



# Info Santé Environnement Intérieur

N°3 Septembre 2002

Bulletin de veille scientifique conçu et réalisé par le réseau RSEIN *Recherche Santé Environnement Intérieur*, grâce à des financements du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable et de la Direction Générale de la Santé

## EDITO

### Habitat, asthme et maladies allergiques

Il ne se passe plus un congrès de pneumologie ou d'allergologie où le rôle protecteur, tant des microorganismes que de l'exposition à de fortes doses d'allergènes, ne soit largement exposé et discuté. Ces débats de spécialistes sont désormais connus du grand public, puisque les principaux médias ont récemment souligné que la bonne méthode pour éviter l'allergie au chat était d'y être très fortement exposé durant la première année de vie. Ainsi, deux grandes hypothèses sont à l'heure actuelle très fortement débattues. La première, l'hypothèse hygiéniste, qui soutient que l'absence d'exposition suffisante aux microorganismes au début de la vie est responsable de l'augmentation des maladies allergiques. Les tenants de cette thèse s'appuient sur des études épidémiologiques qui ont démontré que les petits bavarois entre autres suisses et autrichiens qui vivent dans des fermes traditionnelles sont moins allergiques que leurs homologues citadins. Cependant, s'il est certain que ces petits fermiers sont moins allergiques, le ou les facteurs responsables ne sont pas encore précisés. En effet, les endotoxines apparaissent comme un excellent candidat, stimulant l'immunité infectieuse et bloquant ainsi les anticorps de l'allergie. Cependant, pour prouver une relation de cause à effet, il faut un certain nombre de critères comme ceux énumérés par Bradford Hill (celui qui a démontré le lien entre le tabac et le cancer du poumon). Or, seuls deux de ces critères sont actuellement remplis, et il nous manque cruellement des études épidémiologiques prospectives mettant en évidence une relation entre l'exposition aux endotoxines et la faible apparition de maladies allergiques. Quant à la deuxième hypothèse, il s'agit de l'apparition d'une tolérance induite par une exposition à de fortes doses d'allergènes. Là encore, il convient d'être prudent, car selon les études les résultats sont contradictoires. De plus, si induction de tolérance il y a, personne n'en connaît la durée, et bien entendu elle n'est pas absolue. Ainsi, une partie des enfants exposés à de fortes doses d'allergènes de chat pourraient produire des anticorps de l'allergie (IgE), et l'association d'IgE dirigées contre les allergènes de chat et la présence d'un chat peuvent entraîner des symptômes, et cela est démontré depuis de nombreuses années. Malgré l'intérêt de ces études, il est urgent d'attendre...

**Professeur Frédéric De Blay, Hôpitaux de Strasbourg**

### SOMMAIRE

Substances → p2 ; Lieux de vie → p6 ; Effets sanitaires → p8 ; Expologie - Evaluation des risques → p10 ;  
Autres articles d'intérêt → p12  
Informations diverses → p13  
Les astérisques renvoient aux termes du glossaire. → p14



Une étude réalisée en Grèce dans deux bâtiments publics fournit une analyse quantitative et qualitative de la pollution intérieure par les **composés organiques semi-volatils (COSV)**. Ces polluants présentent un intérêt certain dans le cadre de l'évaluation des risques sanitaires liés à la qualité de l'air intérieur dans la mesure où, de par leurs propriétés physico-chimiques, ils peuvent être véhiculés sous forme gazeuse ou sous forme condensée (aérosol liquide en suspension) à l'intérieur des bâtiments.

A partir d'échantillons d'air prélevés dans les deux bâtiments (le tabagisme y est autorisé), la première partie de l'étude vise à établir la répartition massique de 4 familles d'éléments carbonés semi-volatils (hydrocarbures aliphatiques, hydrocarbures polycycliques aromatiques, composés polaires et acides gras) entre les phases gazeuse et particulaire. La masse totale de particules recueillie dans chacun des échantillons d'air est ensuite traitée mécaniquement pour en extraire 5 échantillons correspondant à différentes classes granulométriques (0,5 – 0,96  $\mu\text{m}$  ; 0,96 – 1,5  $\mu\text{m}$  ; 1,5 – 3,0  $\mu\text{m}$  ; 3,0 – 7,2  $\mu\text{m}$  ; > 7,2  $\mu\text{m}$ ) ; l'analyse de chacun de ces échantillons permet de déterminer la fraction massique de composés carbonés, puis la composition chimique de cette fraction carbonée (mesure de la masse de différents composés appartenant aux quatre familles précédemment citées) dans chacun des intervalles de taille. Enfin, les informations issues des analyses physico-chimiques sont utilisées pour calculer différents ratios caractéristiques. Par comparaison avec des valeurs de référence, ces ratios permettent de retrouver l'origine de la pollution par les COSV\* (fumée de cigarette, pollution extérieure d'origine biologique ou anthropique, ...).

Les informations et conclusions d'ordre général que l'on peut tirer de cet article, qui présente dans le détail un grand nombre de résultats intéressants, sont les suivantes :

- dans certains cas, les concentrations massiques des composés carbonés étudiés sont équitablement réparties entre la phase gazeuse et la phase particulaire, alors que dans d'autres, une des phases présente des teneurs beaucoup plus importantes (il est intéressant de noter que des composés appartenant à une même famille de COSV\* présentent des répartitions gaz/particules totalement différentes). D'après les auteurs, les facteurs qui conditionnent cette répartition sont la pression de vapeur saturante et la masse molaire. Ceci semble tout à fait logique dans la mesure où la pression de vapeur caractérise l'équilibre liquide-vapeur des

éléments chimiques et que l'on sait qu'il existe une certaine corrélation entre pression de vapeur et masse moléculaire. L'étude permet néanmoins de caractériser finement cette relation pour différentes familles de composés ;

- la fumée de cigarette constitue la principale source d'hydrocarbures aliphatiques en phase particulaire. Les iso et anteiso-alcane constituent un bon traceur de la pollution particulaire par le tabagisme ;
- les particules fines et ultrafines (< 2,5  $\mu\text{m}$ ) constituent la plus grande partie des particules en suspension dans l'air ;
- les éléments organiques peuvent constituer une fraction très importante de la masse totale de particules en suspension dans l'air (jusqu'à 85%). Le contenu organique est le plus important dans les particules de petites dimensions (< 1,5  $\mu\text{m}$ ) ;
- le tabagisme constitue dans les bâtiments étudiés une des principales raisons à la présence de particules dans l'air intérieur et contribue de manière tout à fait significative à la pollution gazeuse par les COSV\* ;
- les particules résultant du tabagisme sont principalement de petites dimensions. Ceci est aujourd'hui bien connu. Néanmoins, l'article précise cette information en montrant que la plupart de ces fines particules résultent en réalité de la condensation de COSV\* émis sous forme gazeuse par la combustion des cigarettes (apparition des particules et évolution de leur taille au cours de la phase de refroidissement des fumées).

Aucune distinction n'est faite entre les résultats obtenus pour chacun des deux bâtiments testés, certainement parce que les conditions d'utilisation et les résultats y sont quasi identiques. En vue de la vérification des résultats enregistrés et/ou de l'élargissement des conclusions de l'étude, on peut regretter que cette étude n'ait pas été élargie à un ou deux bâtiments présentant une configuration différente, bâtiments non fumeurs notamment.

Source : Kavouras I.G., Stephanou E.G. ; Gas/particle Partitioning and Size Distribution of Primary and Secondary Carbonaceous Aerosols in Public Buildings ; Indoor Air, 12(1) [2002], 17 – 32  
Article analysé par : Patrice BLONDEAU, Laboratoire d'Etude des Phénomènes de Transfert Appliqués au Bâtiment – LEPTAB, Université de La Rochelle ; [patrice.blondeau@univ-lr.fr](mailto:patrice.blondeau@univ-lr.fr)



## SUBSTANCES

### Effet de l'ameublement intérieur d'un local et de la vitesse de l'air sur la cinétique de dépôt des particules

Un travail tout à fait original s'est attaché à l'étude de l'influence de l'ameublement intérieur d'une pièce et de la vitesse de l'air sur la cinétique de dépôt des particules selon leur granulométrie. Ainsi, des expérimentations ont été menées dans une pièce de 14,2 m<sup>3</sup> en fonction de différentes vitesses d'air réalistes et différentes configurations : pièce vide (35 m<sup>2</sup> de surface nominale), pièce moquetée, pièce moquetée et meublée (chaises, table, étagères et rideaux, soit 12 m<sup>2</sup> de surface supplémentaire). Les particules étaient produites *in situ* et la pièce isolée, avec un renouvellement d'air régulier.

Pour une même vitesse d'air, la cinétique de déposition des particules augmente notablement lorsque la pièce est meublée : le facteur d'accroissement est de  $1,2 \pm 0,3$  pour les particules de diamètre supérieur à 1 µm, il s'élève à  $2,1 \pm 0,3$

pour celles de diamètre inférieur à 1 µm et atteint 2,6 pour celles de diamètre égal à 0,5 µm. Ceci s'explique probablement par le fait que les particules les plus fines se déposent aussi bien sur les surfaces horizontales que verticales, alors que les plus volumineuses s'éliminent surtout par gravité, sur le sol.

Lorsque la vitesse de l'air passe de 5 cm/s à 19 cm/s, toutes les particules voient leur cinétique de dépôt augmenter d'un facteur qui varie de 1,3 à 2,4. L'effet est alors plus important pour les particules les plus volumineuses.

La présente étude montre donc que **la vitesse de dépôt des particules est très dépendante de leur granulométrie**. Ceci pose la question de la validité d'une démarche consistant à prendre une valeur unique pour les PM<sub>2.5</sub> et, *a fortiori*, pour les PM<sub>10</sub>.

*Coefficients de vitesse de dépôt des particules (en h<sup>-1</sup>) mesurés en fonction de la granulométrie des particules et de la vitesse de l'air*

Ø médian des particules (µm)	Vair < 2 cm/s			Vair = 5,4 cm/s			Vair = 14,2 cm/s			Vair = 19,1 cm/s		
	Pièce vide	Pièce avec moquette	Pièce meublée	Pièce vide	Pièce avec moquette	Pièce meublée	Pièce vide	Pièce avec moquette	Pièce meublée	Pièce vide	Pièce avec moquette	Pièce meublée
0,55	0,10	0,12	0,20	0,10	0,13	0,23	0,09	0,18	0,23	0,14	0,16	0,27
0,65	0,10	0,12	0,20	0,10	0,13	0,23	0,10	0,19	0,24	0,14	0,17	0,28
0,81	0,10	0,11	0,19	0,10	0,15	0,24	0,11	0,19	0,27	0,15	0,19	0,30
1,00	0,13	0,12	0,21	0,12	0,20	0,28	0,15	0,23	0,33	0,20	0,25	0,38
1,24	0,20	0,18	0,29	0,18	0,28	0,38	0,25	0,34	0,47	0,33	0,38	0,53
1,54	0,32	0,28	0,42	0,27	0,39	0,54	0,39	0,51	0,67	0,51	0,59	0,77
1,91	0,49	0,44	0,61	0,42	0,58	0,75	0,61	0,78	0,93	0,80	0,89	1,11
2,37	0,78	0,70	0,93	0,64	0,84	1,07	0,92	1,17	1,32	1,27	1,45	1,60
2,94	1,24	1,02	1,30	0,92	1,17	1,46	1,45	1,78	1,93	2,12	2,27	2,89
3,65	1,81	1,37	1,93	1,28	1,58	1,93	2,54	2,64	3,39	3,28	3,13	3,88
4,53	2,83	2,13	2,64	1,95	2,41	2,95	3,79	4,11	4,71	4,55	4,60	5,46
5,62	4,41	2,92	3,43	3,01	3,17	3,51	4,88	5,19	5,73	6,65	5,79	6,59
6,98	5,33	3,97	4,12	4,29	4,06	4,47	6,48	6,73	7,78	10,6	8,33	8,89
8,66	6,79	4,92	5,45	6,72	5,55	5,77	8,84	8,83	10,5	12,6	11,6	11,6

Ce travail ne concerne que les particules de diamètre supérieur à 0,5 µm. Pour les particules plus fines, des travaux sont ainsi à promouvoir d'autant que les données de la littérature sont très dispersées.

Source : Thatcher T.L., Lai A.C.K., Moreno-Jackson R., Sextro R.G., Nazaroff W.W. ; Effects of room furnishings and air speed on particle deposition rates indoors ; Atmospheric Environment, 36(11) [2002], 1811 – 1819

Article analysé par : Yvon LE MOULLEC, Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris – LHVP ; [yvon.lemoullec@mairie-paris.fr](mailto:yvon.lemoullec@mairie-paris.fr)



## SUBSTANCES

### Dénombrement et identification des espèces de champignons dans l'air intérieur et à l'extérieur de bâtiments américains

Cette étude est basée sur l'analyse de 12 026 échantillons d'air (9 616 prélevés en intérieur et 2 407 en extérieur entre 1996 et 1998) provenant de 1 717 bâtiments américains. Les objectifs étaient l'identification des champignons les plus fréquemment retrouvés dans l'air des bâtiments à différentes saisons, et la comparaison de la distribution des espèces et de leur fréquence en intérieur et extérieur.

Les échantillons de l'étude proviennent de visites techniques réalisées par des hygiénistes du travail, consultants en santé environnementale, gérants d'immeubles ou responsables de la sécurité, pour différents motifs (plainte d'ordre sanitaire -45 % des cas-, démarche prospective -16 %-, trace visible de champignons -8 %-, dégâts des eaux -8 %-, autres -5 %-). Ils ont été collectés par impacteur Andersen N°6 sur deux milieux de culture "Rose Bengal agar" ou "Malt extract agar". Un questionnaire téléphonique a été ultérieurement soumis à un échantillon aléatoire de 100 bâtiments (82 % de répondants ; 46 % de bureaux, 18 % d'écoles, 13 % d'hôpitaux, 4 % de résidences et 18 % d'autres bâtiments non industriels).

Globalement (Tableau 1), les concentrations médianes par bâtiment sont 6 à 7 fois plus élevées à l'extérieur qu'à l'intérieur. **La concentration intérieure en champignons aériens est corrélée à la concentration extérieure** (coef. Spearman 0,43 ;  $P < 0,001$ ). Ces concentrations sont plus élevées pendant l'été et l'automne qu'en hiver et au printemps. Ces fluctuations ne modifient cependant pas la corrélation intérieur / extérieur. Les concentrations sont plus élevées dans les états du sud que dans ceux du nord. Les **genres les plus fréquents** (Tableau 2) sont : *Cladosporium* (respectivement 86 et 92 % des prélèvements intérieurs et extérieurs), *Penicillium* (respectivement 80 % et 77 %), "champignon non sporulant" (respectivement 80 et 92 %), *Aspergillus* (respectivement 62 et 49 %). L'espèce toxique *Stachybotrys chartarum* a été retrouvée dans 6 % des prélèvements intérieurs et 1 % des prélèvements extérieurs. Seuls 2 des 45 % de prélèvements réalisés suite à une plainte d'ordre sanitaire (soit 4 %) étaient positifs à *Stachybotrys chartarum*.

Tableau 1 : Concentrations médianes intérieures et extérieures (CFU\*/m<sup>3</sup>) en champignons totaux revivifiables

	Air extérieur	Air intérieur	Ratio intérieur / extérieur
Minimum (0%)	1	1	0,00027
25 <sup>e</sup> percentile	200	24	0,049
50 <sup>e</sup> percentile (médiane)	540	82	0,16
75 <sup>e</sup> percentile	1 200	240	0,45
95 <sup>e</sup> percentile	3 200	1 300	2,8
Maximum	> 8 200	10 000	200
Moyenne	930	300	1,1

Tableau 2 : Concentrations médianes intérieures et extérieures (CFU\*/m<sup>3</sup>) et intervalles de confiance à 95 % (IC<sub>95%</sub>) pour les genres de champignons les plus fréquents et *Stachybotrys chartarum*

Champignons	Air intérieur (IC <sub>95%</sub> )	Air extérieur (IC <sub>95%</sub> )
<i>Cladosporium</i>	40 (12 – 480)	200 (18 – 1849)
<i>Penicillium</i>	30 (12 – 570)	50 (12 – 377)
champignon non sporulant	30 (12 – 504)	100 (12 – 901)
<i>Aspergillus</i>	20 (12 – 373)	20 (12 – 170)
<i>Stachybotrys chartarum</i>	12 (12 – 118)	12 (4 – 318)

Cette étude, qui fournit les résultats détaillés par grande région américaine, par saison et pour de nombreuses espèces fongiques, présente toutefois des limites, d'ailleurs soulignées par les auteurs, qui sont l'absence de sélection aléatoire des lieux de prélèvements, ainsi que l'absence d'information

(motifs du prélèvement ; état et type du bâtiment) pour les 1 617 bâtiments n'ayant pas fait l'objet de questionnaire téléphonique. En outre, les résultats de fortes concentrations aériennes peuvent être sous-estimés en raison de la surcharge potentielle du milieu de culture. Ainsi, la représentativité et la

reproductibilité de ces résultats restent inconnues. Certains résultats comme l'élévation des concentrations pendant les saisons "chaudes" et les ratios intérieur / extérieur sont connus dans d'autres études. D'autres, comme les espèces les plus fréquemment rencontrées, les concentrations intérieures sans plainte sanitaire des occupants et la présence de *Stachybotrys chartarum* dans 6 % des bâtiments, mériteraient confirmation par une enquête représentative.



## SUBSTANCES

### Relations entre teneurs en endotoxines de la poussière de maisons, caractéristiques de l'habitat et comportement des usagers

Une étude très intéressante de par les grands nombres de logements investigués et de paramètres étudiés, a été menée en Allemagne, avec pour ambition de trouver des éléments permettant de prédire le risque d'exposition des habitants de logements aux endotoxines. Les auteurs ont recueilli des données techniques sur le bâti et les habitudes des usagers et ont mesuré les teneurs en endotoxines de la poussière prélevée à l'aide d'un aspirateur selon des conditions standardisées. Pour rappel, les endotoxines sont des lipopolysaccharides présents dans la paroi des bactéries à Gram négatif (comme les entérobactéries par exemple), le Gram étant une coloration de base utilisée en bactériologie. Les endotoxines sont les indicateurs de la présence de ces germes vivants ou morts dans l'air, dans l'eau ou dans la poussière. L'inhalation chronique ou à de fortes teneurs d'endotoxines (même isolées du corps entier de la bactérie) peut provoquer chez les patients des symptômes pseudogrippaux associant malaise général, fièvre, frisson et courbatures, voire un choc toxique. La fièvre des humidificateurs leur a été attribuée. Leur rôle dans les manifestations allergiques est actuellement le sujet de nombreuses discussions. Bien que leurs effets sur la santé aient été suspectés dès 1942 par Neal et *coll.*, puis en 1962 par Pernis et *coll.* dans des filatures de coton, **la relation dose – effet n'est pas encore établie en raison de la complexité de leurs effets potentiels et du manque de standardisation des techniques de prélèvements et d'analyse.** La mesure des endotoxines se fait par le test LAL (Limulus Amebocyte Lysate) qui existe sous diverses formes avec des réactifs qui tendent peu à peu à se standardiser.

Dans le cadre de cette étude, 405 habitats situés dans les deux villes allemandes de Erfurt et Hambourg ont été étudiés. Après une étude statistique des résultats, les auteurs concluent que les habitats sont très différents selon les bâtiments, ce qui conduit à **une grande variabilité des teneurs en endotoxines allant de très faibles à**

Source : Shelton B.G., Kirkland K.H., Flanders W.D., Morris G.K. ; Profiles of Airborne Fungi in Building and Outdoor Environments in the United States ; Applied and Environmental Microbiology, 68(4) [2002], 1743 – 1753

Article analysé par : Vincent NEDELLEC, Conseil en Santé Environnement ; [vincent.nedellec@wanadoo.fr](mailto:vincent.nedellec@wanadoo.fr)

**fortes**, ces dernières étant proches de celles rencontrées en ambiance de travail. Contrairement aux concentrations de certains biocontaminants potentiellement responsables d'allergie ou d'asthme qui varient selon la saison (cas des pollens et moisissures) et/ou le climat (température, humidité relative) à l'intérieur des locaux (cas des acariens et moisissures), **les teneurs en endotoxines sont directement influencées par les caractéristiques du bâtiment et les habitudes de ses habitants.** Elles augmentent si :

- le bâtiment est ancien ;
- le logement est situé en bas de l'immeuble ;
- le taux d'occupation du logement (nombre d'occupants et temps passé dans l'habitation) est élevé ;
- le nettoyage de la moquette/des tapis est rare ;
- il y a des animaux (animaux domestiques, termites, souris) ;
- la famille ne prend pas garde à la ventilation des pièces.

Les auteurs en concluent que des fortes teneurs en endotoxines peuvent être considérées comme des **indicateurs globaux de mauvaises conditions d'hygiène de l'habitat.**

On regrettera qu'aucune référence à des teneurs en germes à gram négatif ne soient produites bien que des études aient montré que la poussière des aspirateurs pouvaient contenir des quantités non négligeables d'entérobactéries.

Source : Bischof W., Koch A., Gehring U., Fahlbusch B., Wichmann H.E., Heinrich J. ; Predictors of High Endotoxin Concentrations in the Settled Dust of German Homes ; Indoor Air, 12(1) [2002], 2 – 9

Article analysé par : Annie MOUILLESEAU, Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris – LHVP ; [Annie.Mouilleseaux@mairie-paris.fr](mailto:Annie.Mouilleseaux@mairie-paris.fr) et Florence LIEUTIER-COLAS, Hôpital Lyautey – Strasbourg ; [Florence.Lieutier-Colas@wanadoo.fr](mailto:Florence.Lieutier-Colas@wanadoo.fr)

Caractéristiques de l'habitat / des occupants		Nombre de logements concernés	Concentrations en endotoxines (ng/g)	IC <sub>95%</sub> *	Niveau de significativité <i>p</i>
Année de construction	Avant 1946	147	2 471	2 076 – 2941	-
	1946 – 1980	172	2 585	2 180 – 3 067	-
	Après 1980	86	1 525	1 164 – 2 000	0,0065
Etage	1 <sup>er</sup> ou 2 <sup>ème</sup>	222	2 670	2 284 – 3 121	-
	3 <sup>ème</sup> et supérieur	183	1 871	1 592 – 2 199	0,0002
Age de la moquette	Pas de moquette	20	1 781	1 031 – 3 076	-
	Moins de 10 ans	287	2 082	1 819 – 2 383	-
	Plus de 10 ans	95	3 073	2 456 – 3 845	0,0383
Animal domestique	Pas de chien	368	2 123	1 887 – 2 388	-
	Un chien	37	4 505	3 151 – 6 442	0,0004
	Pas de chat	335	2 033	1 798 – 2 297	-
	Un chat	68	3 148	3 048 – 5 224	0,0001



## LIEUX DE VIE

### Influence de l'ouverture des fenêtres sur le taux de renouvellement d'air intérieur

Les variations du taux de renouvellement d'air d'un local peuvent s'expliquer par les caractéristiques intrinsèques et la nature des différentes installations de ventilation ou conditionnement d'air de cet habitat, par les conditions météorologiques changeantes, et enfin par le comportement de ses occupants. L'influence de ce dernier restant peu étudiée, elle a fait l'objet d'une étude américaine menée de 1995 à 1999, lors de laquelle ont été opérées plus de 300 mesures du taux de renouvellement d'air dans deux grandes maisons américaines (200 m<sup>2</sup> sur 2 niveaux ; 3 niveaux de 50 m<sup>2</sup> chacun).

Ces mesures ont été effectuées à différents moments du jour et de l'année et dans différentes situations :

- toutes fenêtres et portes fermées (situation de référence). Les conditions météorologiques, plus particulièrement la différence des températures extérieure et intérieure ( $\Delta T$ ), semblent fortement contribuer à la variabilité des taux mesurés ;
- une seule fenêtre ouverte. Les mesures, opérées après la période transitoire de pénétration brutale d'air consécutive à l'ouverture de la fenêtre, ont été reproduites pour différents étages et largeurs d'ouverture de la fenêtre (de 1 à 91 cm). Les augmentations maximales des taux de renouvellement d'air ont été de 0,8 et 1,3 h<sup>-1</sup> pour des taux de référence moyens respectivement de 0,37 ( $\pm 0,10$ ) et 0,41 ( $\pm 0,19$ ) h<sup>-1</sup>. La relation théorique qui établit une croissance linéaire du taux de renouvellement d'air en fonction du produit de la largeur d'ouverture de la fenêtre et de la racine carrée

de  $|\Delta T|$  n'a pu être vérifiée. Des variables comme les conditions météorologiques, les effets de turbulence ou les gradients verticaux de pression et température empêcheraient l'établissement d'une relation linéaire simple ;

- plusieurs fenêtres ouvertes. Les augmentations maximales des taux de renouvellement d'air ont été de 2,8 et 1,7 h<sup>-1</sup>.

En conclusion, même si les valeurs et ordres de grandeur mesurés sont caractéristiques des habitations étudiées et ne peuvent être extrapolés à l'habitat européen, on peut tout de même retenir que **si la différence de température  $\Delta T$  a une influence certaine sur le taux de renouvellement d'air d'un logement donné, l'ouverture des fenêtres demeure le facteur prépondérant des variations de ce taux.** Ceci rappelle la nécessité d'intégrer ce paramètre comportemental à l'étude des expositions humaines dans l'environnement intérieur.

Source : Howard-Reed C., Wallace L.A., Ott W.R. ; The effect of opening windows on air change rates in two homes ; Journal of the Air & Waste Management, 52(2) [2002], 147 – 159

Article analysé par : Alexis COPPALLE, Complexe de Recherche Interprofessionnel en Aérothermochimie – CORIA ; [Alexis.Coppalle@coria.fr](mailto:Alexis.Coppalle@coria.fr)

Une revue des études existantes sur la fraction du taux de renouvellement d'air intérieur attribuable à l'ouverture des fenêtres est réalisée par les auteurs en conclusion de l'article.



## LIEUX DE VIE

### Distribution et facteurs de variabilité des concentrations de trihalométhanes dans des piscines intérieures

Plusieurs publications parues récemment (2001 et 2002) rapportent les résultats d'études de la qualité de l'environnement intérieur dans les piscines. Une des dernières en date fournit les concentrations en **trihalométhanes (THM)**, sous-produits du processus de désinfection de l'eau par chloration, dans l'eau de huit piscines londoniennes. Les auteurs observent des concentrations en THM\* variables et parfois importantes. La présence de chloroforme, composé probablement cancérigène (classement 2B par l'IARC, *International Agency for*

*Research on Cancer*), est systématiquement relevée, ce qui est connu dans la littérature, mais les concentrations rapportées dans cette étude sont supérieures à celles décrites dans d'autres publications. Elles sont également notablement plus importantes que celles observées dans l'eau potable prélevée dans les piscines au moment des analyses. En outre, les concentrations en THM\* augmentent en fonction de la température de l'eau et du nombre de baigneurs.

*Concentrations en trihalométhanes ( $\mu\text{g/l}$ ) et caractéristiques de l'environnement intérieur des huit piscines (24 échantillons)*

	Moyenne arithmétique	Moyenne géométrique (écart type)	Min. – Max.
Chloroforme $\text{CHCl}_3$	121,1	113,3 (1,5)	45 – 212
Bromodichlorométhane	8,3	6,9 (1,8)	2,5 – 23
Chlorodibromométhane	2,7	2,0 (2,3)	0,67 – 0,7
Bromoforme $\text{CHBr}_3$	0,9	0,8 (1,5)	0,67 – 2
Trihalométhanes totaux	132,4	125,2 (1,4)	57 – 222,5
Température de l'air ( $^{\circ}\text{C}$ )	26,9	26,8 (1,1)	22,3 – 34
Température de l'eau ( $^{\circ}\text{C}$ )	31,1	31,0 (1,1)	27,5 – 34,5
pH	7,4	7,4 (1,0)	7 – 8,13
Nombre de personnes	7,1	5,9 (1,9)	1 – 16

Cette étude est à rapprocher d'autres articles récents, puisque les dosages effectués par Chu et Nieuwenhuijsen ne concernent que la présence dans l'eau, et pas l'exposition des individus. Ce dernier paramètre a été étudié auprès d'employés des piscines de Modène (Fantuzzi et al, 2001). Malgré des concentrations dans l'eau inférieures à celles de Chu et Nieuwenhuijsen, les mesures atmosphériques de THM\*, en particulier de chloroforme, en bordure de bassin et dans l'air alvéolaire étaient élevées.

Un éditorial publié en 2002 par Nemery et coll. pose le problème des possibles effets délétères liés à l'exposition chronique aux trihalométhanes et aux chloramines (d'origines communes), notamment chez l'enfant. Les effets cliniques chez l'adulte sont peu étudiés, mais le rapport récent de cas d'asthme probable aux chloramines (trichloramine) chez des employés de piscine (Thickett et al., 2002) incite à la prudence. Les effets sur la reproduction ou la cancérogenèse de telles ambiances restent à étudier.

Source : Chu H., Nieuwenhuijsen M.J. ; Distribution and determinants of trihalomethane concentrations in indoor swimming pools ; *Occupational and Environmental Medicine*, 59(4) [2002], 243 – 247

Article analysé par : Jean-François GEHANNO, Hôpital Charles Nicolle – Rouen ; [Jean-Francois.Gebanno@chu-rouen.fr](mailto:Jean-Francois.Gebanno@chu-rouen.fr)

Articles complémentaires mentionnés : Nemery B., Hoet P.H.M., Nowak D. ; Indoor swimming pools, water chlorination and respiratory ; *European Respiratory Journal*, 19 (5) [2002], 790 – 793

Thickett K.M., McCoach J.S., Gerber J.M., Sadhra S., Burge P.S. ; Occupational asthma caused by chloramines in indoor swimming-pool air ; *European Respiratory Journal*, 19 (5) [2002], 827 – 832

Fantuzzi G., Righi E., Predieri G. et al. ; Occupational exposure to trihalomethanes in indoor swimming pools ; *The Science of the Total Environment*, 264 [2001], 257 – 265



## LIEUX DE VIE

### Cas d'intoxications au monoxyde de carbone et dioxyde d'azote dans des patinoires fermées

L'intoxication dans des établissements sportifs à pollution spécifique reste encore un sujet assez méconnu et, en l'absence de réglementation précise, sont appliquées les valeurs limites des lieux de travail, ce qui ne correspond pas à la fréquentation des sportifs et du public.

Une synthèse des connaissances actuelles (américaines et canadiennes essentiellement) au travers d'une étude d'une trentaine d'articles (72 articles en références bibliographiques) fait le point sur les effets sanitaires dus à l'exposition au monoxyde de carbone (CO) et dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) dans les patinoires couvertes. Ces polluants majeurs sont en effet **émis dans les gaz d'échappement des engins à moteur à combustion (essence, gazole ou propane) utilisés pour le surfacage de la glace**. Les concentrations élevées sont difficilement évacuées du fait d'une ventilation insuffisante et de conditions ambiantes particulières (basse température, air sec, inversion de température au niveau de la piste). Les effets de l'intoxication oxycarbonée sont connus et abondamment décrits, mais ils sont aggravés lors d'efforts et exercices violents tels que hockey, course de vitesse et patinage artistique pour lesquels la respiration est accélérée jusqu'à dix fois. Les cas d'intoxication au NO<sub>2</sub> sont quant à eux moins connus, mais peuvent entraîner des irritations des muqueuses de l'appareil respiratoire et même l'observation d'asthme chez de

jeunes sportifs. Cette étude fournit en outre des valeurs limites en CO et NO<sub>2</sub>, ainsi que des recommandations en dix points, concernant notamment le surfacage de la glace (utilisation et maintenance des surfaceuses) et la ventilation de l'établissement.

En France, suite à deux cas d'intoxications oxycarbonées collectives du public et des sportifs, **le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France a rendu un avis le 1<sup>er</sup> juillet 1993** relatif aux mesures de prévention contre ce type d'intoxications dans les patinoires. Cet avis interdit l'utilisation de surfaceuses à moteur thermique alimenté par un combustible liquide (essence et gazole), n'autorise l'utilisation de surfaceuses à moteur thermique alimenté au GPL que sous certaines conditions de maintenance, de ventilation et de respect des valeurs limites en CO, et préconise l'utilisation de surfaceuses à moteur électrique.

Source : Pelham T.W., Holt L.E., Moss M.A. ; Exposure to carbon monoxide and nitrogen dioxide in enclosed ice arenas ; Occupational and Environmental Medicine, 59(4) [2002], 224 – 233

Article analysé par : Claudine DELAUNAY, Laboratoire Central de la Préfecture de Police de Paris – LCPP ; [Claudine.DELAUNAY@interieur.gouv.fr](mailto:Claudine.DELAUNAY@interieur.gouv.fr)



## EFFETS SANITAIRES

### Exposition résidentielle au radon et risque de cancer du poumon

L'évaluation du risque de cancer du poumon lié à l'exposition au radon dans les habitations est confrontée en général à l'existence de niveaux d'exposition faibles et à des incertitudes quant à la mobilité résidentielle des individus. L'**étude cas-témoins** de Wang et *al* a été menée dans une région de Chine caractérisée par des concentrations de radon élevées dans les habitations et par une population rurale et stable.

Au total, 768 cas (cas de cancer du poumon diagnostiqués entre janvier 1994 et avril 1998 chez les individus âgés de 30 à 75 ans et résidant dans les préfectures de Pingliang et de Qingyang) et 1 659 témoins ont été inclus dans l'étude. L'exposition individuelle au radon au cours de la période des 5 à 30 années précédant l'étude était supérieure à 150 Bq/m<sup>3</sup> pour 82 % des cas et 76 % des témoins, avec une moyenne égale à 230 Bq/m<sup>3</sup> pour les cas et à 222 Bq/m<sup>3</sup> pour les témoins. Les risques relatifs sont les suivants :

**1,00** (C<sub>Radon</sub> < 100 Bq/m<sup>3</sup>) ; **1,00** (IC<sub>95%</sub> = [0,7 – 1,5] ; C<sub>Radon</sub> de 100 à 149 Bq/m<sup>3</sup>) ; **1,42** (IC<sub>95%</sub> = [1,0 - 2,0] ; C<sub>Radon</sub> de 150 à 199 Bq/m<sup>3</sup>) ; **1,36** (IC<sub>95%</sub> = [1,0 – 1,9] ; C<sub>Radon</sub> de 200 à 249 Bq/m<sup>3</sup>) ; **1,28** (IC<sub>95%</sub> = [0,8 – 1,9] ; C<sub>Radon</sub> de 250 à 299 Bq/m<sup>3</sup>) ; **1,58** (IC<sub>95%</sub> = [1,1 – 2,3] ; C<sub>Radon</sub> ≥ 300 Bq/m<sup>3</sup>). L'excès de risque relatif est égal à 0,19 (IC<sub>95%</sub> = [0,05 – 0,47]) pour une augmentation de 100 Bq/m<sup>3</sup>.

Pour les sujets dont les mesures de radon couvrent plus de 70 % de la période des 5 à 30 années précédant l'étude, l'excès de risque relatif est de 0,22 (IC<sub>95%</sub>=[0,06 - 0,54]) pour une augmentation de 100 Bq/m<sup>3</sup>. Après prise en compte de l'incertitude autour de l'évaluation rétrospective de l'exposition, cet excès de risque relatif varie de 0,27 à 0,59 selon la méthode utilisée.

L'étude de Wang et *al* montre un excès de risque relatif de cancer du poumon statistiquement significatif pour les sujets dont l'exposition au radon

au cours de la période des 5 à 30 années précédant l'étude est supérieure à 150 Bq/m<sup>3</sup>. L'estimation de l'excès de risque relatif est de 20 % pour une augmentation de 100 Bq/m<sup>3</sup>. Cette estimation est légèrement supérieure à celle obtenue à partir de la méta-analyse de 9 autres études cas-témoins déjà publiées et qui suggère un excès de risque relatif de l'ordre de 10 % pour une augmentation de la concentration en radon de 100 Bq/m<sup>3</sup> (Lubin et Boice, 1997). Elle est également supérieure aux extrapolations obtenues à partir de données obtenues chez les mineurs faiblement exposés (Lubin, 1997). Ce résultat s'explique par une évaluation précise de l'exposition individuelle (stabilité de la population, prise en compte de l'incertitude), mais également par des conditions d'exposition particulières : 99 % des sujets inclus dans l'étude ont occupé une habitation construite sous terre au cours de leur vie (généralement avant 1976). Pour les sujets dont les mesures de concentration de radon couvrent plus de 70 % de la période des 30 dernières années, l'excès de risque relatif est respectivement de 0,33 et de 0,03 pour les

habitations construites sous terre et pour les habitations "standard".

Source : Wang Z.Y., Lubin J.H., Wang L.D., Zhang S.Z., Boice J.D., Cui H.X., Zhang S.R., Conrath S., Xia Y., Shang B., Brenner A., Lei S.W., Metayer C., Cao J.S., Chen K.W., Lei S.J., Kleinerman R.A. ; Residential Radon and Lung Cancer Risk in a High-exposure Area of Gansu Province, China ; American Journal of Epidemiology, 155 (6) [2002], 554 – 564

Article analysé par : Hélène BAYSSON, Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire – IRSN ; [helene.baysson@irsn.fr](mailto:helene.baysson@irsn.fr)

Articles référencés dans l'analyse : Lubin J.H., Boice J.D. Jr. ; Lung cancer risk from residential radon : meta-analysis of eight epidemiologic studies ; Journal of National Cancer Institute, 89 [1997], 49 – 57

Lubin J.H., Tomasek L., Edling C., Hornung R.W., Howe G., Kunz E., et al. ; Estimating lung cancer mortality from residential radon using data for low exposures of miners ; Radiation Research, 147(2) [1997], 126 – 134



## EFFETS SANITAIRES

### Morbidité asthmatique liée aux allergènes de l'environnement intérieur

Une étude longitudinale de 4 ans a été menée pour 458 femmes de la métropole de Boston. Celles-ci, parmi lesquelles 140 étaient asthmatiques (asthme diagnostiqué par un médecin), appartenaient à une cohorte de familles avec enfant(s) dans lesquelles un des parents était atteint soit d'atopie (sensibilisation à au moins un allergène), soit d'une maladie allergique diagnostiquée par un médecin.

Les marqueurs de morbidité (au cours des 12 derniers mois) retenus pour le questionnement des femmes, sont les épisodes prolongés d'asthme (1 semaine et plus), les soins aux urgences, l'utilisation de corticoïdes (oral ou inhalé) et le sifflement en l'absence de rhume. Par ailleurs, ont été mesurés d'une part, les concentrations en allergènes de blattes, acariens et chats dans les poussières des habitations et d'autre part, les taux d'IgE spécifiques.

Les résultats chez les femmes asthmatiques font apparaître que les **expositions et sensibilisation aux cafards** sont liées à un risque de prise de corticoïdes et de soins aux urgences, tandis qu'**exposition et sensibilisation aux chats** sont liées à un risque de prise de corticoïdes et sifflements en dehors des rhumes. Par contre, il n'y a pas de lien au cours du suivi entre expositions et sensibilisation aux acariens et morbidité. Les relations mises en évidence se maintiennent après prise en compte de l'ethnie et du type de résidence (riche ou pauvre).

Un certain nombre de points faibles à cette étude sont tout de même à mentionner, à savoir :

- le petit nombre de femmes asthmatiques suivies longitudinalement : 140 sujets, dont seulement 18 et 19 sont sensibilisés et exposés, respectivement aux cafards et aux chats ;
- la mesure des concentrations d'allergènes effectuée seulement au début, alors que 43 % des femmes ont déménagé au cours de l'étude ;
- l'unique interview téléphonique annuel (risque de biais de mémoire) ;
- l'absence de mesures d'allergènes d'acariens dans la chambre à coucher de la femme pour plus de la moitié des sujets, ce qui pourrait expliquer l'absence de résultat avec ces allergènes ;
- le manque de prise en compte d'autres facteurs liés à la morbidité comme le traitement, l'observance du traitement, les infections respiratoires, les mesures d'éviction, le tabagisme (actif ou passif).

Source : Lewis S.A., Weiss S.T., Platts-Mills T.A.E., Burge H., Gold D.R. ; The Role of Indoor Allergen Sensitization and Exposure in Causing Morbidity in Women with Asthma ; American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 165(7) [2002], 961 – 966

Article analysé par : Claire SEGALA, SEPIA-Santé ; [sepia@sepia-sante.com](mailto:sepia@sepia-sante.com)



## EFFETS SANITAIRES

### Syndrome des bâtiments malsains et filtration des poussières

Une étude expérimentale de type “double-aveugle” et “cross-over” avait pour objectif d’évaluer l’efficacité de la filtration des poussières au niveau du système de ventilation sur le confort, les effets sanitaires et les performances intellectuelles des occupants d’un immeuble de bureaux (pas de pollution spécifique, ni plainte particulière antérieure). Les occupants de deux niveaux (2<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> étages ; 396 participants) ont été interrogés alors que la ventilation était soit normale, soit poussée. Parallèlement, les paramètres suivants ont été mesurés : température, humidité relative, débit de ventilation, ainsi que les concentrations en dioxyde de carbone, particules, endotoxines, ergostérol et  $\beta(1\rightarrow3)$ -glucan.

Les résultats des travaux montre que **l’amélioration notable de la filtration** (diminution de 94 % des particules très fines, diamètre compris entre 0,3 – 0,5 $\mu$ m) n’est **pas associée à une diminution des symptômes** (irritation des yeux, du nez, de la gorge, de la peau ; fatigue ; maux de tête). En revanche, elle

est très légèrement associée à de meilleures performances au travail et **nettement associée à plus de confort**. Par ailleurs, la diminution de la température est très nettement associée à une diminution des symptômes et une augmentation des performances et du confort. Cette étude montre **l’importance de la prise en compte des variations de la température** lors de travaux s’intéressant à d’autres paramètres de qualité de l’air intérieur.

Source : Mendell M.J., Fisk W.J., Petersen M.R., Hines C.J., Dong M., Faulkner D., Deddens J.A., Ruder A.M., Sullivan D., Boeniger M.F. ; Indoor Particles and Symptoms Among Office Workers: Results from a Double-Blind Cross-Over Study ; *Epidemiology*, 13(3) [2002], 296 – 304

Article analysé par : Claire SEGALA, SEPIA-Santé ; [sepia@sepia-sante.com](mailto:sepia@sepia-sante.com)



## EXPOLOGIE - EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES

### Risque de cancer associé à l’exposition résidentielle au chloroforme

Le chloroforme (CHCl<sub>3</sub>) est le trihalométhane le plus fréquent dans l’eau de distribution en Amérique du nord, il est aussi cancérigène prouvé chez l’animal et suspecté chez l’homme (classement 2B par l’IARC, *International Agency for Research on Cancer*). Les normes de qualité d’eau de distribution sont basées sur la seule ingestion d’eau sans tenir

compte de l’exposition via l’inhalation ou le contact cutané. L’étude réalisée chez 18 volontaires québécois cherche à évaluer l’exposition au CHCl<sub>3</sub> lors d’une douche de 10 minutes, puis à évaluer les risques sanitaires résultant des multi-expositions à l’eau.

Tableau 1 : Résultats des mesures effectuées

	n	Moyenne arithmétique	Déviations Standard
Température de l’eau de la douche (°C)	18	37,1	2,4
Température de l’air dans la salle de bain (°C)	18	28,5	3,5
Volume de la salle de bain (m <sup>3</sup> )	18	12,8	6,2
Volume de la douche (m <sup>3</sup> )	18	2,4	0,8
CHCl <sub>3</sub> dans l’eau de douche (µg/L)	18	20,1	9,0
CHCl <sub>3</sub> dans l’air de la maison avant la douche (µg/m <sup>3</sup> )	18	9,7	4,7
CHCl <sub>3</sub> dans l’air inhalé pendant la douche (µg/m <sup>3</sup> )	18	147,0	56,2
CHCl <sub>3</sub> dans l’air inhalé pendant le premier ¼ heure après la douche (µg/m <sup>3</sup> )	17	35,8	13,0
CHCl <sub>3</sub> dans l’air inhalé pendant le second ¼ heure après la douche (µg/m <sup>3</sup> )	17	20,4	5,9

A partir des concentrations en chloroforme mesurées dans l’air expiré avant, pendant, puis 15 et 30 minutes après la douche, un premier modèle

PBPK<sup>[1]</sup> est utilisé pour **calculer les concentrations alvéolaires en CHCl<sub>3</sub>** (cf. note Tableau 2).

Tableau 2 : Moyennes arithmétiques des concentrations<sup>[a]</sup> de CHCl<sub>3</sub> dans l'air alvéolaire (en µg/m<sup>3</sup>)

	n	Concentration	Déviati on standard	Student's t-test (valeur de p)
Avant la douche	18	6,1	4,4	-
Juste à la fin de la douche	18	39,1	14,4	< 0,0001
15 minutes après la douche	17	9,9	2,8	0,003
30 minutes après la douche	17	6,6	2,4	0,80

[a] : Les teneurs en CHCl<sub>3</sub> dans l'air alvéolaire (CHCl<sub>3</sub> ALV) sont calculées au moyen de la formule suivante :  
 $(CHCl_3 \text{ ALV}) = [C_e \times (20 / N_e) / V_{al}]$  ; avec : C<sub>e</sub> = concentration dans l'air exhalé ; 20 = volume en litres du sac dans lequel l'air exhalé est recueilli ; N<sub>e</sub> = nombre de souffles pour remplir le sac ; V<sub>al</sub> = volume alvéolaire (calculé en fonction de l'âge et de la taille du sujet selon la formule de Hart et al, 1963).

Un second modèle PBPK<sup>[1]</sup> (publié par les mêmes auteurs) sert ensuite à **déterminer la dose délivrée au foie et au rein**. Le modèle est ajusté grâce aux données expérimentales. Deux scénarii multi-exposition sont construits :

- scénario moyen : la personne ingère 6 fois 250 ml par 24 heures (C<sub>CHCl<sub>3</sub>-eau</sub> = 25 µg/L), prend une douche de 10 minutes (C<sub>CHCl<sub>3</sub>-eau</sub> = 25 µg/L, C<sub>CHCl<sub>3</sub>-air salle de bains</sub> = 147 µg/m<sup>3</sup>) et respire l'air de la maison 19h/24h (C<sub>CHCl<sub>3</sub>-air maison</sub> = 9 µg/m<sup>3</sup>) ;
- scénario "worst-case" : les concentrations dans l'eau, l'air de la salle de bain et l'air de la maison sont respectivement de 54 µg/L, 259 µg/m<sup>3</sup> et 28 µg/m<sup>3</sup>. La quantité d'eau ingérée est de 6 fois 400 ml et le temps passé à respirer l'air de la maison est égal à 24 heures.

Les doses délivrées au foie, exprimées en µg/kg d'organe, sont égales à 0,0091 pour la douche de 10 minutes, 0,1155 pour le scénario moyen et 0,4118 pour le scénario "worst-case". Ces doses efficaces sont comparées à une dose sans effet cancérogène sur le foie ou le rein (NOTLs) publiée par Reitz et al en 1990. La plus forte des doses délivrées au foie dans le cadre de cette évaluation est 6 000 fois inférieure à la NOTLs de 2,6 mg/kg d'organe (foie). Selon les auteurs, cette approche du risque de cancer à seuil de dose est recommandée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS-WHO, 1998) et ces données montrent que les canadiens recevant l'eau de l'adduction d'eau publique ont une grande marge de sécurité au regard des effets cancérogènes présumés du chloroforme.

Malgré un faible nombre de volontaires, l'étude est de bonne qualité méthodologique en ce qui concerne le premier objectif (estimer l'exposition au chloroforme lors d'une douche de 10 min.). Elle fournit de nombreux résultats très pertinents pour l'évaluation des risques. En revanche, les choix faits pour évaluer les risques sont discutables. La

recommandation de l'OMS pour le chloroforme dans l'eau est de 200 µg/L. Il n'y a donc qu'un facteur de 8 entre la recommandation OMS et la concentration moyenne observée dans l'étude. En outre, la valeur guide de l'OMS tient compte des expositions par voie respiratoire et par voie alimentaire (50 % par l'eau et 50 % pour les autres expositions). Par ailleurs, l'effet prévu n'est pas le cancer du foie ou du rein, mais une augmentation des transaminases (toxicité hépatique). L'OMS attire l'attention sur le fait qu'une concentration de 200 µg/L pourrait engendrer un risque de cancer des reins d'environ 10<sup>-5</sup>. Selon l'OMS, la relation de cause à effet entre le chloroforme et les cancers du rein ou du foie n'est pas totalement démontrée chez l'homme. L'estimation de risque faite par l'OMS utilise un modèle linéaire multi-étapes à partir de résultats d'études épidémiologiques. Par ailleurs, l'OMS ayant pris un facteur d'incertitude de 1 000 (100 pour les variabilités inter- et intra-espèces et 10 pour l'utilisation d'un LOAEL<sup>[2]</sup> et d'une étude subchronique), le facteur de sécurité de 6 000 trouvé par les auteurs n'est pas surprenant. Enfin, les quantités de chloroforme administrées dans l'étude choisie par l'OMS pour dériver sa TDI<sup>[3]</sup> (égale à 13 µg/kg/j) étant exprimées en dose externe, l'utilisation d'un modèle PBPK (calcul des doses internes) présente un intérêt limité.

[1] PBPK : *physiologically based pharmacokinetic model*

[2] LOAEL : *lowest observed adverse effect levels*

[3] TDI : *tolerable daily intake*

Source : Lévesque B., Ayotte P., Tardif R., Ferron L., Gingras S., Schlouch E., Gingras G., Levallois P., Dewailly E.; Cancer risk associated with household exposure to chloroform; *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 65(7) [2002], 489 – 502

Article analysé par : Vincent NEDELLEC, Conseil en Santé Environnement ; [vincent.nedellec@wanadoo.fr](mailto:vincent.nedellec@wanadoo.fr)

---

## Autres articles d'intérêt

### Articles de synthèse parus récemment dans la littérature scientifique :

- Custovic A., Murray C.S., Gore R.B., Woodcock A. ; Controlling indoor allergens ; *Annals of Allergy Asthma & Immunology*, 88(5) [2002], 432 – 441
- Pelham T.W., Holt L.E., Moss M.A. ; Exposure to carbon monoxide and nitrogen dioxide in enclosed ice arenas ; *Occupational and Environmental Medicine*, 59 [2002], 224 – 233 (Voir l'analyse faite de cet article au chapitre 'Lieux de vie')
- Epstien B.L. ; Childhood asthma and indoor allergens: the classroom may be a culprit ; *The Journal of School Nursing: the Official Publication of the National Association of School Nurses*, 17(5) [2001], 253 – 257
- Van Bever H.P., Desager K.N., Hagendorens M. ; Critical evaluation of prognostic factors in childhood asthma ; *Pediatric Allergy & Immunology*, 13(2) [2002], 77 – 83

### Autres articles d'intérêt :

- Andersen B., Nielsen K.F., Jarvis B.B. ; Characterization of *Stachybotrys* from water-damaged buildings based on morphology, growth, and metabolite production ; *Mycologia*, 94(3) [2002], 392 – 403
- Clayton C.A., Pellizzari E.D., Quackenboss J.J. ; National Human Exposure Assessment Survey : Analysis of Exposure pathways and routes for arsenic and lead in EPA Region 5 ; *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 12(1) [2002], 29 – 43
- Engelhart S., Exner M. ; Schimmelpilze in der Innenraumluft ; *Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft*, 62(3) [2002], 79 – 82
- Korpi A. et al; Effects of aerosols from nontoxic *Stachybotrys chartarum* on murine airways ; *Inhalation Toxicology*, 14(5) [2002], 521 – 540
- McConnell R. et al ; Indoor risk factors for asthma in a prospective study of adolescents ; *Epidemiology*, 13(3) [2002], 288 – 295

---

Les experts suivants ont également participé à l'analyse d'articles pour l'élaboration de ce numéro : Bernard FESTY, Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique – APPA et Nathalie SETA, Faculté de Pharmacie de Paris V.

### Compte-rendu de congrès

Depuis 1978, le **congrès international *Indoor Air*** se tient tous les trois ans. Il est organisé par l'*International Academy of Indoor Air Sciences*, en collaboration avec l'*International Society of Indoor Air Quality and Climate* (ISIAQ). Il s'agit d'une des plus importantes conférences internationales pluridisciplinaires sur le thème de l'air intérieur. Près de 1 500 personnes, dont 19 français, ont participé à la 9<sup>ème</sup> édition qui s'est tenue à Monterey (Californie) du 30 juin au 5 juillet 2002, ce qui représente plus de 700 communications et posters.

Pour ce qui est du domaine de la métrologie des polluants, le maximum de communications concernait les biocontaminants, les composés organiques volatils ou semi-volatils (dont les pesticides), le tabagisme passif et les particules. Plusieurs présentations ont concerné des études globales d'exposition : mesures des expositions personnelles d'une part, puis d'autre part des

expositions respectives en intérieur et extérieur (COV\*, COSV\* ou particules...). En terme de résultats d'évaluation de risques, peu de travaux ont été présentés lors de ce congrès. De manière générale, le domaine des biocontaminants était extrêmement présent. Il prend une place considérable aux USA en raison du problème des moisissures dans les écoles. Il est annoncé comme domaine émergent dans la problématique "Air intérieur" ainsi que les particules, les réactions chimiques dans l'air et les interactions avec les matériaux.

La prochaine tenue de ce congrès aura lieu en septembre 2005 en Chine. Ont également été annoncés lors de ce congrès *Healthy Buildings 2003* qui aura lieu à Singapour du 13 au 17 juillet 2003 et la 13<sup>ème</sup> rencontre internationale de l'ISEA (*International Society of Exposure Analysis*) qui aura lieu à Stresa en Italie du 21 au 25 septembre 2003.

---

### Sur le web

La mise à jour de **août 2002** du site de l'**US EPA\*** fournit un **guide d'information sur la pollution microbiologique** des habitats à destination des locataires et propriétaires. L'US EPA a déjà mis en ligne en **avril 2001** un **guide d'aide à la remédiation des problèmes de moisissures** dans les immeubles commerciaux et les écoles. Ce guide, à destination des professionnels en charge de l'entretien de ces bâtiments, propose un protocole détaillé d'intervention (évaluation et remédiation du problème, dispositions pour la protection des travailleurs et du public). Rappelons qu'aucune réglementation n'existe à ce jour pour les concentrations en biocontaminants dans l'environnement intérieur.

**A Brief Guide to Mold, Moisture, and Your Home**, US EPA 402-K-02-003 ; April 2002 – 20 pages

➔ <http://www.epa.gov/iaq/molds/images/moldguide.pdf>

**Mold Remediation in Schools and Commercial Buildings**, US EPA 402-K-01-001 ; March 2001 – 54 pages

➔ <http://www.epa.gov/iaq/molds/graphics/moldremediation.pdf>

---

Un rapport publié en **mai 2002** dans le cadre d'une étude réalisée pour l'**ADEME** présente l'état des lieux de la **mesure de l'aérobiocontamination** dans les bâtiments des secteurs résidentiel et tertiaire. Alors que la thématique des biocontaminants aéroportés fait l'objet d'une attention de plus en plus vive, cette étude se propose de faire la synthèse et l'analyse critique des

outils d'échantillonnage et stratégies de prélèvements, des techniques analytiques et des données récentes obtenues pour les microorganismes viables, totaux, ainsi que leurs composants. Des précisions sont également apportées concernant le biomonitoring et les prélèvements solides. Par ailleurs, les valeurs de référence existantes sont rappelées. Enfin, un point sur les acteurs français de la thématique est fait.

A noter que les travaux de l'ADEME relatifs à la qualité de l'air intérieur se font également via la problématique des performances énergétiques, environnementales et sanitaires des bâtiments. En association avec le Plan Urbanisme, Construction et Architecture (PUCA), et en partenariat avec plusieurs organismes publics et privés, l'ADEME a lancé un appel à propositions national (de janvier 2002 à avril 2002) sur le thème "Préparer le bâtiment à l'horizon 2010" pour lequel 9 projets parmi les 47 retenus (188 propositions reçues) étudieront la performance de différents systèmes de ventilation.

**Mesure de l'aérobiocontamination dans les bâtiments des secteurs résidentiel et tertiaire : état des connaissances et des pratiques**, étude réalisée pour l'ADEME par le docteur Sylvie Parat ; Mai 2002

➔ Fichier PDF du rapport à demander par courriel à Marie-Claude Lemaire (ADEME) :

[Marie-Claude.Lemaire@ademe.fr](mailto:Marie-Claude.Lemaire@ademe.fr)

---

Enfin, toujours dans le domaine de la contamination microbiologique de l'environnement

intérieur, une **thèse danoise en date de 2002** fait un état des lieux très complet des **moisissures dans l'habitat** (429 références bibliographiques). Des tableaux de synthèse inventorient les mycotoxines (formule chimique, masse molaire, effets biologiques) des champignons suivants : les espèces *Stachybotrys*, *Trichoderma*, *Memmoniella*, *Alternaria*, *Chaetomium*, *Cladosporium* et *Ulocladium*, puis *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium brevicompactum*,

*Penicillium polonicum* et *Aspergillus versicolor*, *Aspergillus ustus*, *Aspergillus niger*. La prolifération sur les matériaux est également largement évoquée.

**Mould growth on building materials. Secondary metabolites, mycotoxins and biomarkers**, Nielsen K.F., Ph.D. thesis, Danish Building and Urban Research ; 2002 – 122 pages  
➔ [http://www.dbur.dk/download/phd\\_kfn.pdf](http://www.dbur.dk/download/phd_kfn.pdf)

A la demande de l'association canadienne *Ontario Lung Association* (le réseau des *Lung Associations* est très actif en Amérique du Nord), une synthèse bibliographique des **effets sanitaires des polluants de l'air intérieur**, tant chimiques que biologiques, a été rendue en **avril 2002**.

**Indoor air pollutants in residential settings : Respiratory Health Effects and Remedial Measures to Minimize Exposure**, a Review for the Ontario Lung Association by Small B.M., Small and Fleming Limited, Research Consultants in Environmental Health ; April 2002 – 88 pages  
➔ <http://www.on.lung.ca/cando/IAPRS.pdf>

Dans le cadre de l'étude des expositions globales, un rapport publié en **août 2002** par l'**IEH** (*Institute for Environment and Health*) propose une synthèse bibliographique des **effets des expositions néonatale et pendant l'enfance aux faibles doses de pesticides organophosphorés**. Parmi ces expositions, sont naturellement prises en compte celles dans l'environnement intérieur, pour lesquelles le paragraphe à ce sujet dans le rapport conclut par le manque d'études actuellement disponibles.

**A review of the effects of low-level exposure to organophosphate pesticides on fetal and childhood health**, Institute for Environment and Health, Leicester, UK, Report W11 ; August 2002 – 75 pages  
➔ <http://www.le.ac.uk/ieh/pdf/W11.pdf>

## GLOSSAIRE

**CFU** : Colony Forming Unit (Unité formant Colonie)  
**COV** : Composés Organiques Volatils  
**COSV** : Composés Organiques Semi-Volatils

**DS** : Déviation standard ou écart-type  
**IC<sub>95%</sub>** : Intervalle de confiance à 95%  
**THM** : trihalométhanes  
**US EPA** : US Environmental Protection Agency

### Animation du réseau RSEIN et publication de *Info Santé Environnement Intérieur* coordonnées par l'INERIS

Directeur de la publication : Georges Labroye

Directeur de la rédaction : André Cicolella

Comité de rédaction du N°3 : Cicolella A., Delaunay C., Gauvin S., Gehanno J-F., Mandin C., Nedellec V., Segala C.

Coordination et contact : Corinne Mandin [Corinne.Mandin@ineris.fr](mailto:Corinne.Mandin@ineris.fr)

INERIS, Parc Technologique ALATA, BP 2, 60 550 Verneuil-en-Halatte

ISSN : En cours

**Le présent bulletin rassemble les analyses faites par les experts du réseau RSEIN, de travaux scientifiques récents sélectionnés pour leur intérêt scientifique. Le lecteur est invité à se reporter au texte intégral.**

Le réseau RSEIN, en relation avec l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur, est constitué de représentants des structures suivantes : Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Centre Technique du Bois et de l'Ameublement, Complexe de Recherche Interprofessionnel en Aérothermochimie, Faculté de Pharmacie de Marseille, Faculté de Pharmacie de Paris V, Fédération ATMO représentée par Air Normand, association Haute Qualité Environnementale, Hôpitaux de Rouen, Hôpitaux de Strasbourg, INSERM U 472, Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, Laboratoire Central de la Préfecture de Police de Paris, Laboratoire d'Etude des Phénomènes de Transfert Appliqués au Bâtiment, Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris, MEDIECO, SEPIA-Santé, Vincent Nedellec Conseils.

Pour tout abonnement à la version électronique du bulletin, veuillez adresser vos coordonnées par email à :

[Corinne.Mandin@ineris.fr](mailto:Corinne.Mandin@ineris.fr)