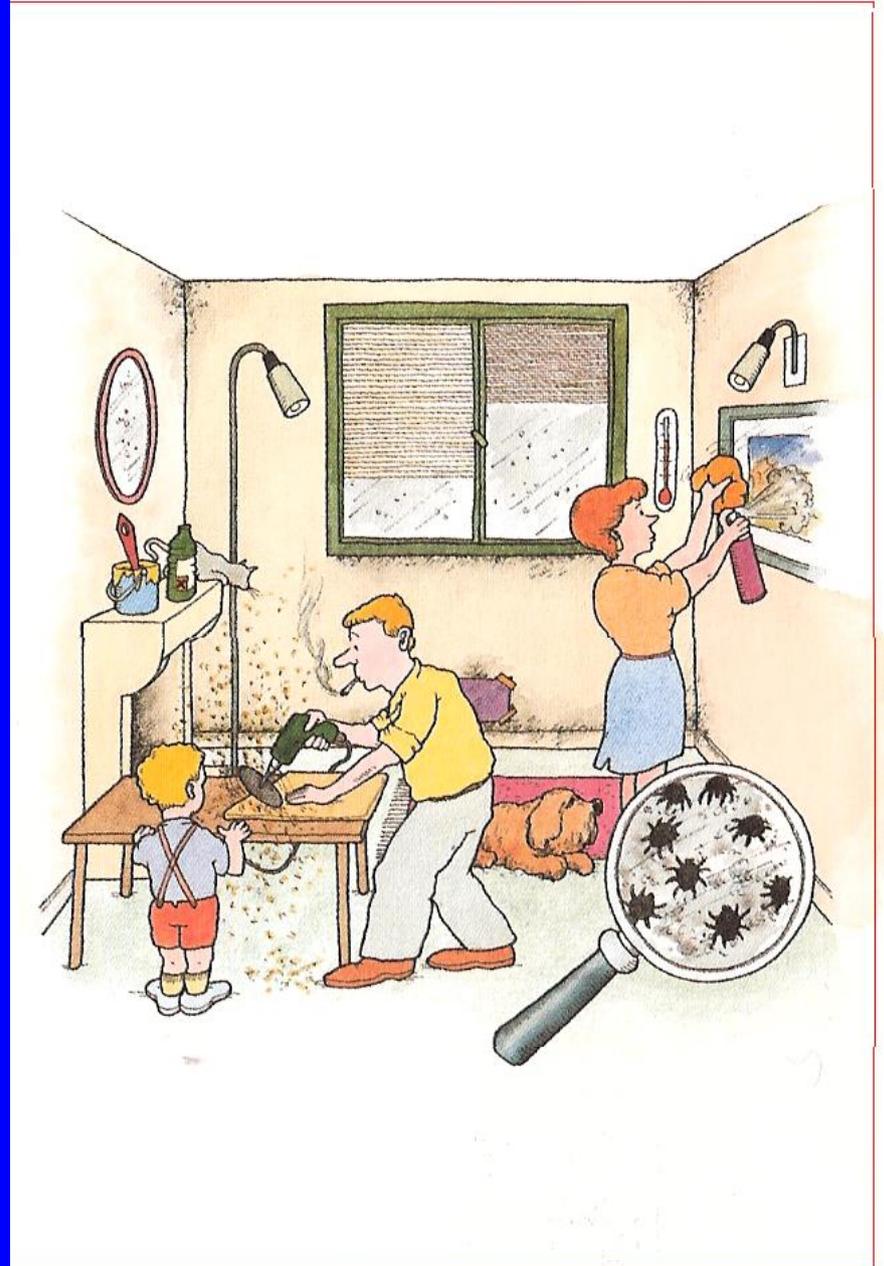


La Pollution Intérieure

Docteur Charles DZVIGA

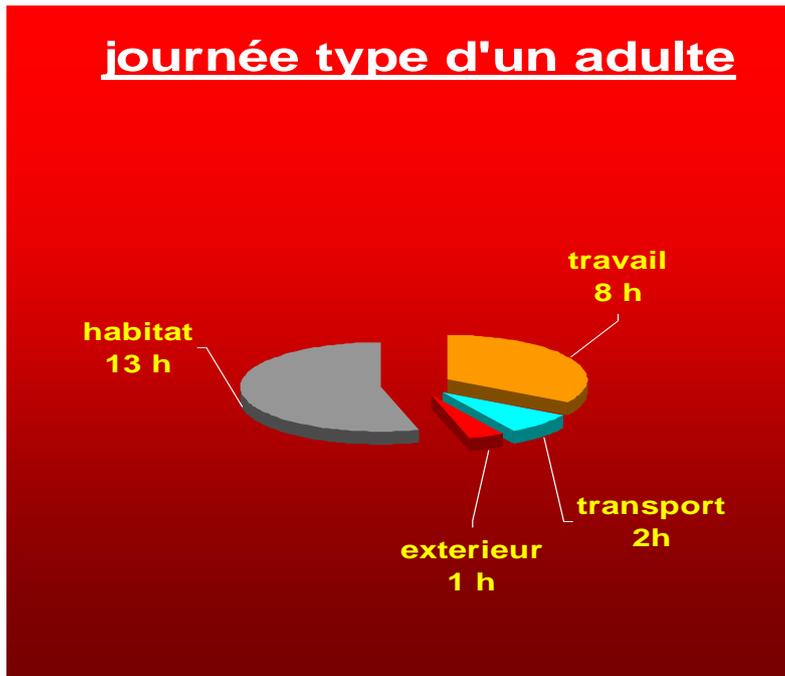
**service HTP - Hôpital Privé de la Loire
service dermatologie – CHU Saint Etienne**



- **1960**: réactions sur l'air qui sent, la pollution industrielle, rivières qui changent de couleur, déchets dans paysage...
- **1970**: questionnement sur l'incidence de la pollution sur l'homme
apparition de la chromatographie gazeuse couplée à la spectroscopie de masse
- **1978**: 1er dosage du formaldéhyde dans les salles de classe en France
- **1996** : **loi sur l'air** CMEI [Plan régional de la qualité de l'air](#), plan de protection de l'atmosphère, plan de protection urbains
- **2000**: création de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur
- **2013** la pollution de l'air extérieur a été classée cancérigène pour l'homme par le Centre International de Recherche sur le Cancer
- **2015**, une étude de l'[OMS](#) et de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) publie un rapport "Economic cost of the health impact of air pollution in Europe"]. Pour la France seule, le coût des décès imputables à la pollution de l'air s'élève à 48 milliards d'euros/ an
- **2020** : 1600 euro / an pour un habitant de Paris

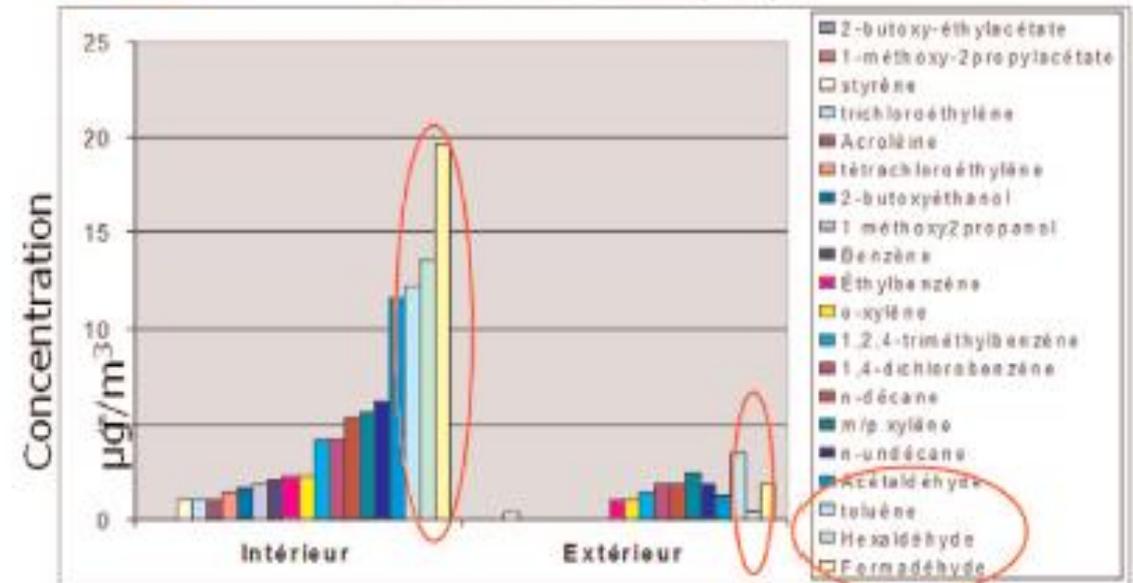
Prise de conscience sur la pollution intérieure

- Modification des modes de vie - Taux des polluants



L'air intérieur est plus pollué que l'air extérieur ...

Comparaison des concentrations médianes intérieures et extérieures (COV)



Source : OQAI

- pollution intérieure = pollution extérieure + production polluants intérieurs

1996 loi sur l'air

I.1.4 Impact sanitaire de la qualité de l'air intérieur et des composés chimiques retrouvés à l'intérieur

Dès le début des années 1980, l'OMS attire l'attention des politiques et du grand public sur l'impact sanitaire de la dégradation de la qualité de l'air intérieur. En Europe, deux millions d'années de vie en bonne santé seraient perdues chaque année en raison d'une médiocre qualité de l'air intérieur^[13] (Figure 5).

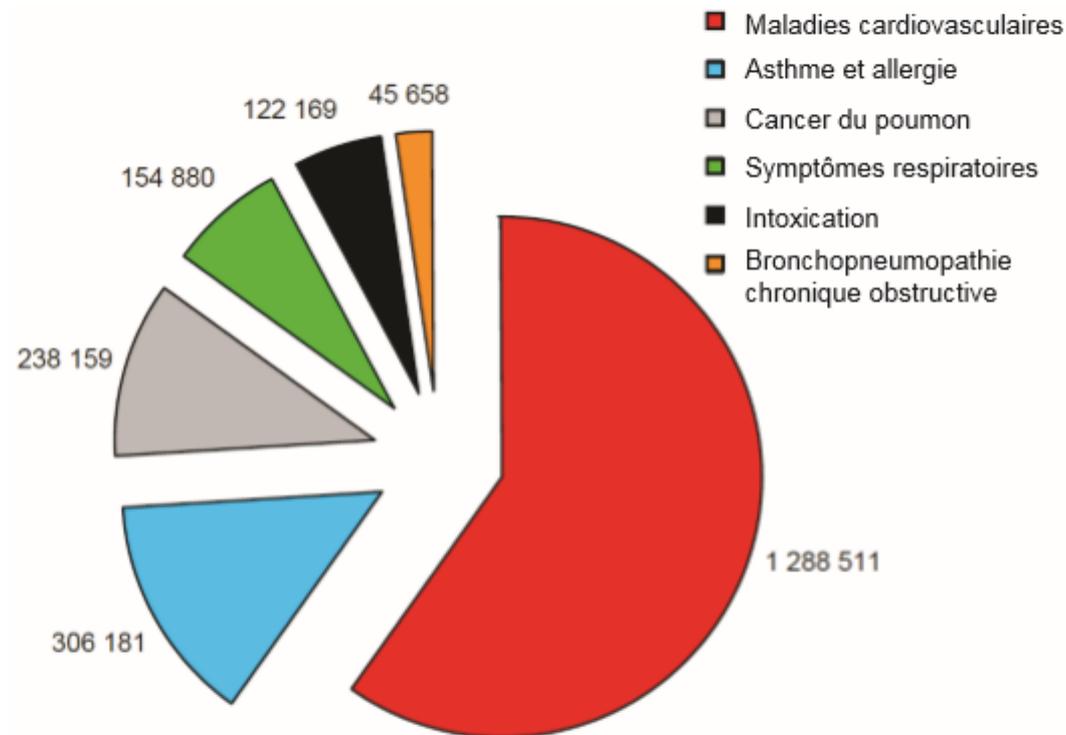
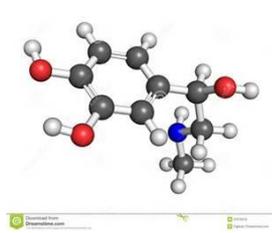
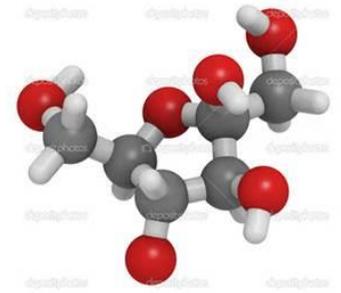


Figure 5 – Part attribuable à la qualité de l'air intérieur dans différentes pathologies et symptômes (DALY/an), en Europe, d'après JANTUNEN et coll.^[13]

DALY : *disability adjusted life year*. Données disponibles pour 26 pays européens (informations non disponibles pour Malte)



Environnement ?



100 000 substances chimiques (REACH 2007)

Cancérogènes:

3000 : analyse approfondie quand à leur dangerosité

400 répertoriée: probablement carcinogènes

Classées par le CIRC (Lyon) *Cla 1* *cancérigène*

Cla 2 *probablement cancérogène*

Cla 3

Cla4 *probablement non cancérogène*

Allergènes

- *Contact : 455*
- *Pneumallergenes 160 + recombinants...*
- *Latex + professionnel : 40*
- *Aliments: 330 + recombinants*
- *Hymenopteres : 10*
- *Médicaments : minimum 50*

Environ 1000 + recombinants

Effets irritants

» Ex: tabac, ozone , PM10....

dose dépendant : *réglementation*

Effet cancérogène

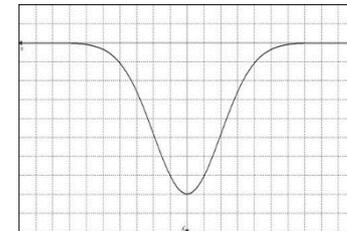
» Ex : radon, benzène, HAP...

- Action sur gène : *mutation, pas de seuil*
- Action sur prolifération cellulaire : *effet dose*

Perturbateurs endocriniens :

Effet allergénique

Ex : acarien, rFeID1



plusieurs mécanismes possibles

ex : formaldéhyde

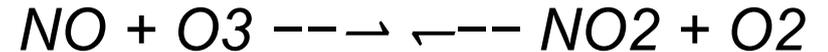
Interractions ...

- irritant / allergènes ex du formaldéhyde:

*crise d'asthme pour 73 ngr d'acariens dans conditions normales
54 ngr si avant inhalation de formaldéhyde.*

- polluant extérieurs / polluants intérieurs

*en chambre expérimentale les niveaux en formaldéhyde et acétaldéhyde sont
augmentés en présence d'O3 . Il réagit rapidement avec le NO pour conduire à
la formation de NO2.*



- sur muqueuses saines :

Culture de tissu nasal humain **sain** exposé aux PM10 : 50 µgr (= *taux inhalé sur 1 à 2 sem*).

On observe < **quantité de eau oxygénée H2O2 libéré par cellules épithéliales nasales**

participation au stress oxydatif

< **production IL-8** *production par LTC / induit différenciation des PE*

< **mucine**

protection des épithéliums

Air pollutants cause release of hydrogen peroxide and interleukin-8 in a human primary nasal tissue culture model

La Pollution extérieure : **Ozone + PPM**

- industrie - voiture
- agriculture - chauffage (Rhône Alpes : 68 % des particules fines temps froid)

Action environnement extérieur sur allergènes aéroportés

-arbres et plantes :

- *par le réchauffement climatique modification des aires de distribution (exposition de nouvelles populations),*
- *allongement de la période de pollinisation, et de la quantité de pollens pour certaine espèces (ambrosie)*

-sur grain de pollen

- *la pollution gazeuse et particulaire favorise la libération dans l'air de sous fractions et d'allergènes libres, et leur pénétration dans arbre bronchique*
- *augmentation de l'allergénicité des pollens par le caractère adjuvant de la pollution sur l'inflammation*
- *modifications post traductionnelles des molécules allergéniques dont l'effet sur la réaction inflammatoire reste à préciser*
- *< reconnaissance par les IgE des pollens en atmosphère toluène et particulaire ;
> reconnaissance par IgE des pollens avec NO₂,SO₂ et O₃*

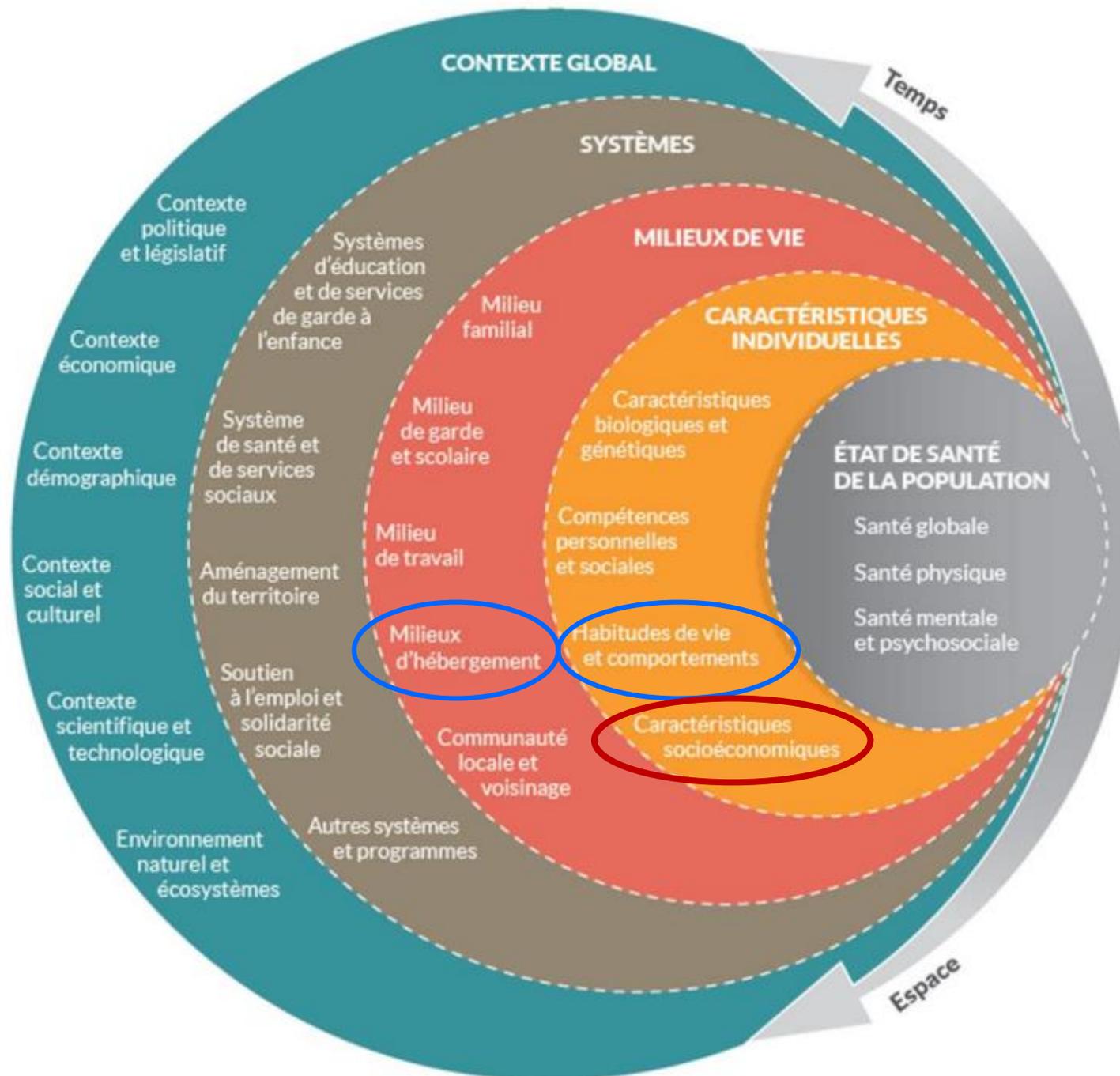


Figure 1 : Carte de la santé et de ses déterminants, extrait de Santé et services sociaux Québec (2012)

l'habitat, les polluants, ...et les habitants

profils des occupants habitant dans habitat dégradé (inVS 2014)

femmes, familles mono parentales, jeunes , fumeurs, chomeurs, temps partiels non choisi, faibles revenus, RSA, APL
dans ces groupes, les personnes les plus vulnérables sont les personnes âgées, les enfants, les femmes enceintes,

Indice de surpeuplement:

Présenter une surface habitable globale au moins égale à **seize mètres carrés pour un ménage sans enfant** ou deux personnes, augmentée de **neuf mètres carrés par personne** en plus dans la limite de soixante-dix mètres carrés pour huit personnes et plus

8,4 % des menages vivent en situation de surpeuplement *INSEE 2017*

les ménages appartenant au premier quartile de revenu annuel par unité de consommation sont 6 fois plus touchés par le surpeuplement que les ménages du dernier quartile, les plus aisés

lien entre surpeuplement et stress, transmission de maladies infectieuses, santé mentale des individus, diarrhées, gastro-entérites, tuberculoses autres maladies respiratoires *OMS 2018*



Pollution intérieure = 4 X pollution extérieure (sauf ozone)

- + polluants en provenance de l'extérieure (150 m, rue canyon)
- + polluants géologiques
- + polluants liés aux produits de construction, de décoration ou d'ameublement
- + polluants liés aux occupants et à leur activité

Hierarchisation des substances

- indice de potentiel de risque aigu (sur 5)
- indice de potentiel de risque chronique (sur 10)
- Indice de fréquence de détection à l'intérieur des bâtiments (sur 5)

15 substances hautement prioritaires (groupe A) :

formaldéhyde, benzène, monoxyde de carbone, diéthylexylphtalate (DEHP), acroleine, plomb, acétaldéhyde, PM10 et 2,2, cadmium, arsenic, benzo(a)pyrène, benzo(a)anthracène ; 1,4 dichlorobenzène et chloroforme

- Groupe A « école » : formaldéhyde, benzène, acétaldéhyde, PM10 et PM2,5, chrome

44 substances très prioritaires (groupe B)

292 substances prioritaires

675 substances : grande majorité (66%) avec indice <5

667 substances inclassables

Le ministre de l'environnement vous nomme responsable d'un groupe d'étude pour lutter contre la pollution interieure

le rapport devra etre clos dans 1 mois

listez les différentes pistes que vous pourriez proposer

Polluants d'origine externes



Arsenic



sol - pas d'odeur

Cancérogène avéré pour homme gr 1

Source principale : eau contaminée

la voie inhalée semble secondaire, sauf anciennes zones industrielles (teintureries)

L'ingestion d'eau ou d'aliments contaminés constitue la principale voie d'exposition à l'arsenic pour la population générale (IARC, 2011). Les autres voies d'exposition (air, notamment) sont considérées comme négligeables (Afssa, 2007).

exposition chronique par ingestion d'eau contaminée est à l'origine de cancers du poumon, de la peau et de la vessie.

l'exposition chronique à l'arsenic par inhalation est à l'origine des cancers bronchiques primitifs
association entre l'exposition à l'arsenic dans l'eau de boisson et le développement de cancers de la prostate, du foie et du rein, mais les données actuellement disponibles ne permettent pas de conclure définitivement sur ces associations (CIRC, 2011).

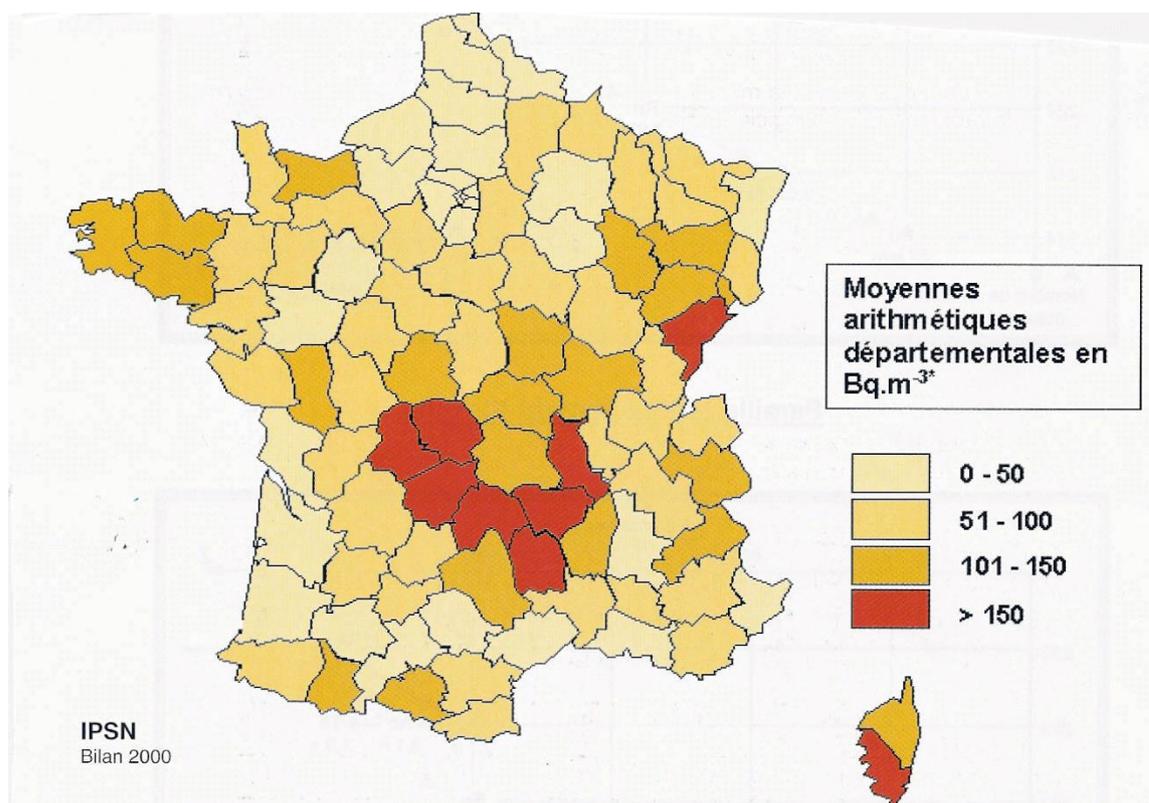
valeurs toxicologiques de référence (VTR) pour l'exposition chronique à l'arsenic et les risques associés de cancer (Etats-Unis, Canada,...).

pour les effets cancérogènes la valeur de $1,5 \text{ (g/kg/jour)}^{-1}$ ") (Ineris, 2006).

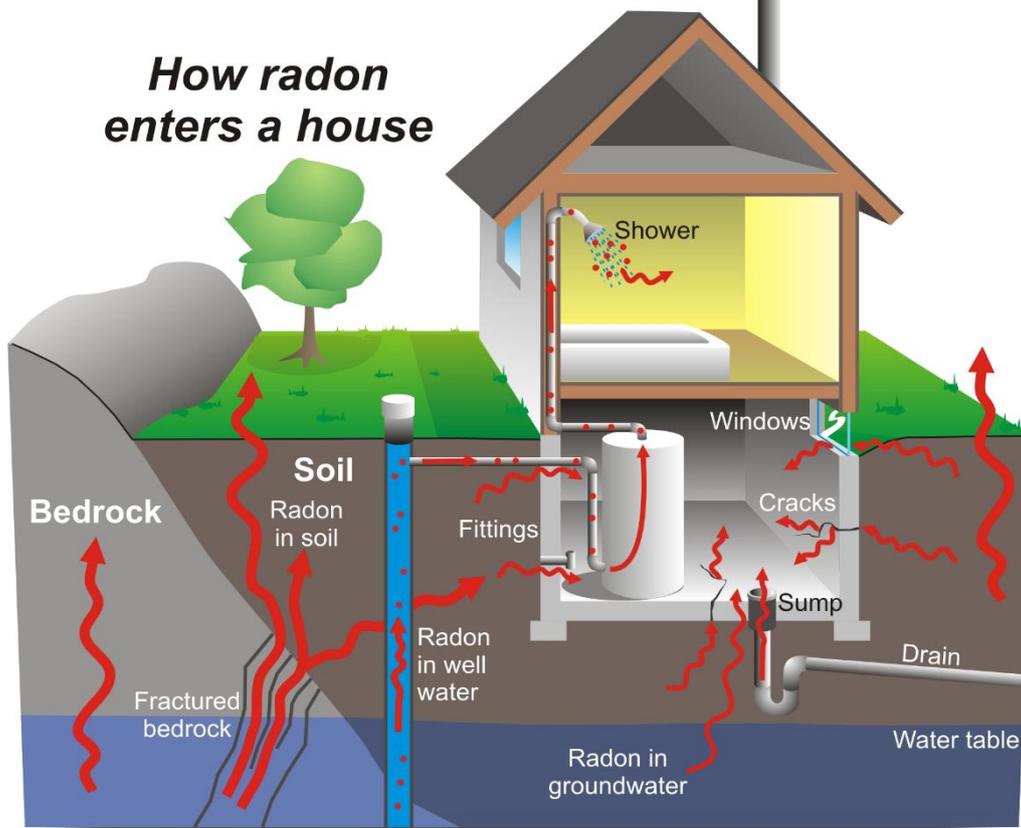
valeur établie pour les cancers cutanés de type carcinome (baso c., spino-c, m. de Bowen).

Europe centrale (Hongrie, Roumanie et Slovaquie) ont montré que l'exposition à une concentration d'arsenic inorganique comprise entre $10 \mu\text{g/L}$ et $100 \mu\text{g/L}$ augmente le risque **de cancer de la peau Une telle exposition concernerait environ 1 million d'individus** dans ces pays, soit **25% de la population** (Hough, 2010).

Le radon



How radon enters a house



Radon

Gaz radioactif, inodore

- **Cancer du poumon** (décès dans mines d'uranium, le radon venant de la désintégration du radium et de l'uranium)
5 à 12 % des cancers du poumon
augmentation de 16% du risque par 100 Bq/m^3 de radon mesuré
- Risque si accumulation dans atmosphère confinée
S'infiltrer par fissures dans sol : *taux élevé dans caves, sous sol*
- Prévention : travaux d'étanchéité par rapport au sol et ventilation
plan d'action gouvernemental 2011-2015
dosage par kit radon

Polluants d'origine interne

La pollution intérieure: les différentes substances

- Composé Organiques Volatiles COV

- Hydrocarbures aromatiques monocycliques: *benzène* , *toluène* , *styrène*
- Hydrocarbures aliphatique monocyclique: *décane*
- Hydrocarbures halogénés monocycliques: *trichloroéthylène*
- Cycloalcanes: *cyclohexane*
- Terpènes: *alphapinène*, *limonène*
- Alcools: *2-ethyl-hexanol*
- Glycols: *2-éthoxyéthanol*
- Esters: *acétate de butyle*
- Aldéhydes: *formaldéhyde*, *acétaldéhyde*, *benzaldéhyde*, *hexaldéhyde*,

- Composés Organiques Semi Volatiles COSV

- Pesticides
- Phtalates
- Retardateurs de flamme
- PolyChloroBiphényles
- Organoétains: *antifongiques*, *métaux lourds*

- Gaz issus d'un processus de combustion

- CO
- NO2
- Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques: *benzo(a)pyrène*

-Ozone



Composés organiques volatiles COV

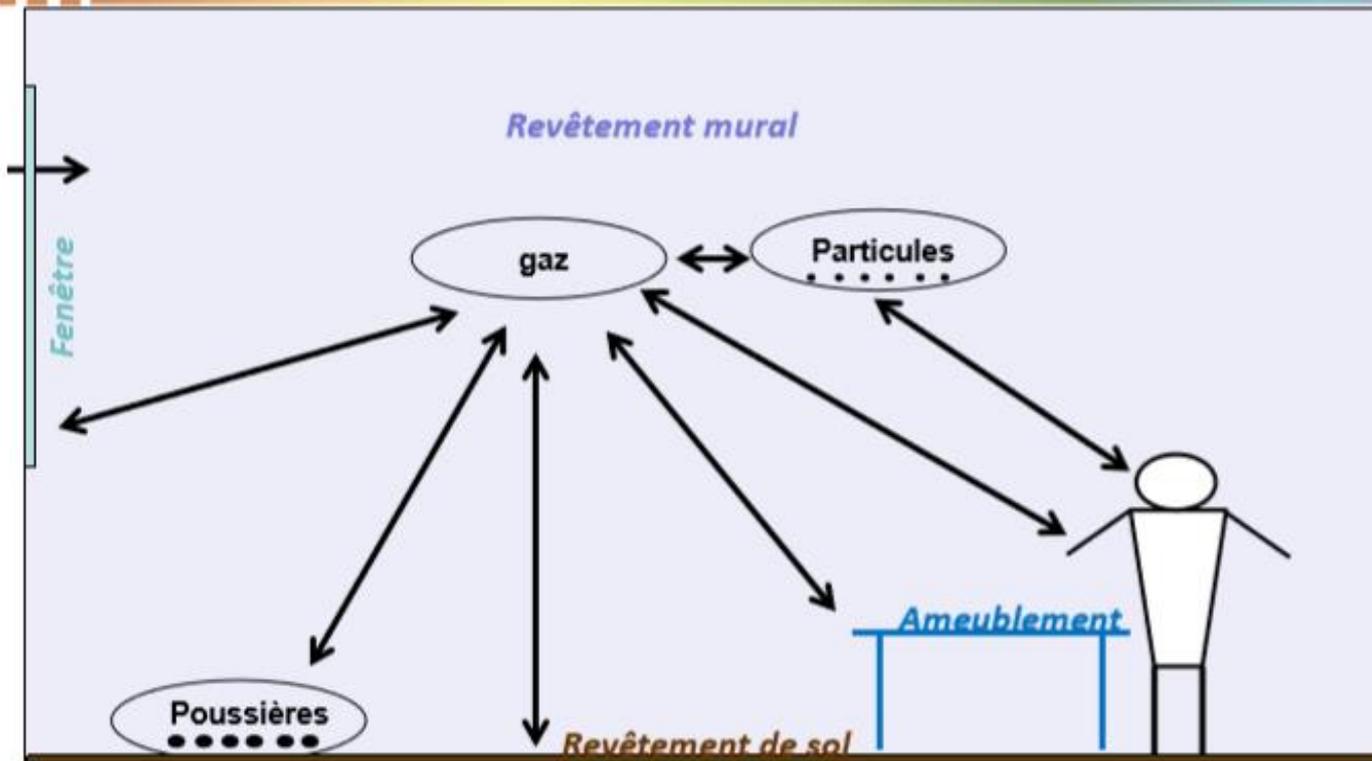
Substances organiques volatiles à température ambiante ,
sous forme de gaz ou de vapeurs

- le point d'ébullition se situe entre (50 à 100 °C) et (240 à 260 °C)
- plusieurs milliers de COV, plus de 300 ont été identifiés dans l'air intérieur

souvent inodore , odeur du « neuf » ,

- sources naturelles : *éruptions volcaniques, feu de forêt,*
- moisissures
- cheminée d'usine, gaz d'échappement
- rentre dans la composition de nombreux matériaux:
panneaux de particules, contreplaqué, textiles, sols synthétiques (dalles, moquettes, planchers, lino..), peintures , lasures, mousses, colles..

Où les retrouve-t-on?



→ Exposition de l'Homme via l'air, via le contact avec la peau et via la bouche

Adaptation de la Figure 3 - Weschler and Nazaroff (2008) Semivolatile organic compounds in indoor environments, Atmospheric Environment, 42: 9018-9040

- Ces substances sont **émises** dans les bâtiments : dispersion (spray), évaporation ou abrasion
- Elles sont **persistantes** dans les bâtiments (moins de photochimie, pas d'érosion éolienne, etc.) *Émissions sur des semaines, mois, parfois années, en fonction température et humidité, phénomène d'absorption entre COV ambiants et surfaces des matériaux*
- Elles sont **présentes dans l'air** (gaz et particules) et sur les surfaces (sol, parois, mobilier, objets, peau)

Les plus fréquents : l'acétaldéhyde, le benzène, le dichlorométhane, le formaldéhyde, le perchloréthylène, le toluène, le xylène.

LE FORMALDEHYDE

SOURCES



1970

- .1978 - 1ère étude Française QAI (Salles de classe et habitats) →
- .Formaldéhyde = polluant d'origine endogène (R Int/ Ext 12)

MATERIAUX - MOBILIER - PRODUITS

Relargage de formaldéhyde (colle)

bois aggloméré



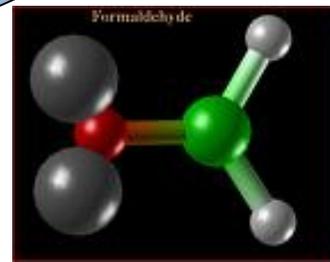
TABAC

BRICOLAGE

Cloisons, plafonds, planchers, panneaux acoustiques, mobilier.....

Peinture, moquette, textile.....

- OQAI(2006) : 1,3 à 86,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



formaldéhyde

Irritant + allergène + cancérogène

Rhinite et Asthme

Allergie de contact

Cancérogène gr1 : *naso pharynx, leucémie*

composé génotoxique à forte doses (adduits ADN et ADN proteines au niveau épithélium respiratoire nasal)

action synergique: *augmente la réponse bronchique aux acariens*

- **désinfectant (insecticide, germicide, fongicide)**
- **fixateur et liant de résines**

Voie inhalée : produits de bricolage, d'entretien, revêtements de mur de sol, mousses de colmatage , tabac...

Voie cutanée : savons, shampoings, produits ménagers, tabac

Valeur cibles : 30 µgr /m³ avant 2019, après 2019 : **10 µg/m³**

30 % des habitats dépasserait cette valeur cible - dosage par CMEI

Émissions ponctuelles

Livres neufs, journaux et magazines

Les résines aminoplastes telles que les résines urée-formaldéhyde ou phénol-formaldéhyde sont utilisées dans l'industrie papetière pour augmenter la résistance du papier à l'humidité ou pour la plastification et l'imprégnation du papier. Les livres neufs ou magazines ont une odeur caractéristique liée aux émissions de composés chimiques. Ainsi, en plaçant le livre (couverture en PVC) d'un écolier en chambre expérimentale, des émissions en hydrocarbures aromatiques ont été rapportées^[43]. Le toluène, l'hexanal et les hydrocarbures aliphatiques sont les principaux composés émis par les journaux et magazines placés dans un dessicateur. Les émissions d'un numéro de la revue *Indoor air* étaient de $335 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pour le formaldéhyde, $15 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ pour l'hexanal, $123 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ pour le toluène et enfin inférieures à $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ pour les aliphatiques (C₇-C₁₁)^[43].

Les sources d'émission continues sont en relation avec le cadre de vie ; l'Homme fait rentrer des matériaux dans son logement et ceux-ci inertes, vont émettre des composés chimiques au fil du temps. Les sources discontinues sont plus liées au mode de vie ; les émissions varient en fonction des activités humaines.



benzène

Sous groupe des Hydrocarbure aromatique monocyclique

Origine extérieur : secteurs résidentiels et tertiaires
combustion du bois , et transport routier

Milieu interieur: transfert du benzene ext + production intérieure
combustion domestique (tabac, cuisson des aliments, bougies, encens)
relargage par produits de construction, produits de bricolage

Voie principale inhalée - voie cutanée secondaire

Cancérogène gr 1 système hématopoïétique leucémie

(LMA et LA non lymphocytaire)

valeur guides : $2\mu\text{gr}/\text{m}^3$ au 1/01/2016

décret 2009: *les matériaux de construction et de décoration doivent émettre moins de $1\mu\text{gr}/\text{m}^3$*

préparations renfermant $> 0,1\%$ de benzène interdites au public



Composés organiques semi volatiles COSV

Point d'ébullition entre 240 et 400 ° : volatilité moindre, surtout présent dans les poussières. Peut devenir volatile au contact d'une source chaude (radiateur)

A quoi ça sert?

- Utilisation très variées en raison des différentes propriétés de ces familles chimiques
- Nombreux produits du quotidien

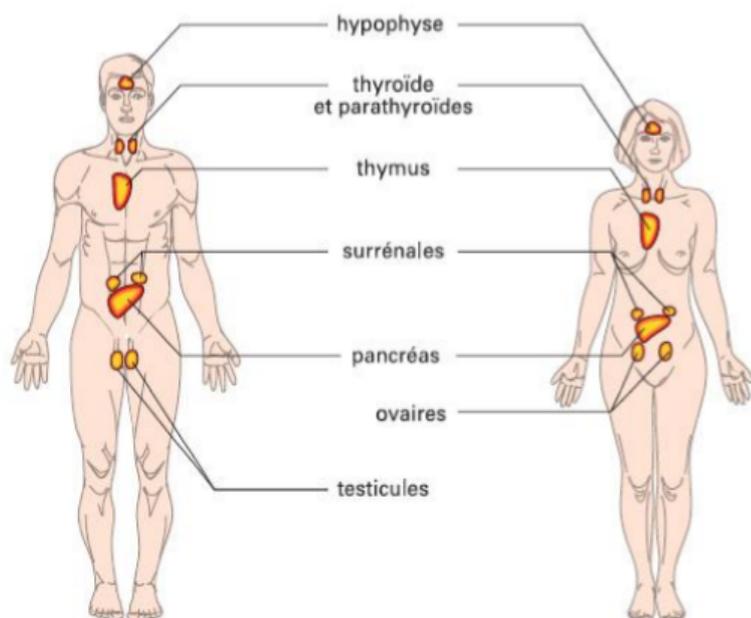


Perturbateur Endocrinien (PE)

- Plusieurs définitions :

- modificateur de la fonction hormonale est un PE, **sans considérer si cela entraîne ou non des conséquences sur la santé** (US Environmental Protection Agency, 1996).
- *un PE est une substance ou un mélange exogène altérant les fonction(s) du système endocrinien et induisant donc **des effets néfastes** sur la santé dans un organisme intact, de ses descendants ou (sous-) populations »* (Stratégie communautaire concernant les perturbateurs endocriniens, Weybridge, 1996, OMS 2002).

Le système endocrinien



Composition complexe:

- **Glandes endocrines** situées dans de nombreux organes
- **Hormones** secrétées par ces glandes et diffusées dans l'organisme par le sang
- **Récepteurs** situés dans les organes cibles qui sont activés par les hormones *via* des phénomènes cellulaires complexes

Comment les perturbateurs endocriniens agissent-ils?

- 3 façons :
 - **Bloquent** les récepteurs des hormones naturelles
 - Antagonistes
 - **Miment** les effets de leurs ligands naturels
 - Analogues
 - Exemple oestrogène ou testostérone
 - **Modulent** la synthèse, le transport, le métabolisme et l'excrétion des hormones naturelles sans agir sur les récepteurs

Pathologies susceptibles d'être la conséquence d'expositions à des perturbateurs endocriniens.

Infertilité masculine

Infertilité féminine

Fausse couche

Prématurité

Modification des paramètres anthropométriques à la naissance

Modifications du sex-ratio

Endométriose

Anomalies du développement de l'appareil génital

Pseudohermaphroditisme

Thélarche

Puberté précoce

Dysfonctions érectiles

Atteintes du neurodéveloppement

Troubles immunitaires

Pathologies thyroïdiennes

Cancer du testicule

Cancer du sein

Cancer de la prostate

Obésité

Diabète de type II

| | | |
|---|--|--|
| Principaux PE : Bisphénol A Phtalates Parabènes Perfluorés | Dioxines / PCB Pesticides Polybromés Diéthylstilbestrol | Formaldéhydes Phénoxyéthanol Alkylphénols |
|---|--|--|

Alimentation, air intérieur, eau, plastiques, conserves, produits d'hygiène, filtres solaires, cosmétiques retardateurs de flamme, peintures, colles, vêtements sols conservateurs et excipients de médicaments

3. Prévenir quant à la présence de PE dans l'alimentation

- Privilégier le « **bio** », bien laver les fruits et légumes, notamment en pré-conceptionnel, durant la grossesse
- Éviter de consommer des poissons d'eau douce (accumulateurs de PCB), des poissons prédateurs sauvages
- Éviter les conserves et les contenants en plastiques suivants :

| | | |
|--|--|--|
| Polychlorure de vinyle (n°3 ou PVC)  | Polystyrène (n°6 ou PS)  | Polycarbonate (n°7 ou PC)  |
|--|--|--|

- Éviter le contact d'aliments chauds avec du plastique (aliments chauffés au micro-onde dans des contenants en plastique, bouteille plastique en plein soleil, boisson chaude dans un gobelet en plastique...)
- Éviter les ustensiles traités au **téflon**
- Éviter la consommation de produits contenant des parabènes cachés : **de E214 à E219**
- Pour la femme en surpoids / obèse avec **projet de grossesse, enceinte ou allaitante** : **limiter les pertes de poids importantes** (relargage dans l'organisme, pour le fœtus / dans le lait, de PE lipophiles stockés dans les graisses)

▪ **Eviter l'utilisation de produits d'hygiène / cosmétiques contenant des PE**

produits cosmétiques contenant des phtalates, alkylphénols, parabènes, phénoxyéthanol, triclosan, formaldéhyde...

filtres solaires contenant benzophénone (BP-3), 4-methylbenzylidene camphor (4-MBC) ...

De façon générale, **éviter les produits avec PE non rinçables** / en contact prolongé avec la peau (fond de teint, vernis, crème, rouge à lèvres), les produits mis après la douche (perméabilité cutanée), surtout chez **la femme enceinte ou allaitante**

▪ **Informez les jeunes parents sur les PE pouvant être contenus dans les produits pour bébé**

Privilégier les produits sans bisphénol A, sans phtalates, sans polybromés

Limites les produits cosmétiques pour bébé avec de nombreux parfums, conservateurs

Utiliser des biberons en verre. Ne pas chauffer les aliments dans des contenants / biberons en plastique. Eviter le plastique polycarbonate pour les ustensiles de cuisine

Privilégier les *textiles labellisés Oeko-Tex 100/100, label EKO, Naturtextil*, en matières naturelles non traitées

Laver les jouets lavables, **sortir les jouets de leur emballage plusieurs jours avant** de les présenter à l'enfant

Perturbateurs endocriniens

Paris, le vendredi 2 février 2018 – **En 2014, la France a défini une stratégie vis-à-vis des perturbateurs endocriniens.** S'il s'agissait d'une réponse à une préoccupation grandissante au cœur de la société, **l'affichage d'une telle détermination politique était quasiment inédit en Europe.** Il faut dire que le sujet est complexe, intéressant tout à la fois l'environnement et la santé, suscitant des peurs parfois non étayées par les données scientifiques et au centre d'interrogations toxicologiques non totalement résolues (concernant la non linéarité de l'effet des perturbateurs endocriniens par exemple). Le lancement de cette stratégie intervenait par ailleurs alors que l'Europe n'en était qu'aux balbutiements (balbutiements qui se poursuivront longtemps) sur la définition des substances suspectées d'être des perturbateurs endocriniens et aux actions à mettre en œuvre.

Pas d'argent même pour les sujets exposés

Aujourd'hui, **l'Inspection générale des affaires sociales (IGAS)** propose un bilan de cette action, bilan d'abord révélé par le Monde avant d'être publié ce 2 février. Saluant l'audace de l'initiative et les nombreux efforts qu'elle a permis, l'IGAS déplore néanmoins les limites et manques de cette stratégie. Concernant tout d'abord son premier axe, dédié à la recherche, l'IGAS déplore que « la thématique des perturbateurs endocriniens n'a pas trouvé sa place dans la stratégie nationale de recherche. **Les programmes de recherche finalisée qui ont permis des avancées sont actuellement en manque de financement** »...

de l'IGAS : <http://www.igas.gouv>

Évaluation des risques : une trop lente montée en charge

Outre une meilleure connaissance des mécanismes des substances suspectées d'être des perturbateurs endocriniens, la stratégie nationale promettait une recherche accrue de leur présence dans notre environnement. Las, en la matière, le passage de la volonté aux actes est globalement manqué. « **La surveillance des sols est quasi inexistante, la**

surveillance de l'air est très en retard comparée à la surveillance de l'eau » ...

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) a bien procédé à l'analyse de **cinq substances par an**, mais l'Agence nationale de sécurité des produits de santé (ANSM) **n'a pas rempli son objectif d'évaluer « trois substances présentes dans des produits cosmétiques »**.

Le manque de crédibilité de l'Europe

L'axe le plus délicat de la stratégie concernait la réglementation. En la matière, les retards observés ne sont pas nécessairement dus à la France, mais plus certainement à Bruxelles qui a par exemple mis de longues années avant d'accoucher en novembre 2017 d'un texte concernant les perturbateurs endocriniens, mais **restreint aux seuls produits biocides**, texte en outre assorti **de dérogations** vivement regrettées par certains observateurs. ...

Enfin, l'IGAS estime que si **des actions de formation auprès des professionnels de santé ont bien été initiées, elles demeurent insuffisantes**,

En guise de conclusion, considérant la stratégie comme « pertinente et opportune », l'IGAS invite à poursuivre les efforts engagés en les redoublant. L'enjeu est crucial aux yeux des inspecteurs qui répètent la longue liste des pathologies dans lesquelles le rôle néfaste de l'exposition aux perturbateurs endocriniens est suspecté ; **bien cependant reconnaissent-ils que le « lien de causalité reste souvent difficile à établir »**.

(discussion UE sur les preuves)

COSV : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont des **constituants naturels du charbon et du pétrole, ou qui proviennent de la combustion incomplète de matières organiques** telles que les carburants, le bois, le tabac. Ils sont présents dans l'air, l'eau ou l'alimentation. Il en existe une centaine, sous forme gazeuse ou liée à d'autres particules.

L'exposition aux HAP est classée cancérigène avérée pour le cancer du poumon et le cancer de la peau (groupe 1). Le **benzo[a]pyrène**, substance qui se trouve dans un bon nombre de mélanges de HAP en proportion relativement constante (environ 10%), **est un cancérigène avéré (groupe 1 du CIRC).**

Pour un non fumeur, l'alimentation est la principale voie d'exposition aux HAP.
La deuxième voie d'exposition de l'homme aux HAP est l'inhalation dans l'air ambiant (int ou extérieur).

Concernant le **B[a]P**, des études conduites dans différents pays européens ont estimé que **l'ingestion quotidienne moyenne varie de 50 à 290 ng/adulte** (Scientific committee on food, 2002).

Les catégories d'aliments dans lesquelles on retrouve le plus de HAP sont les **céréales et produits à base de céréales, ainsi que les produits de la mer et dérivés**. De même, l'utilisation **d'huiles et de graisses végétales** et la **consommation de café** expose la population aux HAP.

Les modes de cuisson tels que les grillades, le rôtissage, le fumage et notamment la préparation d'aliments grillés ou rôtis au charbon de bois, peuvent augmenter la concentration de HAP dans les aliments préparés.

La majorité des HAP respirés provient de la fumée du tabac. Un fumeur consommant 20 cigarettes par jour absorbe quotidiennement en moyenne 105 ng de B[a]P et une personne exposée au tabagisme passif 40 ng.

Problème des expositions cumulées :

résolution ResAp2008 a fixé à 0,5 ppm la limite d'HAP dans les encres de tatouage

Encre + additifs pour améliorer stabilité, couleur + pureté (HAP)

2013 1st International conference on Tattoo Safety : taux > HAP, surtout encre noire

problème des nouvelles encres avec additifs solubles : résorbable



Observatoire de la qualité de
l'air intérieur

Les composés organiques semi-volatils (COSV) dans les logements en France

Atelier de l'OQAI du 11 juin 2015

Olivier Blanchard, Nathalie Bonvallot, Erwann Gilles, Philippe Glorennec,
Barbara Le Bot, Jean-Paul Lucas, Corinne Mandin, Fabien Mercier, Gaëlle Raffy,
Olivier Ramalho

CSTB
le futur en construction



LERES
ANALYSES - RECHERCHE



Instituts
thématiques  **Inserm**
Institut de recherche en
santé, environnement et travail

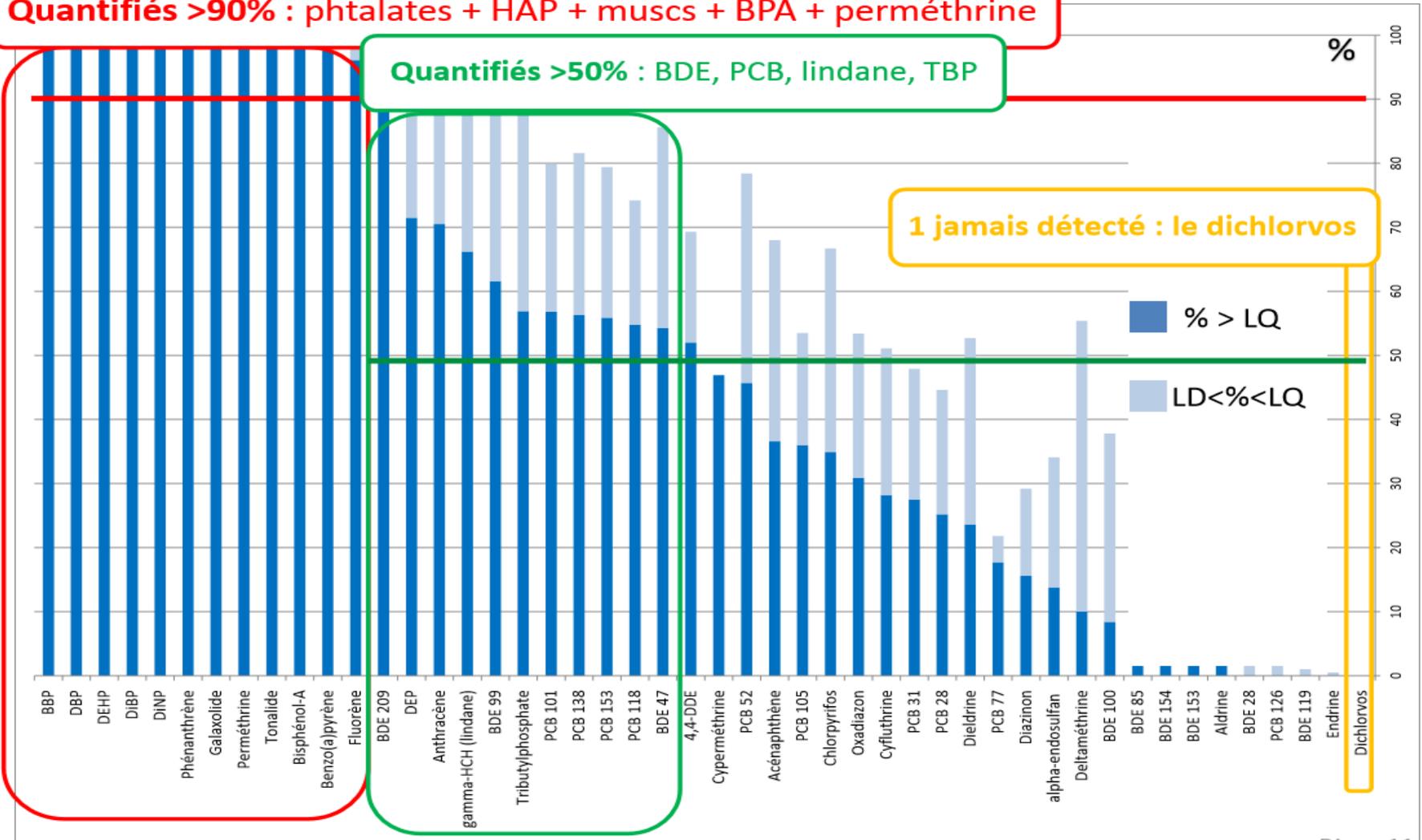
OQAI juin 2015

COSV dans les poussières au sol

Quantifiés >90% : phtalates + HAP + muscs + BPA + perméthrine

Quantifiés >50% : BDE, PCB, lindane, TBP

1 jamais détecté : le dichlorvos



N=3 581 991 logements

Diapo 11



combustion

combustion dégage

Particules + **gaz**

CO₂, CO, Nox, oxydes soufrés, COV

hydrocarbures (benzene, toluène, xylènes, HAP..)

- Chauffage : chaudière, poêles, cheminée

facteur 1 à 100 selon matériel utilisé , et les bois (pin < acetalheyde et formaldéhyde)

un poêle à bois non certifié produit autant de petites particules qu'une voiture qui roule 18 000 km

- Brûleur chauffe eau

- Cuisson avec flamme

- Encens, bougies, papier d'arménie

- Le tabac





tabac Composé chimique
Facteur d'émission (μg par cigarette)

Nicotine 552–816

Acétaldéhyde 2 382–2 496

Formaldéhyde 1 206–1 333

Benzène 269–410

Éthylbenzène 78–107

Toluène 498–660

m,p-xylènes 238–300

o-xylène 59–67

Styrène 94–147

- Une cigarette en brûlant libère 5 milliards de particules de diamètre médian $0,1 \mu$, dont la 1/2 vie est de 20 mn
- La fumée de tabac environnementale = fumée rejetée par le fumeur après inspiration (courant primaire) + fumée s'échappant de la cigarette (courant secondaire)
Les produits chimiques contenus dans la fumée secondaire sont les mêmes que ceux inhalés par le fumeur actif, mais à des concentrations plus élevées que la fumée inhalée par le fumeur, la combustion étant incomplète
- Une pièce où l'on fume dépasse très souvent les taux d'alerte pour les PM, le benzène et l'acétaldéhyde
- 1 cigarette libère en moyenne 53 μg de formaldéhyde (11 à 128) dans le courant primaire, 327 à 440 μg dans la fumée secondaire
- La nicotine se dépose sur les textiles : métabolisation secondaire avec Oxydes d'Azote et production de polluants secondaires (odeur du tabac froid) + nitrosamines cancérigènes. Idem pour chicha, avec taux + de CO
- Cigarette électronique : pas de combustion mais libération nicotine + propylène glycol

Bougies Parfumées et Encens (UFC Que Choisir) 2018



Figure 1 : Maison expérimentale MARIA du CSTB, Champs-sur-Marne

TNS Sofres,

- 68% des utilisateurs de bougies parfumées et 58 % des utilisateurs d'encens pensent que cette pratique peut *avoir un impact positif ou n'a pas d'effet sur la qualité de l'air intérieur*.
 - objet de convivialité - utilisés depuis plus de 10 ans
- 22 % utilisent des désodorisants combustibles au moins 1 fois / jour
- 69 % aèrent la pièce « systématiquement » ou « parfois » après utilisation
 - 76 % ouvrent une fenêtre
 - 57 % aèrent soit pendant utilisation soit pendant au moins 15 mn après utilisation
- Parmi les désodorisants combustibles, les bougies sont le type le plus utilisé (par 83 % des utilisateurs) dont 16 % plus de 2 H. 13 % utilisent plus de 3 bougies à la fois.

bâtons d'encens: concentrations élevées en benzène, toluène, éthylbenzène, styrène, formaldéhyde, acétaldéhyde et acroléine. On relève également des concentrations de HAP (Hydrocarbures Aliphatiques Polycycliques) et de particules élevées.

Les émissions sont les plus élevées pendant la combustion et pendant l'heure suivant la fin de la combustion, avant de diminuer sous l'effet de l'aération. Les encens sont également plus émissifs en particules que les bougies mais présentent des particules plus grosses (de 80 à 190 nm).

bougies : idem, mais niveaux variables, plus faible que encens

| COMPOSÉS | ÉCHANTILLONNAGE | BOUGIES (n=9) | | ENCENS (n=9) | | LAMPE À CATALYSE (n=1) |
|-----------------------|---------------------------------|---|--|---|--|---|
| | | Concentration moyenne ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) | Ecart-type ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) | Concentration moyenne ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) | Ecart-type ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) | Concentration ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) |
| Benzène | Combustion | 0,9 | 0,6 | 55,6 | 68,4 | 0,6 |
| | Post-combustion 0-1h | 0,8 | 0,6 | 71,3 | 92,5 | <LD |
| | Post-combustion 1-2h | 0,8 | 0,4 | 33,3 | 41,1 | <LD |
| | Post-combustion 2-3h | 0,6 | 0,5 | 20,1 | 24,3 | <LD |
| | Concentration max. sur 1h | 0,3 | 0,2 | 92,4 | 114,2 | 7,8 |
| Toluène | Combustion | 3,0 | 2,7 | 26,2 | 18,3 | <LD |
| | Post-combustion 0-1h | 2,1 | 2,2 | 27,6 | 21,4 | 9,0 |
| | Post-combustion 1-2h | 1,9 | 2,6 | 15,6 | 12,1 | 3,8 |
| | Post-combustion 2-3h | 1,3 | 0,3 | 26,0 | 36,4 | 4,0 |
| | Concentration max. sur 1h | 1,2 | 1,0 | 28,0 | 22,5 | 0,8 |
| Formaldéhyde | Combustion | 2,3 | 1,7 | 33,1 | 10,6 | 1,7 |
| | Post-combustion 0-1h | 5,8 | 3,8 | 25,0 | 7,6 | 3,4 |
| | Post-combustion 1-2h | 3,8 | 2,7 | 9,2 | 3,1 | 4,1 |
| | Post-combustion 2-3h | 5,7 | 4,2 | 7,3 | 4,2 | 6,4 |
| | Concentration max. sur 1h | 11,7 | 11,2 | 51,2 | 22,2 | 11,7 |
| Acétaldéhyde | Combustion | 0,8 | 0,7 | 38,6 | 34,7 | 5,4 |
| | Post-combustion 0-1h | 1,8 | 2,2 | 49,6 | 39,8 | 8,0 |
| | Post-combustion 1-2h | 1,5 | 1,0 | 24,5 | 18,3 | 5,0 |
| | Post-combustion 2-3h | 1,2 | 0,6 | 14,1 | 10,4 | 3,9 |
| | Concentration max. sur 1h | 28,4 | 40,7 | 78,2 | 55,9 | - |
| NO _x | Combustion | 55,7 | 20,8 | 11,4 | 7,9 | 31,9 |
| | Post-combustion 0-1h | 73,4 | 28,9 | 13,7 | 8,1 | 47,2 |
| | Post-combustion 1-2h | 20,6 | 18,6 | 5,2 | 10,5 | <LD |
| | Post-combustion 2-3h | 4,4 | 6,1 | 2,0 | 6,2 | <LD |
| | Concentration max. sur 1h | 89,4 | 30,2 | 19,7 | 10,1 | nd |
| Benzo(a)pyrene | Combustion + Post-Combustion | <LD | - | 3,3 | 3,2 | <LD |
| Benzo(a)anthracene | | 0,1 | 0,3 | 3,1 | 2,2 | 0,4 |
| Dibenzo(ah)anthracène | | <LD | - | 0,4 | 0,7 | <LD |
| 9,10-Anthraquinone | | 0,1 | 0,3 | 12,9 | 23,2 | <LD |

Tableau 4 : Concentrations moyennes ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) pour quelques composés émis par les bougies, les encens et la lampe à catalyse lors des essais dans la maison expérimentale MARIA

Les expositions obtenues ont été élaborées à partir de concentrations mesurées en conditions réelles, pendant l'utilisation et pendant les trois heures suivant l'utilisation. Ce choix permet de :

- Prendre en compte une partie des substances d'origine secondaire, celles formées par une réaction chimique dans l'air intérieur pendant la durée de mesure. Cette formation secondaire peut représenter une contribution significative, comme cela a été observé pour le formaldéhyde par exemple (INERIS, 2009 ; Maupetit et Squinazi, 2009 ; Salthammer, 2015 ; Chiappini, 2012 ; Nazaroff et Weschler, 2004 ; Kim et al., 2015 ; Steinemann, 2017) ;
- Se soustraire aux difficultés à simuler en chambre d'essai les combustions obtenues en conditions réelles. Ces difficultés comprennent la maîtrise de différents paramètres : taux d'humidité, taux d'oxygène, flux d'air, température, etc. (BEUC, 2005 ; Petry et al., 2014 ; Spruyt et al., 2006).

les concentrations traduisent une grande diversité des produits (de 5,9 à 167,1 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ de concentration moyenne de benzène pour les encens par exemple)

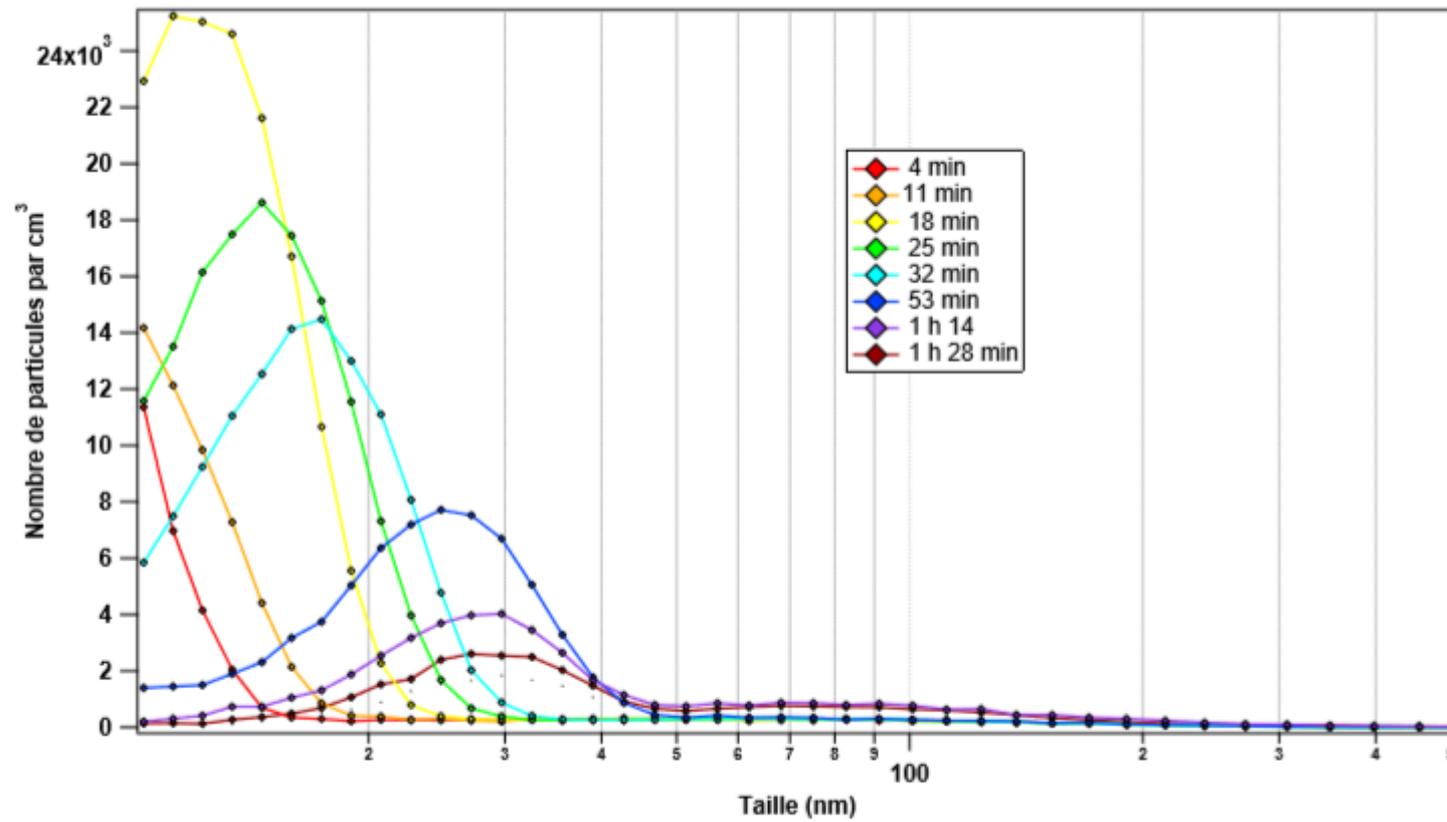


Figure 10 : Evolution de la distribution granulométrique des particules émises par une bougie au cours du temps

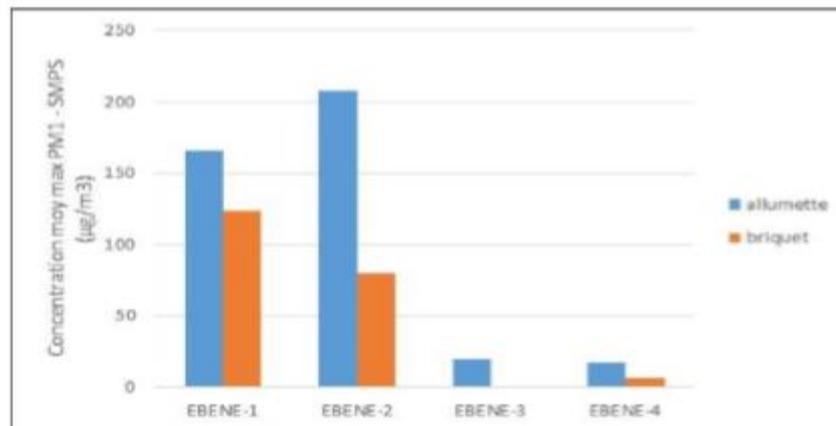


Figure 14 : Concentrations maximales moyennes en PM1 – SMPS (µg.m⁻³) selon le mode d'allumage par allumette ou briquet

Et si absence de combustion ?

Les sprays huiles essentielles :
une bonne image !

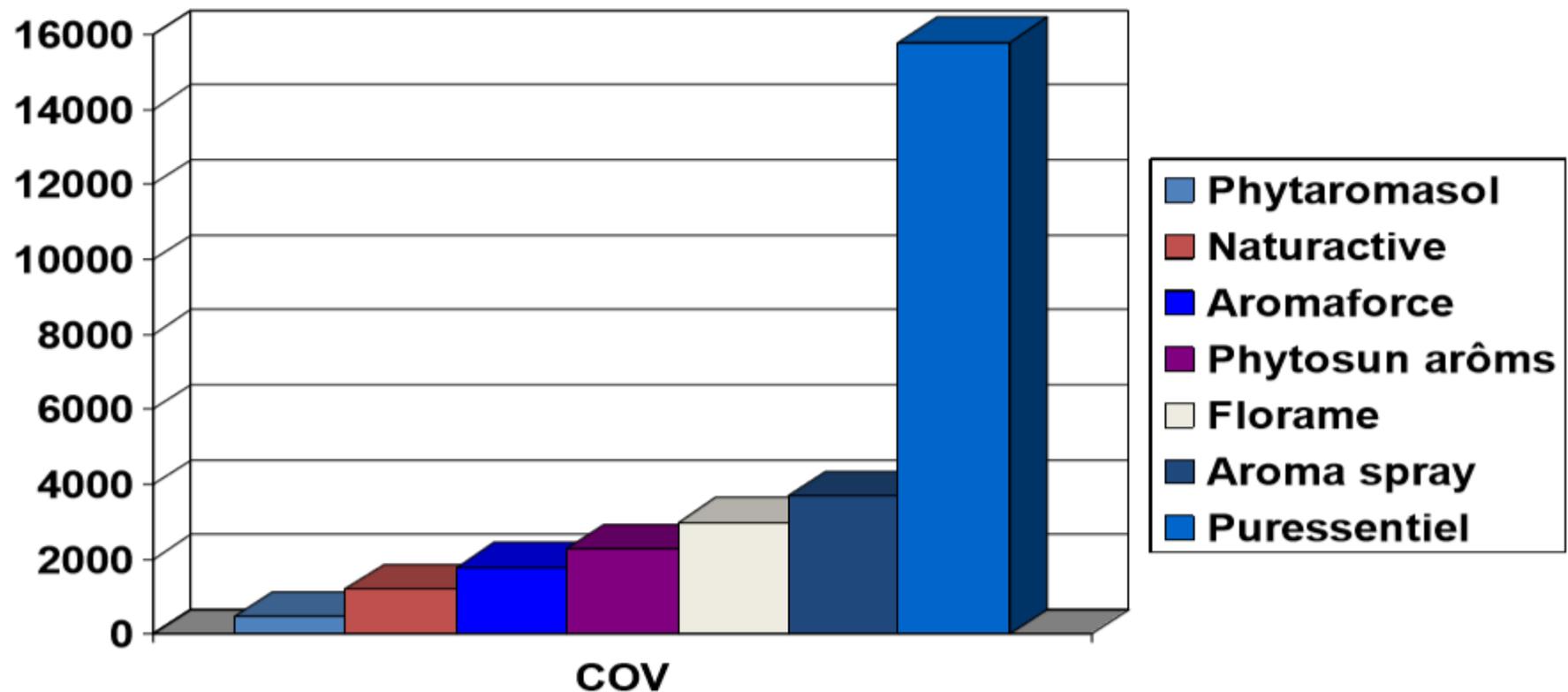
« Si c'est vendu en pharmacie, ça ne peut pas être mauvais, c'est bon pour la santé »

« Si c'est vendu en magasin bio, c'est naturel »

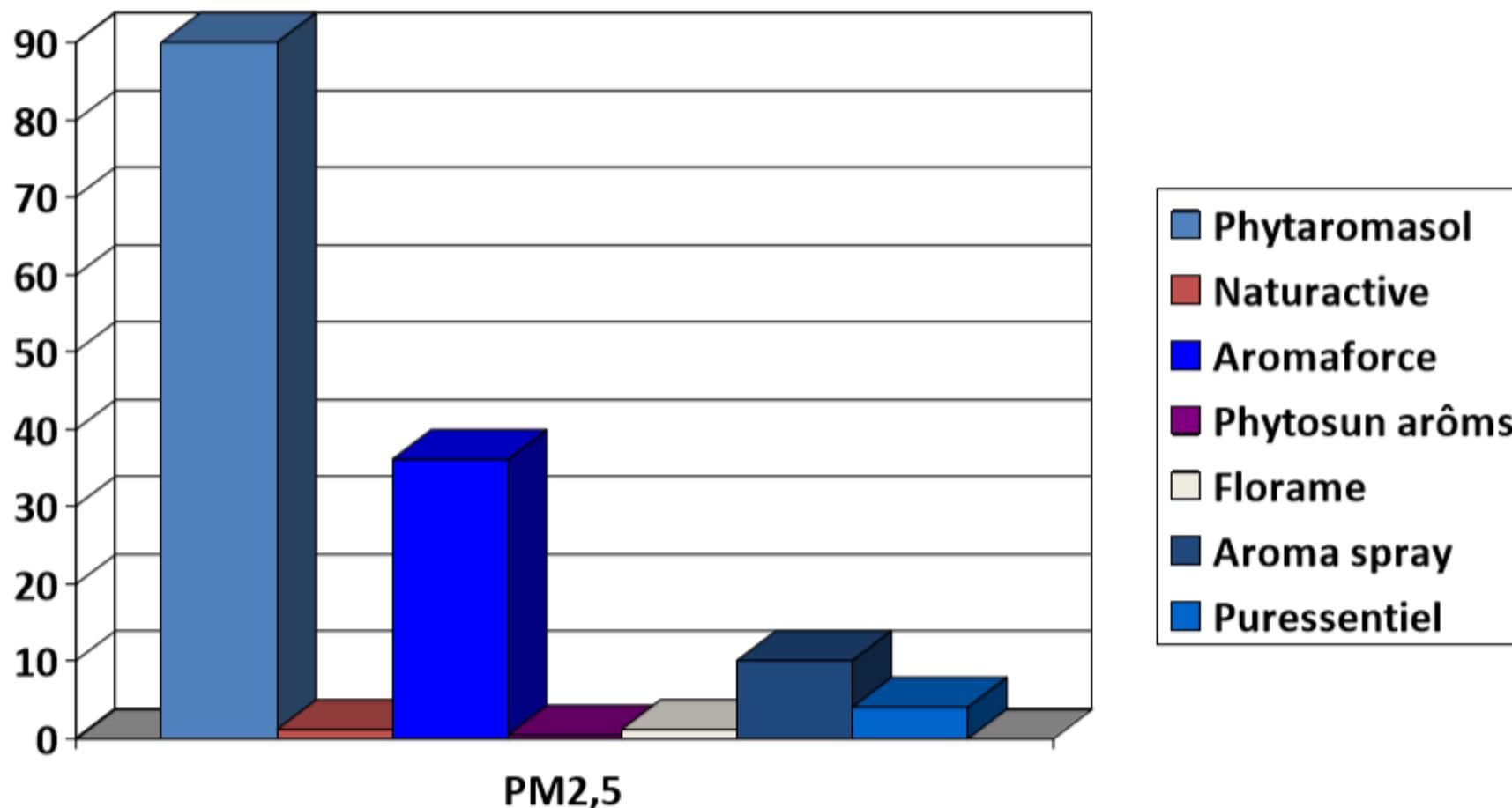
« Ces produits n'ont rien à voir avec tous les désodorisants issus de la chimie industrielle qu'on trouve en grandes surfaces. Ils sont présumés vertueux »

« Ils assainissent et purifient l'air et chassent les mauvaises odeurs »

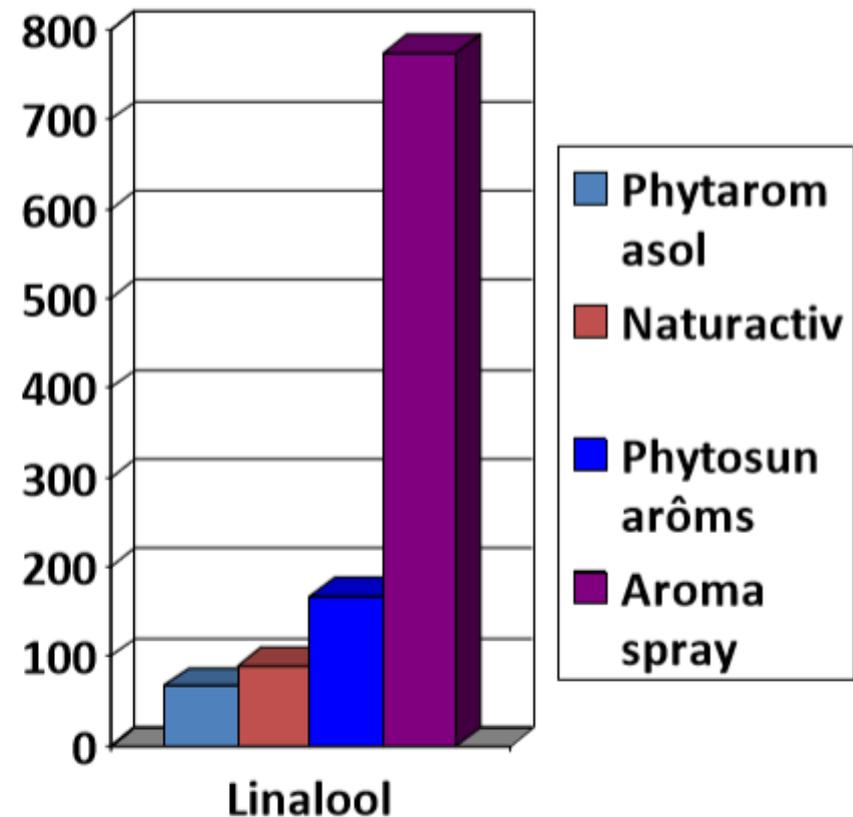
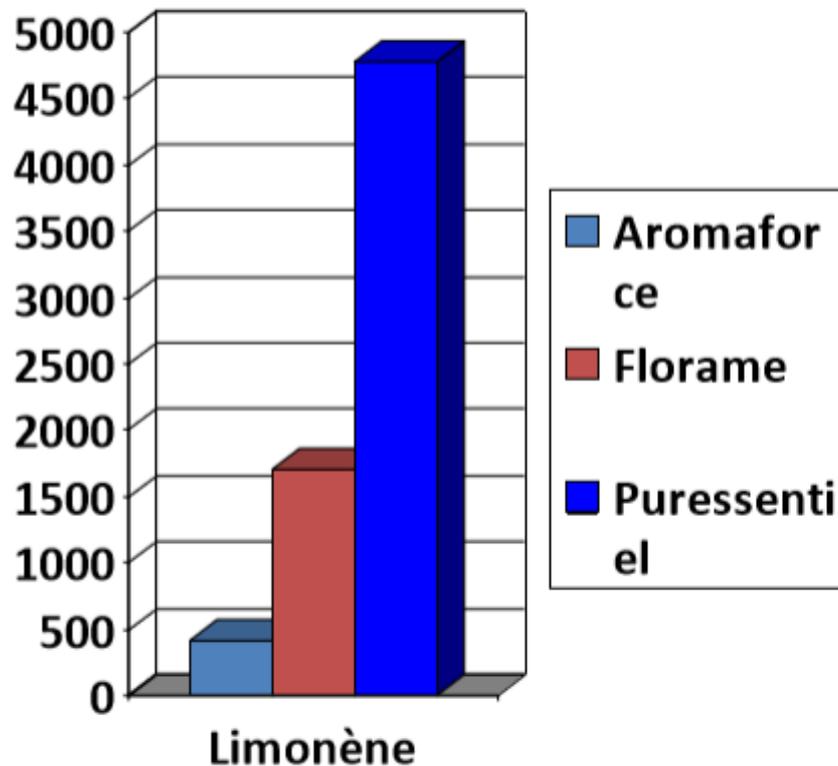
Concentration totale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en COV de 7 sprays d'huiles essentielles



Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en PM2,5 de 7 sprays d'huiles essentielles



Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en terpène prédominant de 7 sprays d'huiles essentielles



Mesure de la concentration de COV dans une pièce de 42 m³

| Composé | Pendant les 30 premières minutes après pulvérisation µg/m ³ | De 30 à 60 minutes après pulvérisation µg/m ³ |
|---|---|---|
| Eucalyptol | > 12 365,7 | > 8359,5 |
| Limonène | > 4875,9 | 3034,8 |
| Linalyl acétate | 4504,8 | 1 551,8 |
| Cyclohexanol, 5 methyl-2-(1-methylethyl)- | 3398,5 | 1167,6 |
| 1,6-Octadien-3-ol, 3-7 dimethyl- ou linalol | 3123,0 | 1529,1 |
| Somme des COV | > 38 972 | > 20 898 |

La pollution intérieure liée aux produits parfumés augmente les exacerbations chez les asthmatiques

- 1098 patients : n=313 (28.5%) asthmatiques et n=785 (71.5%) non asthmatiques
- Résultats :
 - 56 % des patients asthmatiques ont rapporté des pb de santé liés aux produits parfumés vs. 24% des patients non asthmatiques
 - Effet économique : 18% des asthmatiques ont eu au moins 1 jour d'absentéisme professionnel dans l'année précédente vs. 4% des non asthmatiques
 - 50% des patients (tous confondus) : non informés sur les effets toxiques des produits parfumés

| | Asthmatic | | Non-asthmatic | | POR (95% CI) |
|---------------------------|----------------|---------|----------------|---------|---------------------|
| | Prevalence (n) | Percent | Prevalence (n) | Percent | |
| Respiratory problems | 106 | 33.9 | 77 | 9.8 | 4.71 (3.38-6.56) |
| Mucosal symptoms | 83 | 26.5 | 71 | 9.0 | 3.63 (2.56-5.15) |
| Skin problems | 52 | 16.6 | 52 | 6.6 | 2.81 (1.86-4.23) |
| Migraine headaches | 53 | 16.9 | 57 | 7.3 | 2.60 (1.74-3.88) |
| Asthma attacks | 75 | 24.0 | 8 | 1.0 | 30.61 (14.55-64.36) |
| Neurological problems | 28 | 8.9 | 21 | 2.7 | 3.57 (1.98-6.40) |
| Cognitive problems | 27 | 8.6 | 18 | 2.3 | 4.02 (2.18-7.42) |
| Gastrointestinal problems | 21 | 6.7 | 15 | 1.9 | 3.69 (1.88-7.26) |
| Cardiovascular problems | 21 | 6.7 | 12 | 1.5 | 4.63 (2.25-9.54) |
| Immune system problems | 24 | 7.7 | 12 | 1.5 | 5.35 (2.64-10.84) |
| Musculoskeletal problems | 18 | 5.8 | 11 | 1.4 | 4.29 (2.00-9.20) |
| Other | 5 | 1.6 | 16 | 2.0 | 0.78 (0.28-2.15) |
| Total | 174 | 55.6 | 188 | 23.9 | 3.98 (3.01-5.24) |



Les asthmatiques sont plus affectés que les non asthmatiques par la pollution chimique liée aux produits parfumés (impact sanitaire et économique) .

Les composés organiques volatils totaux ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)*
*Composés éluant entre le n-hexane (C6) et le n-hexadécane (C16) inclus,
quantifiés avec le facteur de réponse du toluène*

COV totaux (UE) : 200 à 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
> 3000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$: irritations, inconfort (Molhave)

≤ 300 : valeur cible de confort
> 300 – 1000 : pas d'impact spécifique mais
augmentation de la ventilation recommandée
> 1000 – 3000 : recherche des sources,
augmentation de la ventilation
> 3000 – 10000 : impacts majeurs
> 10 000 : situation inacceptable

Agence fédérale allemande pour l'environnement (2007)

* Pompage sur support adsorbant spécifique Tenax TA (norme NF EN ISO 16000-6)

Les particules PM_{2,5}

- particules fines : valeurs guides (OMS, Anses)
 - 24 heures : PM_{2,5} < 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 - long terme : PM_{2,5} < 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Etude UFC Que Choisir juin 2018Ch

résultat pour pièce de 30 m², avec renouvellement d'air toutes les 2 h respect des recommandations du fabricant

ALIMENTATION & SANTÉ



- ++ Très bon 20 à 17
 - + Bon 16,5 à 13
 - Acceptable 12,5 à 10
 - Insuffisant 9,5 à 7
 - Très insuffisant 6,5 à 0
- es pourcentages entre parenthèses expriment le poids de chaque critère dans la notation finale.

AÉROSOLS ET SPRAYS

| | ÉTAMINE DU LYS | AIR WICK Pure. | BIOCOOP Désodorisant avec des huiles essentielles bio | NATURE ET DÉCOUVERTES Brume à la citronnelle aux 4 huiles essentielles bio | BACCIDE Spray assainissant aux huiles essentielles | ARKOPHARMA Spray assainissant huiles essentielles Cannelle, eucalyptus | USHUAÏA Air Pur 42 huiles essentielles | LCA Le spray anti-odeurs famille | LADRÔME LABORATOIRE Spray relaxation aux huiles essentielles bio | PRANAROM Spray assainissant. Assainit, purifie et désinfecte l'air | LE COMPTOIR AROMA Spray ambiant. Air pur assainissant. Menthe-citron | PURESENTIEL Assainissant spray aérien 41 huiles essentielles |
|--|--------------------|-----------------------|---|--|--|--|--|----------------------------------|--|--|--|--|
| Type de désodorisant | Spray | Aérosol | Spray | Spray | Spray | Spray | Spray | Spray | Spray | Aérosol | Spray | Spray |
| Contenance | 125 ml | 250 ml | 200 ml | 100 ml | 200 ml | 30 ml | 100 ml | 100 ml | 30 ml | 150 ml | 200 ml | 200 ml |
| Prix indicatif | 8,50 € | 5,40 € | 7,10 € | 13 € | 9,50 € | 7,90 € | 7,90 € | 11,90 € | 6,10 € | 11,50 € | 10,90 € | 21,80 € |
| Prix au litre | 68 € | 22 € | 36 € | 130 € | 48 € | 263 € | 79 € | 119 € | 203 € | 77 € | 55 € | 109 € |
| Principaux labels | Ecocert | - | Ecocert ; huiles essentielles bio | Huiles essentielles bio | - | - | - | - | Ecocert ; huiles essentielles bio | Ecogarantie Sertisys ; huiles essentielles bio | Qualité HEBBD ; huiles essentielles bio | - |
| Principales allégations | - | - | - | - | Assainissant | Assainissant | Assainissant | - | - | Assainissant | Assainissant | Assainissant |
| Toxicité (80 %) | +++ | ++ | + | + | + | + | - | - | - | - | - | - |
| Risques à l'inhalation (50 %) | +++ | ++ | + | + | + | + | - | - | - | - | - | - |
| Nombre d'ingrédients indésirables ⁽¹⁾ | 1 | 2 | 10 | 8 | 10 | 11 | 20 | 12 | 10 | 8 | 13 | 18 |
| Nombre d'ingrédients très allergisants | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 3 |
| Teneur en ingrédients très allergisants (µg/m ³) | 0 | Moins de 100 | Entre 101 et 800 | Entre 101 et 800 | Entre 101 et 800 | Entre 101 et 800 | Entre 801 et 3 000 | Entre 801 et 3 000 | Plus de 3 000 | Plus de 3 000 | Plus de 3 000 | Plus de 3 000 |
| Teneur en COV (µg/m ³) | Entre 500 et 2 000 | Entre 2 001 et 10 000 | Entre 500 et 2 000 | Entre 2 001 et 10 000 | Entre 2 001 et 10 000 | Entre 2 001 et 10 000 | Entre 2 001 et 10 000 | Entre 2 001 et 10 000 | Entre 2 001 et 10 000 | Entre 2 001 et 10 000 | Plus de 10 000 | Plus de 10 000 |
| Risques au contact (50 %) | ++ | + | ++ | ++ | - | + | + | - | - | - | - | - |
| Nombre d'ingrédients indésirables ⁽²⁾ | 15 | 9 | 16 | 17 | 23 | 19 | 21 | 21 | 13 | 14 | 18 | 23 |
| Nombre d'ingrédients très allergisants | 3 | 5 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 |
| Teneur en ingrédients très allergisants | Moins de 1 % | Moins de 1 % | Moins de 1 % | Moins de 1 % | Moins de 1 % | Moins de 1 % | Moins de 1 % | 1 à 3 % | Plus de 3 % | Plus de 3 % | Plus de 3 % | 1 à 3 % |
| Étiquetage (20 %) | +++ | +++ | +++ | + | ++ | + | + | + | +++ | ++ | ++ | ++ |
| Note globale (100 %) | 17,5/20 | 15/20 | 14/20 | 12/20 | 12/20 | 11/20 | 8,5/20 | 8/20 | 6,5/20 ⁽³⁾ | 6,5/20 ⁽³⁾ | 6,5/20 ⁽³⁾ | 6/20 |

(1) Présents en quantité supérieure à 10 µg/m³. (2) Présents en quantité supérieure à 0,01%. (3) L'appréciation globale ne peut pas être supérieure à l'appréciation sur la toxicité potentielle.

Des teneurs record en allergènes et en COV

autopurifié par des bouillottes non volatilisées

La pollution intérieure liée aux produits parfumés augmente les exacerbations chez les asthmatiques

- 1098 patients : n=313 (28.5%) asthmatiques et n=785 (71.5%) non asthmatiques
- Résultats :
 - 56 % des patients asthmatiques ont rapporté des pb de santé liés aux produits parfumés vs. 24% des patients non asthmatiques
 - Effet économique : 18% des asthmatiques ont eu au moins 1 jour d'absentéisme professionnel dans l'année précédente vs. 4% des non asthmatiques
 - 50% des patients (tous confondus) : non informés sur les effets toxiques des produits parfumés

| | Asthmatic | | Non-asthmatic | | POR (95% CI) |
|---------------------------|----------------|---------|----------------|---------|---------------------|
| | Prevalence (n) | Percent | Prevalence (n) | Percent | |
| Respiratory problems | 106 | 33.9 | 77 | 9.8 | 4.71 (3.38-6.56) |
| Mucosal symptoms | 83 | 26.5 | 71 | 9.0 | 3.63 (2.56-5.15) |
| Skin problems | 52 | 16.6 | 52 | 6.6 | 2.81 (1.86-4.23) |
| Migraine headaches | 53 | 16.9 | 57 | 7.3 | 2.60 (1.74-3.88) |
| Asthma attacks | 75 | 24.0 | 8 | 1.0 | 30.61 (14.55-64.36) |
| Neurological problems | 28 | 8.9 | 21 | 2.7 | 3.57 (1.98-6.40) |
| Cognitive problems | 27 | 8.6 | 18 | 2.3 | 4.02 (2.18-7.42) |
| Gastrointestinal problems | 21 | 6.7 | 15 | 1.9 | 3.69 (1.88-7.26) |
| Cardiovascular problems | 21 | 6.7 | 12 | 1.5 | 4.63 (2.25-9.54) |
| Immune system problems | 24 | 7.7 | 12 | 1.5 | 5.35 (2.64-10.84) |
| Musculoskeletal problems | 18 | 5.8 | 11 | 1.4 | 4.29 (2.00-9.20) |
| Other | 5 | 1.6 | 16 | 2.0 | 0.78 (0.28-2.15) |
| Total | 174 | 55.6 | 188 | 23.9 | 3.98 (3.01-5.24) |



Les asthmatiques sont plus affectés que les non asthmatiques par la pollution chimique liée aux produits parfumés (impact sanitaire et économique) .

| N° CAS | Composés | Date de choix formel (*) | VTR inh AS – VGAI LT – CLI ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) | Organisme | Année VTR | Date de choix formel (*) | VTR inh SS ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) ⁻¹ | Organisme | Année VTR | Date de choix formel (*) | VTR aigue - VGAI CT ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Organisme | Année VTR |
|------------|--------------------------------|--------------------------|--|-----------|-----------|--------------------------|--|--------------|-----------|--------------------------|--|-----------|-----------|
| 108-88-3 | Toluène | 2010 | $3,0\cdot 10^3$ | ANSES | 2010 | - | - | - | - | - | $3,7\cdot 10^4$ | OEHHA | 2009 |
| 100-41-4 | Ethylbenzène | - | $3,0\cdot 10^2$ | ATSDR | 2010 | - | $2,5\cdot 10^4$ | OEHHA | 2009 | - | - | - | - |
| 91-20-3 | Naphtalène | 21/12/2015 | $3,7\cdot 10^3$ | ANSES | 2013 | 21/12/2015 | $5,6\cdot 10^4$ | ANSES | 2013 | - | - | - | - |
| 50-00-0 | Formaldéhyde | 25/02/2010 | 9,0 | OEHHA | 2008 | 25/02/2010 | $5,3\cdot 10^4$ | Santé Canada | 2000 | - | $5,5\cdot 10^3$ | OEHHA | 2009 |
| 75-07-0 | Acétaldéhyde | 30/04/2014 | $1,6\cdot 10^2$ | ANSES | 2014 | 27/09/2011 | $2,2\cdot 10^4$ | US EPA | 1991 | 30/04/2014 | $3,0\cdot 10^3$ | ANSES | 2014 |
| 107-02-8 | Acroléine | 03/07/2015 | $8,0\cdot 10^1$ | ANSES | 2013 | - | - | - | - | 22/04/2013 | 6,9 | ANSES | 2013 |
| 7785-26-4 | a-Pinène | - | $4,5\cdot 10^2$ | AFSSET | 2009 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 5989-27-5 | d-Limonène | - | $4,5\cdot 10^2$ | AFSSET | 2009 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 67-64-1 | Acétone | - | $3,3\cdot 10^4$ | ATSDR | 1994 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 123-38-6 | Propionaldéhyde | 2009 | 8,0 | US EPA | 2008 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 100-52-7 | Benzaldéhyde | - | $9,0\cdot 10^3$ | AFSSET | 2009 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 84-66-2 | Diéthyl phtalate | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| - | Particules - PM ₁ | - | cf. PM _{2,5} à défaut de valeur spécifique | | | - | - | - | - | 18/01/2010 | $2,5\cdot 10^3$ | OMS | 2005 |
| - | Particules - PM _{2,5} | 18/01/2010 | $1,0\cdot 10^3$ | OMS | 2005 | - | - | - | - | 18/01/2010 | $2,5\cdot 10^3$ | OMS | 2005 |
| - | Particules - PM ₁₀ | 18/01/2010 | $2,0\cdot 10^3$ | OMS | 2005 | - | - | - | - | 18/01/2010 | $5,0\cdot 10^3$ | OMS | 2005 |
| 50-32-8 | Benzo(a)pyrène | - | - | - | - | - | $1,1\cdot 10^3$ | OEHHA | 2009 | - | - | - | - |
| 56-55-3 | Benzo(a)anthracène | - | - | - | - | - | $1,1\cdot 10^4$ | INERIS | 2003 | - | - | - | - |
| 53-70-3 | Dibenzo(ah)anthracène | - | - | - | - | - | $1,1\cdot 10^3$ | INERIS | 2003 | - | - | - | - |
| 1333-86-4 | Carbone suie | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 10102-43-9 | NO | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 10102-44-0 | NO ₂ | 15/02/2013 | $2,0\cdot 10^3$ | ANSES | 2013 | - | - | - | - | 15/02/2013 | $2,0\cdot 10^2$ | ANSES | 2013 |
| 71-43-2 | Benzène | - | 9,8 | ATSDR | 2007 | 2013 | $2,6\cdot 10^5$ | ANSES | 2013 | - | $2,7\cdot 10^3$ | OEHHA | 2009 |

Tableau 10 : Valeurs toxicologiques de référence (VTR) retenues l'évaluation des risques sanitaires

Où : AS signifie A Seuil ; Inh signifie Inhalation ; SS signifie Sans Seuil ; VGAI LT signifie Valeurs Guides de qualité d'Air Intérieur pour des expositions de Long Terme ; VGAI CT signifie Valeurs Guides de qualité d'Air Intérieur pour des expositions de Court Terme ; CLI signifie Concentration Limite d'Intérêt.

(*) Le cas échéant : date de l'expertise collective nationale portant sur un choix de VTR.

Valeur Toxicologique de référence

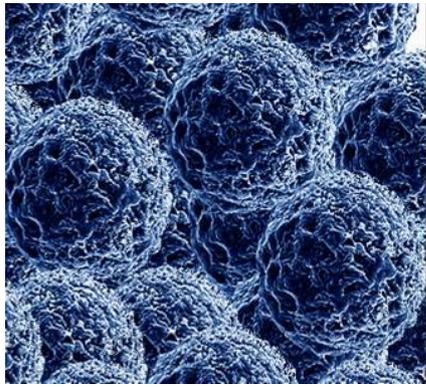
Une valeur toxicologique de référence (VTR) est un indice toxicologique qui permet, par comparaison avec l'exposition, de qualifier ou de quantifier un risque pour la santé humaine. Le mode d'élaboration des VTR dépend des données disponibles sur les mécanismes d'action toxicologique des substances et d'hypothèses communément admises : on distingue ainsi des « VTR sans seuil de dose » et des « VTR à seuil de dose ». Elles sont largement utilisées dans la démarche d'évaluation quantitative des risques sanitaires, processus décisionnel visant à fournir les éléments scientifiques essentiels à la proposition d'actions correctives par les gestionnaires de risque (réglementation ICPE, prévention, gestion locale d'une situation dégradée)... L'élaboration de VTR suit une approche très structurée et exigeante qui implique des évaluations collectives.

VTR sans seuil de dose d'exposition : la plupart des effets sont cancérogènes = probabilité supplémentaire par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu contracte un effet s'il est exposé pendant sa vie entière à une unité de dose de la substance

VTR avec seuil d'exposition: la plupart des effets sont non cancérogènes. Dans ce cas le VTR représente le seuil en dessous duquel aucun effet sanitaire n'est attendu Pour une exposition par inhalation, à la place du VTR, on parle de Concentration Admissible dans l'air (CAA) (en $\mu\text{gr} \cdot \text{M}3$)

L'élaboration des VTR comprend les étapes suivantes :

- ▶ recenser et analyser les données de toxicité disponibles, sur la base d'études épidémiologiques et/ou expérimentales,
- ▶ identifier le ou les organes cibles et l'effet critique,
- ▶ identifier l'hypothèse de construction, à seuil ou sans seuil de dose, en fonction du mode d'action de la substance,
- ▶ choisir une (ou plusieurs) étude clé de bonne qualité scientifique permettant généralement d'établir une relation dose-réponse (ou dose-effet),
- ▶ définir une dose critique chez l'Homme ou l'animal à partir de cette étude, éventuellement dans le cas d'une dose critique obtenue chez l'animal, ajuster cette dose à l'Homme,
- ▶ pour une VTR à seuil, appliquer des facteurs d'incertitude à cette dose critique de manière à dériver une VTR applicable à l'ensemble de la population,
- ▶ pour une VTR sans seuil, réaliser une extrapolation linéaire à l'origine afin de déterminer un excès de risque unitaire.



Les nanoparticules

de 1 à 100 nanomètres (1 nm = 1 milliardième de m, terre / bille)

-depuis 20 ans des matériaux très connus (argent, oxyde de fer, silice) peuvent être transformé en nanoparticules La transformation modifie leur comportement

Ag = antibactérien

Or =catalyseur

des isolants deviennent conducteur...

Dioxyde de titane: le comportement dépend de la taille, forme, état d'agglomération

8 paramètres si on modifie un seul critère, on modifie les propriétés , et la toxicité

- Déséquilibre: en 2014 92 % des publications concernent les applications industrielles, 8 % la santé
- Problème:
 - pénétration dans organisme facilité
 - interaction avec organisme multipliée (< surface de contact)
 - exposition de l'organisme inconnue
 - multiplicité des effets selon paramètres
 - peu de connaissance sur les mécanisme d'élimination

quelques exemples



- **DIOXYDE de TITANE** TiO_2 E 171
colorant blanc ou irisé MMs couche blanche entre chocolat et couche colorée
Dans des bonbons donne aspect pailleté
- **OXYDE de FER** Fe_2O_3 E172
colorant jaune ou rouge
- **DIOXYDE de TITANE** TiO_2 titanium dioxyde CI 77891
Opaciant, colorant, filtre solaire (evite les traces blanches)
- **OXYDE de ZINC** ZnO CI 77947
filtre solaire, colorant
- **OXYDE de FER** FeO_3 iron oxyde CI 77489
Colorant noir rouge orange jaune
- **DIOXYDE de Titane** TiO_2 E171
excipient pelliculage des cp et gelule
par exemple Doliprane 500 contient TiO_2 , pas le comprimé



Sources

2015: 350000 t produites en France, 120000 t importées

- Pneus : plus gros utilisateur mondial
- Bâtiments, agriculture: dioxyde de titane: rend les vitres autonettoyantes
- vêtements:, ustensiles de cuisine: Ag antibactérien, nano carbone dans article de sport
- Médicaments: 4000

Voies de pénétration

- Inhalation: la plus étudiée: passage de la barrière alvéolaire
- Voie cutanée: dans les ganglions en cas de tatouage
passage probable sur peau lésée (coup de soleil, eczéma)
- Ingestion peu explorée
 - Etude sur dioxyde de Ti chez souris: baisse de l'immunité et lésion pré cancéreuses
 - données très parcellaires sur la toxicité : induit stress oxydant, inflammation
 - Difficulté ++ de normalisation des techniques d'analyse

réglementation

- 2014: réglementation impose l'étiquetage des nano dans l'alimentation
- Que choisir 2018: Ducros répond que l'antiagglomérant n'est pas au départ nanométrique, Doliprane avec nano non mentionnéprésence de nano dans de nombreuses crèmes, ou aliments, sans étiquetage

Impact sur environnement:

- *encore moins bien connu*

-rôle des nano des cremes solaires sur les coraux,

-devenir des pneus ou du beton lorsque celui-ci s'use,

- en cas de recyclage (*granules de pneus qui deviennent terrain de sport*)

- aliments ou cosmétique qui via les égouts se retrouvent dans les boues d'épurations ensuite utilisées comme engrais

- Le nanoargent utilisé ds vêtements antibacteriens ou anti odeur part au lavage action biocide - rôle sur flore, sur station d'épuration ...

Sommes nous d'accord d'altérer la qualité de l'eau pour avoir des chaussettes odorantes?

Choix de société, mais débat « faible »



#2^e

R

Habitat: compétition entre bactéries, moisissures, insectes

- Une vingtaine d'espèces d'acariens : *Dermatophagoides pteronyssinus* et *farinae*, *acarus syro*, *blomia tropicalis* (mangé par *Cheyletus*)
- Une centaine d'espèces de moisissures
- Les acariens (250 µgr) se nourrissent de spore (2-4 µgr) et peuvent les transporter sur leur corps (50 spores) en traversant une flore fungique contribuant aux transport des moisissures

Les acariens ont des préférences alimentaires

- **Espèces attractives** : *A.alternata*, *C.sphaerospermum*, *P.chrysogenum*

Pénicillium : fournissent Vit B et D (croissance)

Acarus siro : conso de moisissures produit guanine = phéromone favorisant accouplement des acariens

- **Espèces répulsives** : *A.versicolor*, *Stachybotrytis Chartarum*

Production de **COV** (géosmine) et de **mycotoxine** (satrotoxine, stachylysine)

- 2000 acariens par gr de poussiere (matelas) : si < des acariens déséquilibre de la flore fungique dans certains habitats
- **T°** joue un rôle sur vitesse de déplacement : dermatophagoides / acarus siro
si baisse température affaiblissement du dermatophagoides D'autres facteurs comme taux d'humidité, présence de nourriture, insecticide vont favoriser ou pas tel ou telle espèce



Asthma caused by ficus benjamina

Ann Allergy Asthma Immunol 1998; 80 (1): 24-30



- ⌘ Plante intérieure
- ⌘ rhinite et asthme prof/domestique
- ⌘ allergène contenu dans la sève
- ⌘ TC+ IgE spé +TPB +
- ⌘ angioœdème
- ⌘ par allergie croisée après ingestion de figes et de kiwi

Intolérances environnementales idiopathiques

Absence de mécanisme physiopathologique établie, malgré présentations cliniques assez stéréotypées

Syndrome du bâtiment malsain (sick building syndrome)

sensation d'irritation yeux, peau et de gorge sèche, nez bouché ou rhinorrhée claire, céphalée et fatigue, parfois gêne respiratoire
Disparition en dehors de l'habitat suspect

Syndrome d'Hypersensibilité Chimique Multiple:

ORL, œil, cutané, neuro, digestif..
souvent déclenchement par odeur du neuf, parfum, parfums...

Bilan large - Difficulté à trouver un équilibre entre les aménagements réalisables et la gêne ressentie

Vous etes l'intervenant dans une
conférence grand public sur la
pollution interieure

citez les concepts ou
recommandation que vous voulez
développer

Votre Environnement au Quotidien

VOTRE DOMICILE
EN TOUTE
TRANQUILITÉ

Salle de bain, WC

RISQUES

Produits ménagers, spray divers (laques, déodorants...), linge humide
Moisissures

SOLUTIONS

- > Ne pas obstruer les dispositifs de ventilation (bouches d'aération)
- > Limiter les aérosols et le nombre de produits d'entretien



RISQUES

Poussières, moisissures, insectes, mites

SOLUTIONS

- > Aspirer
- > Nettoyer régulièrement



Grenier

Chambre

RISQUES

Lit - Sommier, Air trop sec, température trop élevée.
Acaréens, moisissures

SOLUTIONS

- > Aérer
- > Ne pas fumer
- > Aspirer les sols



Conseils pratiques

Garage, cave, sous-sol

RISQUES

Gaz d'échappement, essence, produits de bricolage et de jardinage

SOLUTIONS

- > Ne pas obstruer les dispositifs de ventilation (bouches d'aération)
- > Se débarrasser des produits périmés ou inutiles
- > Bien fermer les produits après utilisation



Salon, Salle à manger

RISQUES

Désodorisants divers, tabac, moquette, mobilier, cheminée à foyer ouvert, revêtement sol, colle à papier peint, moquette, certaines plantes d'intérieur (ex. *Ficus*), bougies, encens. *Allergènes animaux (chat, chien, lapin, hamster, oiseaux...)*. *Moisissures. Poussières. Acariens.*

SOLUTIONS

- > Aérer
- > Ne pas fumer
- > Aspirer les sols
- > Exclure les diffuseurs d'huiles essentielles
- > Placer un détecteur de fumée



Cuisine

RISQUES

Grille pain, Produits décapants et d'entretien, Combustion par la cuisine au gaz, Mobilier en bois lamellé-collé. *allergènes animaux (chat, chien, lapin, hamster, oiseaux...)*
Formaldéhyde, moisissures

SOLUTIONS

- > Laver
- > Aérer
- > Ne pas obstruer les dispositifs de ventilation (bouches d'aération)
- > Entretien la hotte aspirante
- > Limiter les aérosols et le nombre de produits d'entretien
- > Préférer des produits plus "sains" (sans allergènes et émettant le moins de COV)
- > Respecter les modes d'emploi des produits chimiques (étiquettes)
- > Régler les matériels de cuisson et de chauffage



Ce que chacun peut mettre en œuvre

Principales recommandations

- **Aération**
- **Maintenance équipements**
- **Comportements**
- **Choix des produits d'entretien**
- **Si rénovation :**
 - **Choix des Matériaux**
 - **Mise en place d'une ventilation efficace**



La ventilation

le décret EPB (performances énergétiques et bien-être intérieur) la norme NBN D50-001.

3,6 mètres cubes par heure et par mètre carré de surface

exemple: 43 m³ / H pour une chambre de 12 m²

= 2 renouvellement du volume de la pièce / heure

= 15 à 30 mn / j

Naturelle ou mécanique (nécessité d'entretien pour VMC)

Les purificateurs d'air n'ont pas démontré leur intérêt

Une maison qui sent bon est sale Une maison propre n'a pas d'odeur !

Produits d'entretien :

- Polluants nombreux (parfums, solvants, biocides, plastifiants...)
- Choix des produits d'entretien moins nocifs (limité en parfums, faible teneur en COV, sans éthers de glycol)
- Produits désinfectants déconseillés
- Respect des protocoles de nettoyage et de dilution important
- Bien aérer pendant et après le nettoyage
- Aide au choix : Etiquetage (risques), contact fabricant, FDS, Labels



- Alternative : Nettoyage vapeur (temps de nettoyage plus long mais économie des produits)

Aspiration des poussières : Aspiration centralisée : évite la remise en suspension des poussières

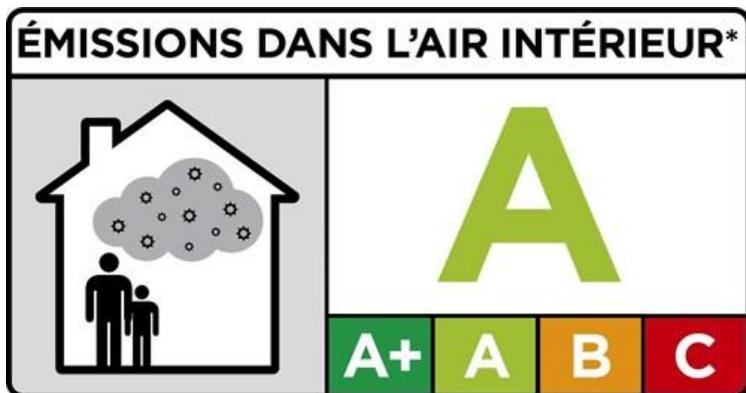
Produits d'entretien suite...

- Choisir produits chimiquement simples
Vinaigre blanc pour détartre, bicarbonates de soude pour désodoriser
- Éviter les formes aérosols
- Éviter les produits « bactéricides ou désinfectants »
marketing: baisse du temps de ménage , donc marketing sur produits » puissants »

ammoniums quaternaire (chl de benzalconium...)
 - *Problème de résistance :*
ammonium quat. desormais inactif sur Listeria monocytogenes, Pseudomonas Aeruginos moins sensible
 - *Impossible dans maison de reproduire les conditions de leur efficacité:*
usage pur, surface lisse ,temperature 20 °, durée contact 5à15 mn)
 - *Et théorie hygiéniste ...*
- Pour la toilette préférer les savons solides

Choix des matériaux

Réglementation : Etiquetage sanitaire



Décret
N° 2011-321
du 23 mars 2011

Depuis 1er Janvier 2012 pour les nouvelles références mises sur le marché à partir de janvier 2012

1er septembre 2013 : toutes les autres références.

| Classes | C | B | A | A+ |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|
| TVOC | > 2000 | < 2000 | < 1500 | < 1000 |
| 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-Butoxyethanol | > 2000 | < 2000 | < 1500 | < 1000 |
| Styrène | > 500 | < 500 | < 350 | < 250 |

Concerne les produits utilisés exclusivement ou non en intérieur

Labels



- meuble neuf :

*si possible le laisser une semaine dans un endroit aéré
jeter les cartons d'emballage*

- pour parquets :

choisir vitrification sans solvant et en phase aqueuse

*

- usages modérés des bougies, et encens

*privilégier les matériaux avec peu de matière:
preferer les batonnet fins aux cônes ou aux morceaux de
résines*

Compte-rendu de visite à domicile du 30 mars 2016

| | |
|--|--|
| Concernant : [REDACTED] Adresse : [REDACTED] 320 LA GRAND CROIX Allergie : [REDACTED] Dossier N° : 8997 Statut du patient : <input type="checkbox"/> Locataire <input checked="" type="checkbox"/> Propriétaire | Médecin prescripteur : <input type="checkbox"/> Médecin libéral <input type="checkbox"/> Pneumologue <input type="checkbox"/> Médecin hospitalier <input type="checkbox"/> Pédiatre <input type="checkbox"/> Médecin traitant <input checked="" type="checkbox"/> Allergologue |
| <h3>Synthèse des constats</h3> | |
| <p>Le logement est situé à proximité immédiate de l'autoroute (inférieur à 500m) ce qui génère une exposition à des polluants chimiques irritants.</p> <p>Le patient de par son activité professionnelle est en contact quotidien avec des produits chimiques destinés au professionnel du bâtiment (société de commerce de gros de produits chimiques). Le patient est particulièrement exposé de façon chronique dans son véhicule professionnel à des émissions de polluants chimiques irritants (désinfectants, décapants, détergents, aérosols...). Une quantité non-négligeable de produit en phase solvant, est stocké dans son véhicule (odeur fortement perceptible). Ce stock est particulièrement influencé par l'hygrométrie et la température de l'air.</p> <p>Dans le logement, certains éléments favorisent la prolifération des acariens ainsi que l'exposition aux allergènes : absence de housse anti-acariens hermétique autour du matelas, lavage irrégulier des grosses pièces de literie, canapé en tissu à l'étage, livres non rangées à l'abri de la poussière, aspirateur sans HEPA, coussins rarement lavés.</p> <p>L'aération quotidienne est insuffisante et le logement ne dispose d'aucun système de ventilation.</p> <p>La présence d'un lapin peut engendrer des réactions allergiques en cas d'allergie avérée.</p> <p>Des produits émissifs en composés chimiques sont utilisés et peuvent aggraver les symptômes : parfums d'intérieur sous forme de bougies, produits ménagers irritants et parfumés, lessive irritante et parfumée.</p> <p>Le patient fume à l'extérieur du logement (effet cancérogène possible, irritations pour la peau et les voies respiratoires, exacerbation des allergies et de l'asthme).</p> | |

Prélèvements et mesures

Bilan sur la ventilation/aération

| Pièces | Amenées d'air | Sorties d'air | Aération quotidienne en saison froide |
|----------------|---------------|---------------|---------------------------------------|
| Cuisine | Aucune | Aucune | Pas systématique |
| Séjour | Aucune | Aucune | Pas systématique |
| Chambres | Aucune | Aucune | Pas systématique |
| Salle de bains | Aucune | Aucune | Pas systématique |

Mesures environnementales

Température extérieure : 17,0°C

Humidité relative extérieure : 35,0 %RH

| Pièces | Humidité relative (%) | Température (°C) | CO2 (ppm) | Formaldéhyde (µg/m³) |
|----------------|-----------------------|------------------|-----------|----------------------|
| Séjour | 51,6 | 20,3 | 705 | 37,5 |
| Chambre | 52 | 20 | 820 | |
| Limites | <60 | <20 | <1000 | <30 |

Les polluants ont une origine commune mais

1- polluants urbains (PM, No2)

polluants - *pas d'effets directs sur le dérèglement climatique*
- *mais effets locaux sur santé et environnement*

court et moyens terme

2- gaz à effets de serre (CO2, méthanes)

polluants - *effet sur planète COP 21*
- *peu d'effet sur santé (à court terme..)*

long terme



Chauffage au bois

- energie renouvelable : *peu d'energie fossile, bon pour pollution atmosphérique*
- mais polluant intérieur: *mauvais sur santé*



Chauffage au bois

- energie renouvelable : *peu d'energie fossile, bon pour pollution atmosphérique*
- mais polluant intérieur: *mauvais sur santé*

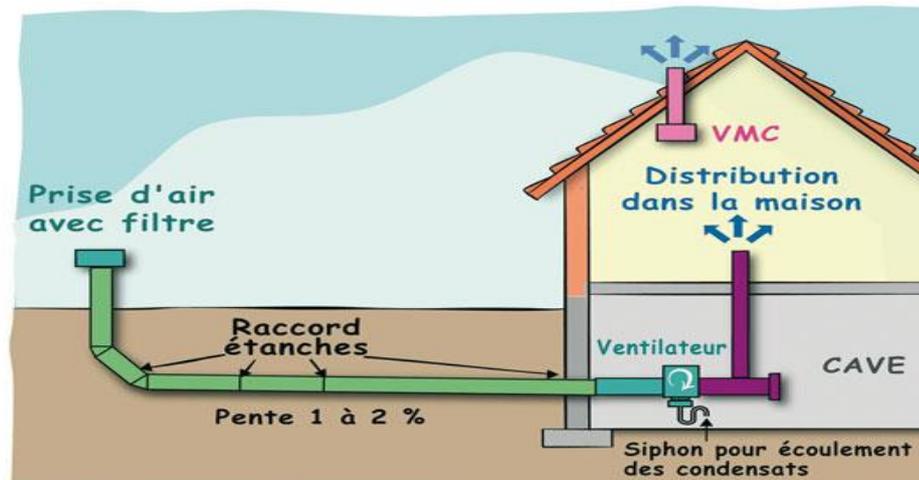
| | SO2 | NOx | CxHy | CO | CO2 | Poussières |
|--|-----|-----|------|------|--------|------------|
| Chaudière Fioul | 140 | 40 | 10 | 50 | 78000 | 5 |
| Chaudière Gaz Naturel | 0 | 40 | 5 | 50 | 52000 | 0 |
| Chaudière Charbon | 340 | 70 | 10 | 4500 | 104000 | 60 |
| Chaudière à bois bûches traditionnelle | 10 | 50 | 1000 | 6000 | 0 | 70 |
| Chaudière à bois bûche moderne | 10 | 42 | 9 | 366 | 0 | 14 |
| Chaudière à bois déchiqueté | 10 | 45 | 2 | 16 | 0 | 4 |

| Type et classe d'appareil | | Rendement énergétique (en %) | Émissions de CO | Émissions de particules fines (en mg/Nm³) |
|---------------------------|-----|------------------------------|-----------------|---|
| Poêle à bûches | 5 ★ | ≥ 70 | ≤ 0,30 % | ≤ 90 |
| | 6 ★ | ≥ 75 | ≤ 0,15 % | ≤ 50 |
| | 7 ★ | ≥ 75 | ≤ 0,12 % | ≤ 40 |
| Poêle à granulés | 5 ★ | ≥ 85 | ≤ 0,04 % | ≤ 90 |
| | 6 ★ | ≥ 86 | ≤ 0,03 % | ≤ 40 |
| | 7 ★ | ≥ 87 | ≤ 0,02 % | ≤ 30 |
| Chaudière à bûches | 5 ★ | > 80 | ≤ 700 mg/Nm³ | ≤ 60 |
| | 6 ★ | > 87 | ≤ 600 mg/Nm³ | ≤ 40 |
| | 7 ★ | > 87 | ≤ 500 mg/Nm³ | ≤ 30 |
| Chaudière automatique | 5 ★ | > 85 | ≤ 500 mg/Nm³ | ≤ 40 |
| | 6 ★ | > 87 | ≤ 450 mg/Nm³ | ≤ 30 |
| | 7 ★ | > 87 | ≤ 300 mg/Nm³ | ≤ 20 |

Source : Flamme Verte.

Isolation des bâtiments :

- limitation de l'énergie: *bon pour la pollution atmosphérique*
- augmentation des polluants intérieurs : *mauvais sur santé*





Étalement urbain :

- maison isolée

utilisation énergie fossile: *goudron, essence, diminution
espace naturels*
mauvais pour pollution atmosphérique

- habitat en ville

augmente concentration des polluants urbains



donc parfois solutions techniques...

***mais translation énergie fossile vers énergies renouvelables:
limites ...***

nécessité d'évolution vers des modes de vie économes en énergie...