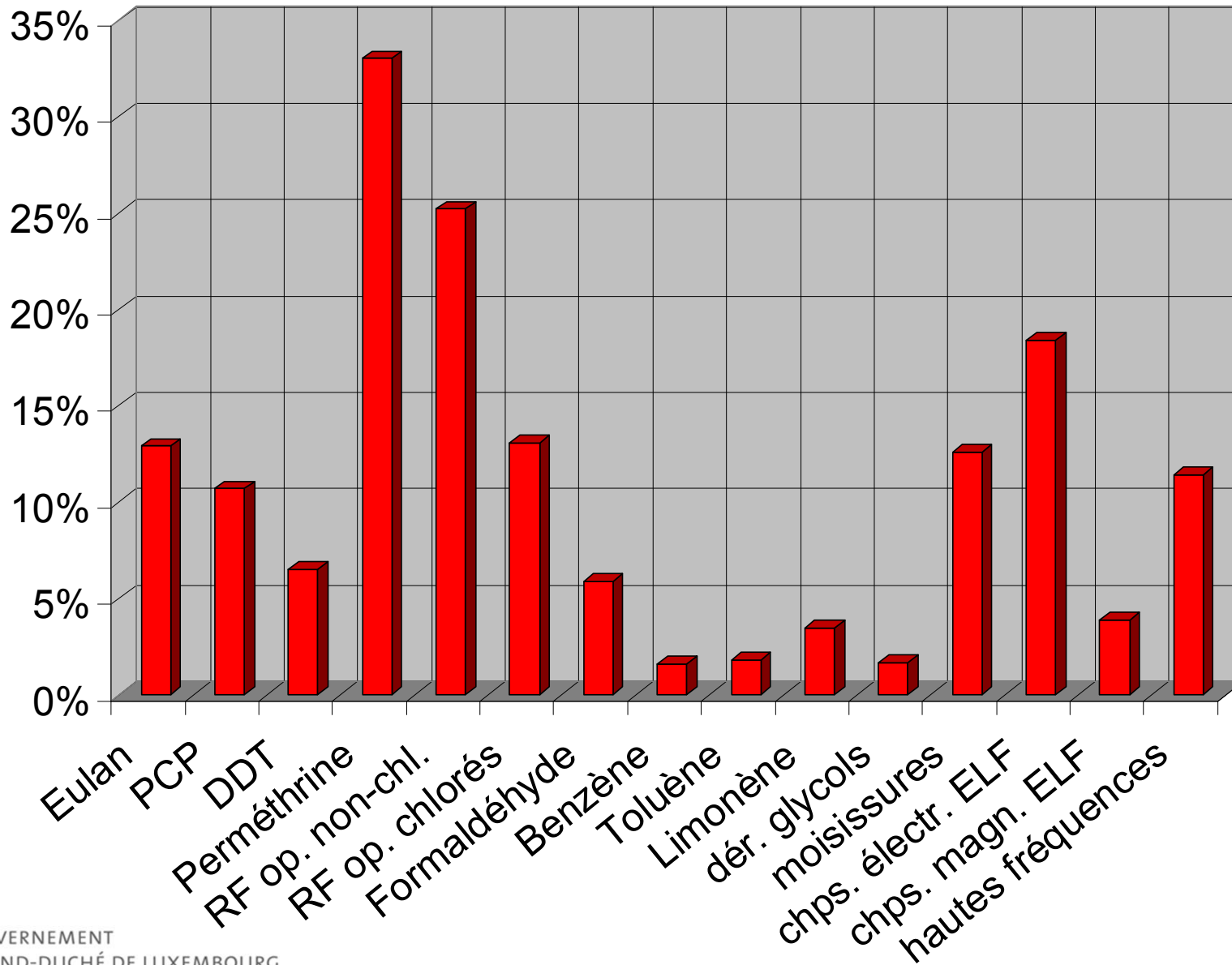
Ralph Baden



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de la Santé

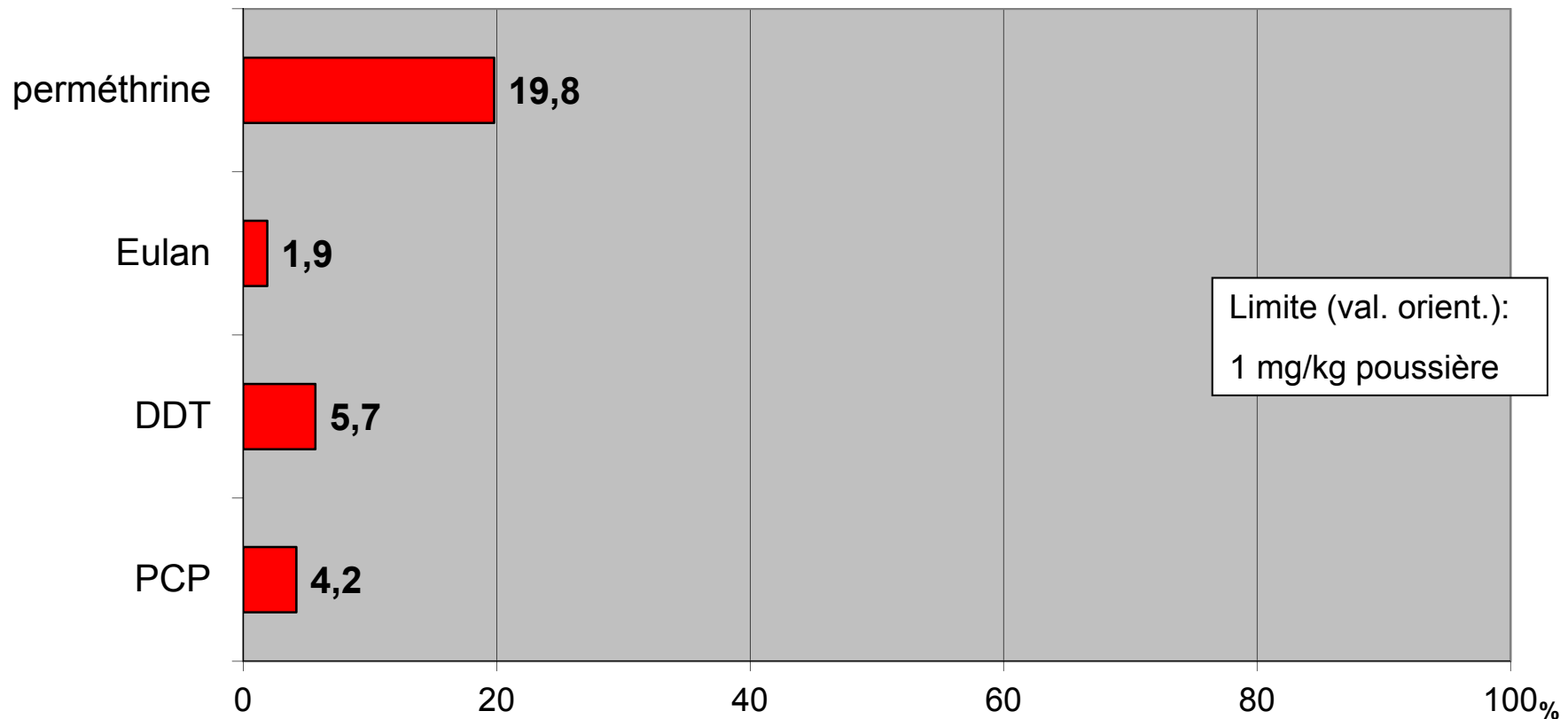
Direction de la Santé - Division de la Santé au Travail

Répartition des polluants indoor 2004-2007 (n = 2178)



Sensibilisation en matière de santé publique: les biocides

(Taux de contamination des lieux de travail)



PCP: interdit au Luxembourg depuis 1994

DDT: interdit en Europe (convention de Stockholm 2001: dirty dozen "POP")

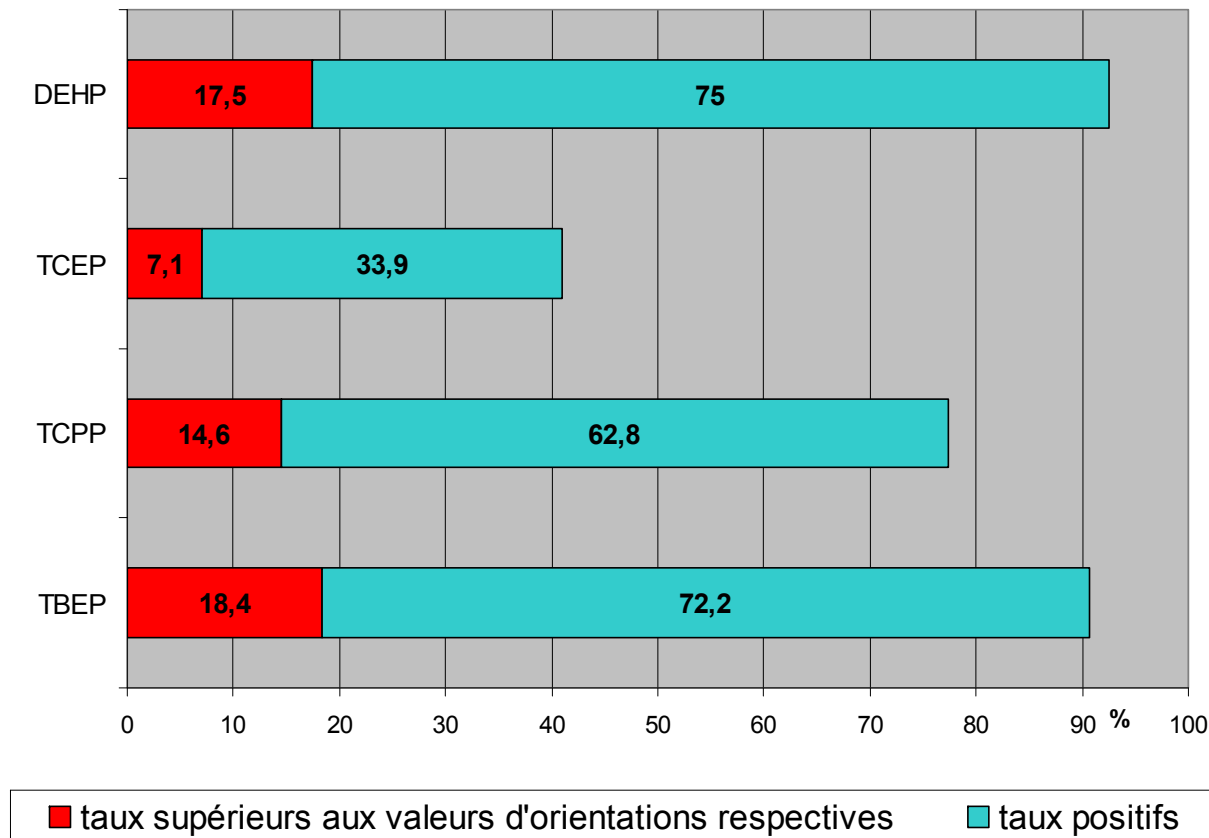
Eulan: retiré du marché par le producteur dès 1988

Perméthrine: US EPA likely human carcinogen (muqueuses nasales):
correlation parkinson (Bloomquist 2002)



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de la Santé

Sensibilisation en matière de santé publique: retardateurs de flamme et phtalates (taux de contamination des lieux de travail)



Limite (val. orient.):

DEHP 1000 mg/kg poussière

TCEP 10 mg/kg

TCPP 10 mg/kg

TBEP 100 mg/kg



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de la Santé

Direction de la Santé - Division de la Santé au Travail

DEHP: interdit ds jouets enfants < 3 ans (U.E.);

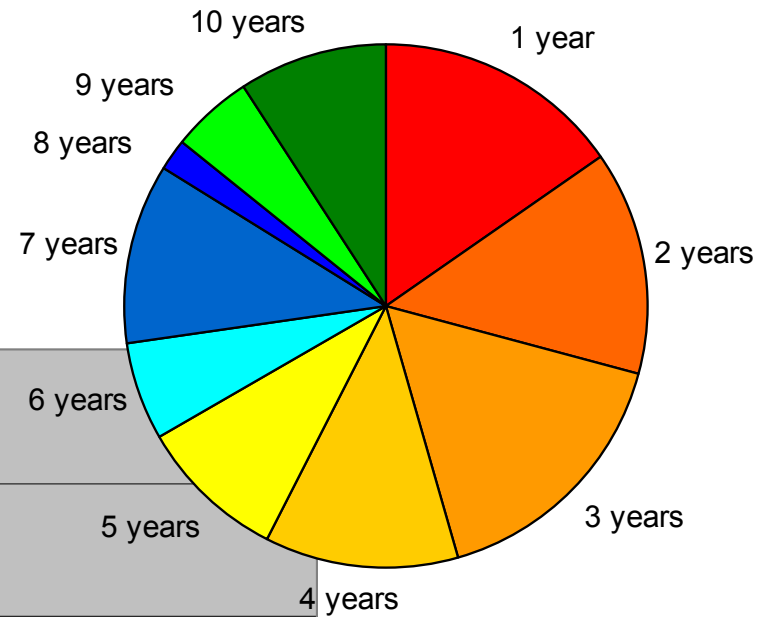
“chem of very high concern” : toxic for reproduction REACH

TCPP, TCEP, TBEP: OPICN organophosphorus Ester-induced Chronic Neuropathy (CDC)

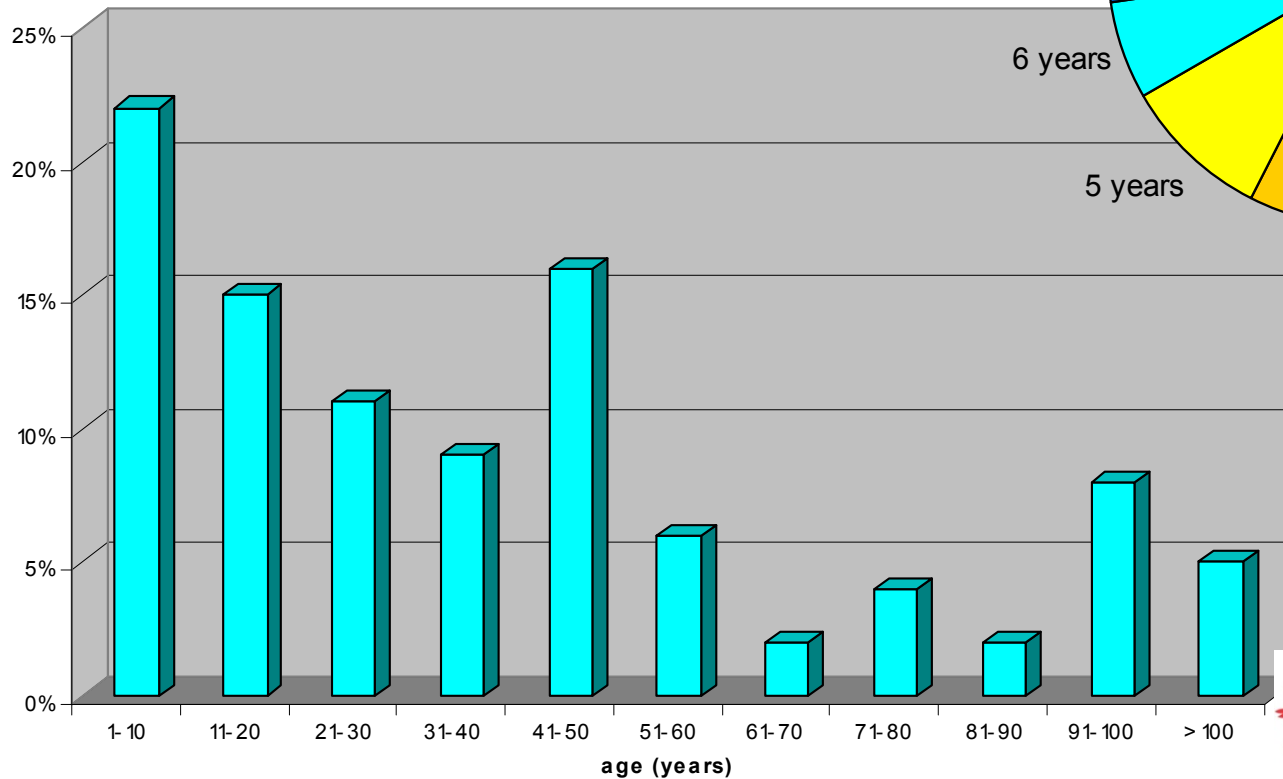
TCEP: US EPA cancérigène; “chem of very high concern” : toxic for reproduction REACH

Age des bâtiments concernés

Part contaminated buildings less than 10 years old (percent)



Age of contaminated buildings (percent)



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de la Santé

A savoir...

- ✓ Plusieurs sources : hiérarchie difficile
 - ✓ Bonne aération des locaux
 - ventilation pas toujours suffisante et pas toujours contrôlée
 - teneur en CO₂ pas le seul critère
 - ✓ Construction durable = Construction saine?????
Certains bâtiments à basse consommation d'énergie sont sains et confortables
 - ✓ Identifier l'**origine** des substances → les **causes** des troubles (armoires en contreplaqué et formaldéhyde)
 - Réduire la présence de ces substances
 - Améliorer la ventilation et le traitement d'air
 - Adapter nos comportements
 - Réglementer
-

Université
de Liège



Merci pour votre attention

0032 63 23.08.59

acromain@ulg.ac.be

www.campusarlon.ulg.ac.be/