



Info Santé Environnement Intérieur

N° 7 Décembre 2003

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

Le point sur les effets sanitaires des endotoxines aéroportées

Contrairement aux mycotoxines, les endotoxines ne sont pas très présentes dans la presse grand public. Elles font pourtant l'objet de nombreuses recherches dont témoignent plusieurs synthèses parues ces dernières années⁽¹⁾. En 1969, les bactéries à Gram négatif, puis dans les années qui suivent, les endotoxines, sont associées à des pathologies pulmonaires chez des ouvriers du coton. Les endotoxines sont des molécules complexes dont les équivalents chimiques sont des LPS (Lipo Poly Saccharides).

L'exposition aux endotoxines provoque des troubles peu spécifiques (symptômes grippaux accompagnés de fièvre, frissons, fatigue, douleurs musculaires et articulaires) observables en d'autres circonstances (inhalation de fortes concentrations de spores mycéliennes, de poussières). Selon Rylander, les troubles non infectieux mais reproductibles par inhalation de LPS et/ou de poussières contenant des endotoxines tels que la fièvre des imprimeurs, la fièvre des meuniers ou la fièvre du lundi matin observée dans les immeubles de bureaux, devraient s'appeler "pneumonie toxique". Si dans les cas graves, le tableau clinique peut faire penser à un asthme sévère, il s'agit en fait d'une réaction exclusivement inflammatoire qui ne met pas en jeu les mécanismes immunitaires. En cas d'exposition chronique, la diminution de la fonction pulmonaire consécutive n'est pas assimilable à une pneumonie d'hypersensibilité. Les troubles intestinaux également observés (essentiellement chez les travailleurs de station d'épuration d'eaux usées) seraient dus à des endotoxines d'une nature différente.

De fortes teneurs en endotoxines sont présentes dans de nombreux environnements de travail, soit parce que la source est très présente et sans cesse renouvelée, soit parce que l'humidité importante liée à l'activité est favorable à la multiplication et à la dispersion des bactéries à Gram(-) et/ou des endotoxines (animaleries, travaux agricoles, meuneries, traitement des eaux usées, manufactures de fibre de verre, secteur tertiaire). Les ambiances intérieures non industrielles (logements, crèches, écoles, avions) ne sont pas exemptes de risques d'exposition sans preuve irréfutable de l'influence de facteurs tels que la présence d'animaux, le nombre de personnes présentes ou le nettoyage des locaux. Les récentes études épidémiologiques tendent à montrer que les très jeunes enfants (de moins de un an) habitant dans des fermes ou fréquentant des crèches où l'exposition aux bactéries à Gram(-) et donc aux endotoxines est importante, seraient moins sujets à l'atopie que les enfants des villes. Ce rôle "protecteur" diminue lorsque l'âge de la première exposition augmente.

Ces dernières observations confortent les partisans de la théorie "hygiéniste" très en vogue il y a quelques décennies, selon laquelle il est nécessaire d'être exposé pendant son jeune âge pour "habituer" son organisme à se défendre. Elles montrent également l'extrême complexité des relations entre environnement et systèmes biologiques.

Annie MOUILLESEAUX, Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris

(1) : Rylander R. ; Endotoxins in the environment – exposure and effects ; J. of Endotoxin Research, 8(4) [2002], 242 – 252
Holla A.D. et al. ; Endotoxin, atopy and asthma ; Current Opinion in Allergy and Clin. Immun., 2(2) [2002], 141 – 145
Song B.J. et al. ; Metropolitan endotoxin exposure, allergy and asthma ; Current Opinion in Allergy and Clin. Immun. ; 3(5) [2003], 331 – 335

SOMMAIRE

Substances → p2 ; Lieux de vie → p3 ; Effets sanitaires → p5 ; Expologie – Evaluation des risques → p7 ;
Autres articles d'intérêt → p9
Informations diverses → p11
Les astérisques renvoient aux termes du glossaire. → p17



SUBSTANCES

Concentrations intérieures et extérieures, diurnes et nocturnes, en COV* à différents étages

Les Composés Organiques Volatils – COV (méthyl-ter-butyle éther (MTBE), benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes) ont été mesurés à l'intérieur et à l'extérieur d'appartements situés dans des tours d'habitation de la ville coréenne de Daegu (2,5 millions d'habitants) entre mars et mai 2001.

Les niveaux de concentrations intérieures en COV* de 56 logements situés au niveau des 1^{er} et 2^{ème} étages sont comparés à ceux de 56 autres logements situés entre les 10^{ème} et 15^{ème} étages.

Concentrations médianes intérieures et extérieures selon le moment de la journée et l'étage ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Etage	Extérieur			Intérieur		
		Jour	Nuit	Ratio nuit/jour	Jour	Nuit	Ratio nuit/jour
Nombre de mesures	Inférieur	55	53	sans objet	57	53	sans objet
	Supérieur	52	56	sans objet	51	54	sans objet
MTBE	Inférieur	4,5	6,1	1,4	5,5	6,8	1,3
	Supérieur	4,0	5,1	1,3	4,3	5,7	1,3
Benzène	Inférieur	6,2	7,7	1,2	6,3	13,6	2,2
	Supérieur	3,5	4,8	1,4	5,3	11,6	2,2
Toluène	Inférieur	25,9	36,9	1,4	40,2	57,4	1,4
	Supérieur	19,8	24,8	1,3	30,4	44,5	1,5
Ethylbenzène	Inférieur	4,4	4,3	1,0	4,6	6,1	1,3
	Supérieur	3,4	3,7	1,1	5,1	8,0	1,6
m,p-xylènes	Inférieur	7,4	5,8	0,8	13,1	17,2	1,3
	Supérieur	6,4	6,7	1,0	14,2	20,1	1,4
o-xylène	Inférieur	2,3	1,8	0,8	4,6	5,2	1,1
	Supérieur	2,1	2,0	1,0	4,8	6,4	1,3

Les résultats montrent que, à la fois à l'extérieur et à l'intérieur, les concentrations sont significativement plus élevées dans les appartements aux étages inférieurs, que dans ceux situés dans les étages élevés. Ceci est déjà connu et s'explique par l'influence du trafic automobile dense et la proximité de zones de parkings. Par conséquent, les résidents des étages inférieurs sont plus exposés dans leur habitat que ceux des étages supérieurs. Quel que soit l'étage, les concentrations des COV*, à l'exception du MTBE, sont toujours plus élevées à l'intérieur du logement qu'à l'extérieur. Ceci était largement prévisible puisque que dans 83 % des appartements inclus dans l'étude, il est noté la présence d'un fumeur. Le MTBE, additif oxygéné des essences, n'est quant à lui, pas présent dans l'aérosol tabagique. De même, l'apparition de plus fortes concentrations intérieures la nuit est due à la présence d'un fumeur pendant la plage horaire de prélèvement nocturne (20 h à 8 h). Ainsi, l'inclusion d'une majorité "fumeurs" constitue un biais très gênant à l'étude. Le pourcentage d'additifs oxygénés tels que le MTBE dans les essences en Corée aurait pu être une donnée utile à fournir par les auteurs.

Cette étude est cependant intéressante dans la mesure où elle montre que les modes de vie des populations sont un facteur déterminant dans la durée d'exposition. La séquence "nuit" prend en compte à la fois l'arrivée du fumeur à son domicile, mais également la source automobile, à savoir les arrivées du soir et les départs du matin.

Source : Jo W.K., Kim K.Y., Park K.H., Kim Y.K., Lee H.W., Park J.K. ; Comparison of outdoor and indoor mobile source-related volatile organic compounds between low and high-floor apartments ; Environmental Research, 92(2) [2003], 166 – 171

Article analysé par : Frédérique GRIMALDI, Faculté de Pharmacie de Marseille ; frederique.grimaldi@pharmacie.univ-mrs.fr



SUBSTANCES

Modélisation de la pénétration des particules à travers l'enveloppe d'un bâtiment

Les relations air extérieur – air intérieur font constamment l'objet de travaux visant à mieux apprécier les contributions de la pollution extérieure aux concentrations mesurées en intérieur, en particulier pour les particules. Les auteurs Jeng et *al.* proposent une étude comparative de trois modèles de prédiction de la pénétration des particules à travers une fissure. Ce paramètre est en effet essentiel pour la détermination des niveaux de concentration en particules d'une ambiance intérieure puisqu'il permet de déterminer la proportion de particules extérieures qui pénètrent réellement à l'intérieur du bâtiment. Selon le modèle de Taulbee qui prend notamment en compte la différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur et la taille des particules, les particules submicroniques pénètrent pratiquement toutes dans l'ambiance intérieure alors qu'une proportion non négligeable, dépendante du gradient de pression, de particules microniques se dépose sur les parois de la fissure. De plus, on observe que les particules de diamètre supérieur à 5 µm sont toutes stoppées et ne pénètrent donc pas à l'intérieur du bâtiment par les fissures.

On retiendra de cet article que l'on dispose d'un modèle de calcul de la pénétration des particules à travers une fissure pour toutes les tailles de particules, et non plus seulement pour les particules les plus grosses pour lesquelles les forces de gravité sont prépondérantes. En effet, le modèle de Taulbee permet de prendre en compte la diffusion moléculaire (Brownienne) responsable de l'impaction des particules submicroniques sur les parois. Cependant, comme indiqué par les auteurs, il reste à prendre en compte l'impaction des particules à l'entrée de la fissure, causée par la réduction de la veine fluide au niveau de la fissure et par le fait que les particules solides ne suivent pas instantanément l'écoulement porteur.

La limite principale de cette étude réside dans le fait qu'elle repose sur l'hypothèse forte que l'écoulement dans la fissure est laminaire. Les auteurs montrent que cette hypothèse est vérifiée tant que la longueur de la fissure est supérieure à 20 mm et que sa hauteur reste inférieure à 0,5 mm. Ceci limite considérablement l'utilisation du modèle proposé puisque d'après Liu (2003), les hauteurs de fissure couramment rencontrées dans le bâtiment s'étendent de 0,25 à 1 mm.

L'article de Liu paru en 2003 est ainsi également intéressant pour la problématique. Il fournit de nouvelles mesures expérimentales pour le modèle proposé par Liu et Nazaroff et constitué du modèle de Fuchs pour l'effet gravitationnel (comme dans le présent article) et de relations empiriques pour l'effet de diffusion moléculaire. Ce modèle ne nécessite pas de résolution numérique et intègre la diffusion brownienne. Enfin, un modèle prenant en compte les effets gravitationnel et diffusionnel est proposé dans Liu (2001).

Source : Jeng C.J., Kindzierski W.B., Smith D.W. ; Modeling entry of micron-sized and submicron-sized particles into the indoor environment ; *Aerosol Science & Technology*, 37(10) [2003], 753 – 769

Article analysé par : Marc ABADIE, Laboratoire d'Etude des Phénomènes de Transfert Appliqués au Bâtiment – LEPTAB, Université de La Rochelle ; marc.abadie@univ-lr.fr

Autres articles mentionnés : Liu D.L., Nazaroff W.W. ; Particle Penetration Through Building Cracks ; *Aerosol Science & Technology*, 37(7) [2003], 565 – 573

Liu D.L., Nazaroff W.W. ; Modeling pollutant penetration across building envelopes ; *Atmospheric Environment*, 35(26) [2001], 4451 – 4462



LIEUX DE VIE

Exposition professionnelle à la fumée de tabac dans les restaurants

Depuis le 1^{er} mars 2000, la loi finlandaise "antitabac" a été amendée aux fins de prendre en compte le risque d'exposition à la fumée de tabac environnementale (FTE) des personnels de restaurants. Préalablement à la promulgation de cette loi, l'Institut Finnois de Santé au Travail a entrepris, à la demande du Ministère des Affaires Sociales et de la Santé, une étude permettant d'évaluer l'exposition d'employés travaillant dans plusieurs types d'établissements. Cette étude a été menée de septembre 1999 à janvier 2000, sur un

groupe de 25 employés non fumeurs travaillant dans trois types d'établissements (restaurants, bars et discothèques) implantés dans 3 villes de Finlande.

Le niveau d'exposition a été évalué en mesurant simultanément deux indicateurs :

- la concentration atmosphérique de nicotine au niveau individuel (zone respiratoire) pendant la durée quotidienne de travail (de 3 h 30 à 14 h) ;
- les taux de cotinine et de 3'-hydroxycotinine urinaires en début et en fin de la période de travail.

Lieu et paramètre	Nombre de valeurs	Nicotine (µg/m ³)	Cotinine (ng/mg créatinine)		3'-hydroxycotinine (ng/mg créatinine)	
			Avant	Après	Avant	Après
Bars	48	3,7	4,0	4,4	18,1	20,1
GM						
SD						
Restaurants	16	1,4	1,1	0,9	9,2	7,4
GM						
SD						
Discothèques	21	10,2	4,3	5,5	13,1	14,0
GM						
SD						

Les résultats rapportés dans le tableau montrent que :

- les concentrations dans l'air de nicotine sont plus élevées dans les discothèques que dans les restaurants et bars ;
- les niveaux des deux indicateurs biologiques urinaires sont moins élevés pour les employés des restaurants que pour ceux des bars et discothèques ;
- les niveaux de cotinine urinaire sont légèrement plus élevés pour les employés des discothèques que pour ceux des bars, alors que les niveaux de 3'-hydroxycotinine sont nettement plus élevés chez les seconds que chez les premiers.

De plus, pour l'ensemble des employés de ces établissements, aucune différence significative de ces indicateurs n'a été observée entre le début et la fin d'une période de travail. Par contre, des différences plus significatives de ces indicateurs ont été clairement mises en évidence entre le premier et le dernier jour de la semaine de travail. Par ailleurs, il a été montré une assez bonne corrélation (coefficient 0,66) entre le niveau de concentration de nicotine dans l'air et chacun des indicateurs biologiques urinaires considérés. Le rapprochement entre les résultats présentés dans cette étude et ceux, mentionnés par les auteurs, issus de la littérature pour des établissements du même type ou pour d'autres groupes de personnes exposées, tels que

fumeurs (légers ou moyens), personnes exposées ou non sur leur lieu de travail, personnes exposées ou non en dehors de leur lieu de travail, montre une certaine variabilité des valeurs observées (concentrations de nicotine dans l'air, indicateurs biologiques de la FTE*).

En conclusion, cette étude fait ressortir que l'exposition à la fumée de tabac environnementale d'employés non fumeurs des restaurants, bars, et discothèques s'accroît pendant leur service. Elle confirme que les niveaux urinaires de cotinine et 3'-hydroxycotinine sont des indicateurs pertinents de l'imprégnation à la FTE*. Toutefois, dans le cadre de cette étude, il semble que la mesure de la concentration de nicotine dans l'air pendant la période de travail soit aussi un indicateur pertinent pour évaluer le niveau d'imprégnation à la FTE* dû à la seule exposition professionnelle des employés.

Source : Johnsson T., Tuomi T., Hyvarinen M., Svinhufvud J., Rothberg M., Reijula K. ; Occupational exposure of non-smoking restaurant personnel to environmental tobacco smoke in Finland ; American Journal of Industrial Medicine, 43(5) [2003], 523 – 531

Article analysé par : Michel SLOÏM, Laboratoire Central de la Préfecture de Police de Paris – LCPP ; Michel.SLOIM@interieur.gouv.fr



LIEUX DE VIE

Teneurs en benzène dans des crèches rouennaises

Cette étude française porte sur l'évaluation de l'exposition au benzène environnemental dans un groupe d'enfants de 2 à 3 ans appariés à leurs parents (père ou mère) entre octobre et décembre 1999. La comparaison "enfants – parents" porte sur

la concentration inhalée dans les différents micro-environnements, l'exposition individuelle et l'imprégnation biologique par la mesure dans les urines de deux métabolites : l'acide *trans,trans*-muconique et l'hydroquinone.

Les résultats montrent que, malgré une exposition individuelle plus élevée chez les parents, les concentrations réellement inhalées par les enfants sont plus importantes. Des teneurs très élevées en benzène ont été mesurées à l'intérieur des crèches (crèches A et B en centre ville de Rouen ; crèche C en périphérie de la ville). Concernant l'imprégnation biologique des deux populations, certes faible (acide *trans,trans*-muconique détectable à 85 %, hydroquinone à 100 %), elle est plus élevée chez les enfants que chez les parents ; ceci est significatif d'un métabolisme différent, avancé comme hypothèse par les auteurs. L'importante variabilité inter-individuelle dans cette réponse biologique dans les deux groupes est à noter. Cependant, la corrélation entre l'exposition personnelle au benzène et l'excrétion urinaire des métabolites n'est pas significative. Les travaux antérieurs montrent en outre l'interférence notable de l'apport alimentaire en acide sorbique sur les produits de

biotransformation du benzène. Sans la mesure de ce biais, ces métabolites ne semblent donc pas être le reflet de l'imprégnation au benzène.

L'étude demeure toutefois intéressante d'autant qu'elle est menée chez de très jeunes enfants, ce qui d'ailleurs, explique que le port du badge individuel pour la mesure du benzène n'ait pas été retenu par les auteurs. Néanmoins, l'estimation de l'exposition individuelle des enfants par la somme des concentrations dans les différents micro-environnements pondérées par le temps passé, semble juste.

A l'horizon d'une norme "benzène" pour l'air ambiant extérieur, il est important de prendre en compte cet apport d'origine intérieure auquel la population est exposée pendant une durée largement non négligeable.

Concentrations moyennes en benzène dans 3 crèches rouennaises ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Intérieur		Extérieur	
	Nombre de mesures	Moyenne \pm déviation standard	Nombre de mesures	Moyenne \pm déviation standard
Crèche A	8	10,5 \pm 1,9	6	5,0 \pm 2,1
Crèche B – 1	4	35,5 \pm 13,5	2	7,6 \pm 0,3
Crèche B – 2	4	11,1 \pm 6,9	2	7,6 \pm 0,3
Crèche B – 3	4	9,1 \pm 5,0	2	7,6 \pm 0,3
Crèche C	5	7,9 \pm 3,4	6	3,5 \pm 0,3

Source : Kouniali A., Cicolella A., Gonzalez-Flesca N., Dujardin R., Gehanno J.-F., Bois F.Y. ; Environmental benzene exposure assessment for parent-child pairs in Rouen, France ; The Science of The Total Environment, 308(1-3) [2003], 73 – 82

Article analysé par : Frédérique GRIMALDI, Faculté de Pharmacie de Marseille ; frederique.grimaldi@pharmacie.univ-mrs.fr



EFFETS SANITAIRES

Exposition résidentielle au radon et risque de cancer du poumon

De 1990 à 1996, une étude cas-témoins évaluant le risque de cancer du poumon lié à l'exposition au radon domestique a été menée en Allemagne de l'Ouest (Kreienbrock, 2001). Aucune association entre le risque de cancer du poumon et l'exposition au radon domestique n'a été mise en évidence dans l'ensemble de la zone étudiée. Par contre, en restreignant l'analyse aux zones à fort potentiel d'exhalation de radon, le risque relatif était égal à 1,13 ($\text{IC}_{95\%} = [0,88 - 1,46]$) pour une augmentation de 100 Bq/m^3 . L'article paru récemment présente les résultats de l'étude cas-témoins menée en Allemagne de l'Est (Thuringe, Saxe) dans une zone caractérisée par de fortes concentrations de radon dans les habitations et par plusieurs siècles d'activités minières (or, uranium).

Les cas de cancer du poumon ont été identifiés dans 5 hôpitaux entre octobre 1990 et mars 1997. Le

diagnostic de cancer du poumon primaire devait être confirmé de manière histologique ou cytologique. Les témoins ont été sélectionnés à partir du recensement de la population de 1990 et appariés sur le sexe, l'âge et la région. 73 % des cas et 46 % des témoins éligibles ont accepté de participer à l'étude. La concentration de radon a été mesurée dans les habitations occupées par les sujets au cours des 35 années précédant leur inclusion dans l'étude. Deux dosimètres par habitation ont été installés pendant un an, l'un dans la chambre à coucher et l'autre dans le séjour. Lors de l'évaluation de l'exposition individuelle au radon, le mode de vie des occupants (ventilation, taux d'occupation des pièces, ...) et les travaux éventuels de rénovation de l'habitation ont été pris en compte en appliquant des facteurs correctifs calculés grâce à un modèle multiplicatif (Gerken, 2000).

Les données manquantes ont été remplacées par la moyenne des concentrations de radon mesurées dans les habitations des témoins. Les risques relatifs ont été calculés grâce à une régression logistique conditionnelle après prise en compte de l'âge, du sexe, de la région, des habitudes tabagiques (nombre de paquets fumés, nombre d'années depuis l'arrêt du tabagisme) et de l'exposition professionnelle à l'amiante. Seuls les sujets dont au moins une habitation a fait l'objet d'une mesure de la concentration de radon ont été conservés dans l'analyse.

Au total, 1 192 cas et 1 640 témoins ont été inclus dans l'analyse du risque de cancer du poumon. En moyenne, les mesures de la concentration de radon ont permis de couvrir 21,3 années et 21,6 années respectivement chez les cas et chez les témoins, soit 71 % et 72 % de la période étudiée. Après remplacement des données manquantes, la moyenne de l'exposition au radon au cours des 5-35 dernières années est de 76 Bq/m³ chez les cas et de 74 Bq/m³ chez les témoins. Les risques relatifs sont les suivants : 1,00 ; 0,95 (IC_{95%} = [0,77 – 1,18]) ; 1,13 (IC_{95%} = [0,86 – 1,50]) ; 1,30 (IC_{95%} = [0,88 – 1,93]) lorsque les concentrations de radon sont réparties en 4 classes : < 50 Bq/m³ ; 50 – 80 Bq/m³ ; 80 – 140 Bq/m³ et ≥ 140 Bq/m³. Le risque relatif est égal à 1,08 (IC_{95%} = [0,97 – 1,20]) pour une augmentation de 100 Bq/m³. Lorsque l'analyse est restreinte aux sujets pour lesquels les mesures de la concentration de radon couvrent l'ensemble de la période étudiée, le risque relatif est égal à 1,09 (IC_{95%} = [0,94 – 1,27]) pour une augmentation de 100 Bq/m³. L'association entre le risque de cancer du poumon et l'exposition au radon est plus forte pour les cancers à petites cellules que pour les autres types histologiques de cancer du poumon : le risque relatif est alors égal à 1,23 (IC_{95%} = [1,02 – 1,47]) pour une augmentation de 100 Bq/m³.

Les résultats de cette étude mettent en évidence une augmentation de 8 % du risque de cancer du poumon pour une augmentation de 100 Bq/m³ de l'exposition moyenne au radon au cours des

35 années précédant l'inclusion dans l'étude. Cette estimation de risque est cohérente avec les résultats des études cas-témoins publiées et avec les extrapolations obtenues à partir des études sur les mineurs d'uranium. Dans cette étude, l'augmentation de risque de cancer du poumon en fonction de l'exposition au radon domestique est plus élevée pour les cancers à petites cellules que pour les autres types histologiques de cancer du poumon. Ce résultat avait déjà été observé dans l'étude menée en Allemagne de l'Ouest (Kreienbrock, 2001) et dans celle menée au Royaume-Uni (Darby, 1998), ainsi que dans certaines études sur les mineurs d'uranium (NRC, 1999 ; Saccomanno, 1996).

Source : Kreuzer M., Heinrich J., Wölke G., Schaffrath Rosario A., Gerken M., Wellmann J., Keller G., Kreienbrock L., Wichmann H.E. ; Residential radon and risk of lung cancer in Eastern Germany ; *Epidemiology*, 14(5) [2003], 559 – 568

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

Articles référencés : Darby S. et al. ; Risk of lung cancer associated with residential radon exposure in South-West England: a case control study ; *Br. J. Cancer*, 78(3) [1998], 394 – 408

Gerken M. et al. ; Models for retrospective quantification of indoor radon exposure in case-control studies ; *Health Phys.* ; 78 [2000], 268 – 278

Kreienbrock L. et al. ; Case-control study on lung cancer and residential radon in West Germany ; *Am. J. Epidemiol.*, 153 [2001], 142 – 152

National Research Council (NRC), Committee on Biological Effects of Ionizing Radiation (BEIR VI). Health effects of exposure to radon. Washington, DC: National Academy Press, 1999

Saccomanno G. et al. ; A comparison between the localization of lung tumors in uranium miners and in non-miners from 1947 to 1991 ; *Cancer*, 77 [1996], 1278 – 1283



EFFETS SANITAIRES

Prévalence infantile de l'asthme et fréquentation des piscines

Un lien entre des biomarqueurs reflétant la perméabilité ou l'intégrité de la barrière épithéliale pulmonaire et la fréquentation de la piscine a été mis en évidence de manière fortuite à l'occasion d'une étude sur les effets chroniques de la pollution atmosphérique urbaine chez des enfants d'âge scolaire. Trois biomarqueurs ont été étudiés, il s'agit de protéines spécifiques mises en évidence dans le sérum sanguin : CC16 secrétées par les cellules de Clara, SP-A et SP-B, secrétées par les pneumocytes. Cette première étude, de type transversal, concernait

226 enfants de 8 à 12 ans scolarisés dans 7 écoles primaires (2 dans la zone urbaine de Bruxelles et 5 en zone rurale -Ardennes-) et incluait une prise de sang et un questionnaire détaillé sur l'environnement (nombre d'occupants, moisissures, utilisation du gaz, animaux domestiques, activités sportives dont la piscine, double-vitrage, tabagisme passif). Cette première étude a mis en évidence un lien consistant entre la fréquentation de la piscine (identique en milieu urbain et rural), les trois biomarqueurs et une relation dose-réponse très nette avec SP-A et SP-B.

Les auteurs ont alors mené deux études complémentaires : une étude d'intervention avant-après afin de mettre en évidence l'effet aigu de la fréquentation de la piscine sur les biomarqueurs étudiés et une nouvelle analyse d'une étude réalisée en 1996 et 1999 visant à mesurer la prévalence de l'asthme. L'étude d'intervention a été menée sur 16 enfants (5 – 14 ans) et 13 adultes (26 – 47 ans) et consistait en 2 prises de sang chez les enfants, avant et après 2 heures de piscine et 3 prises de sang chez les adultes, avant et après 1 heure (de présence dans le bâtiment sans activité de natation) et 2 heures (1 heure de présence et 1 heure de natation). La concentration de NCl_3 (trichlorure d'azote) était de $0,490 \text{ mg/m}^3$ pendant l'expérimentation. Les concentrations de SP-A et SP-B et le ratio SP-B/CC16 augmentent significativement pendant l'intervention à la fois chez les enfants et les adultes. Ces augmentations ont déjà lieu chez les adultes après 1 heure de simple présence sans activité physique.

La dernière étude a concerné 1 881 enfants de 7 à 14 ans recrutés dans 15 écoles primaires. L'asthme est diagnostiqué selon 2 critères : un test d'effort (baisse de 10 du débit de pointe après un effort standardisé) et/ou la prise d'un traitement pour asthme. La prévalence totale de l'asthme varie entre 5,5 % et 30,5 % selon les écoles. La fréquentation de la piscine au cours de la vie est le facteur le plus lié à la prévalence de l'asthme parmi les facteurs étudiés (âge, sexe, animaux domestiques, tabagisme passif, ethnique, statut socio-économique).

La fréquentation régulière de la piscine par des enfants est trouvée liée à une augmentation de la perméabilité de la barrière épithéliale pulmonaire et à une plus forte prévalence d'asthme. Les auteurs font remarquer que l'augmentation du biomarqueur SP-B chez les enfants ayant le plus fréquenté la piscine est du même ordre de grandeur que l'augmentation de ce biomarqueur chez les fumeurs actuels, ce qui est loin d'être négligeable. Certaines informations semblent toutefois manquer, notamment les antécédents personnels et familiaux d'asthme et maladies allergiques (qui devraient être pris en compte dans les analyses multivariées) dans la mesure où les données des études (à l'exception de la seconde étude rapportée concernant l'effet aigu) ont été recueillies pour d'autres objectifs. Dans la troisième et dernière étude, le choix de l'asthme d'effort comme mesure de la prévalence de l'asthme peut être discuté. Il a l'avantage d'être un critère objectif, mais les études multicentriques récentes telles que ISAAC (*International Study on Asthma and Allergies in Children*) ne l'ont pas retenu et se basent sur les réponses à un questionnaire standardisé.

Source : Bernard A., Carbonelle S., Michel O., Higuët S., de Burbure C., Buchet J.-P., Hermans C., Dumont X., Doyle I. ; Lung impermeability and asthma prevalence in schoolchildren: unexpected associations with the attendance at indoor chlorinated swimming pools ; *Occupational and Environmental Health*, 60(6) [2003], 385 – 394

Article analysé par : Claire SEGALA, SEPIA-Santé ; sepia@sepia-sante.com



EXPOLOGIE - EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES

Exposition aux pyréthrinoïdes au domicile après une opération de désinsectisation professionnelle

Les dosages de quatre métabolites urinaires des pyréthrinoïdes : cyfluthrine, cyperméthrine, perméthrine et deltaméthrine, ont été effectués auprès de 57 personnes avant et après intervention de désinsectiseurs (1 jour, 3 jours, 4 à 6 mois et 10 à 12 mois après l'opération). L'étude dans son ensemble combinait des mesurages environnementaux (air et poussières), des dosages des métabolites urinaires et une visite médicale avec questionnaires. Seuls les résultats des dosages sont rapportés.

Les résultats montrent une augmentation de la fréquence de détection et des concentrations des métabolites après intervention, à l'exception du FPBA⁽¹⁾, métabolite spécifique de la cyfluthrine, qui ne semble pas être un très bon indicateur de l'exposition. Il n'est détecté qu'au maximum dans 5 % des échantillons. Les fréquences de détection des *cis*- et *trans*-DCCA⁽²⁾, métabolites communs à la cyfluthrine, la cyperméthrine et la deltaméthrine,

augmentent par contre de façon plus importante. Des mesurages supplémentaires, à 1 semaine, 1 mois, 2 mois et 3 mois par exemple, auraient été très informatifs sur la rapidité de la diminution de l'excrétion urinaire et auraient permis de mieux apprécier la persistance éventuelle des composés. En outre, chez certaines personnes, les concentrations en *trans*-DCCA et en 3PBA⁽³⁾ augmentent après les 4 à 6 mois ou après les 10 à 12 mois suivant l'exposition, ce qui suggère d'autres sources d'exposition aux pyréthrinoïdes que l'intervention du désinsectiseur. Globalement, les résultats de l'étude confirment ce que d'autres auteurs ont déjà mis en évidence, à savoir que les fréquences de détection et les concentrations urinaires de ces métabolites restent faibles (moins de 50 % des urines ; les médianes ne sont jamais supérieures à la limite de détection). Les valeurs des 95^{èmes} percentiles sont aux niveaux de concentrations déjà publiés.

Au titre des limites de l'étude, on note le fait que les prélèvements urinaires étaient soit des prélèvements à un temps donné, soit des urines de 24 heures. Les résultats présentés ne concernent donc pas des prélèvements homogènes. En outre, une correction de la dilution en exprimant les résultats en fonction de la créatinine urinaire aurait été intéressante. Enfin, les sujets exposés variant de 5 à 40 selon le composé, des comparaisons inter-groupes en fonction du pyréthrianoïde utilisé pour l'intervention sont donc impossibles de par les faibles effectifs.

Cette étude demeure néanmoins intéressante dans la mesure où les travaux recherchant les métabolites urinaires des pyréthrianoïdes sont peu nombreux. Son intérêt réside également dans le nombre de prélèvements urinaires effectués pour chaque personne, sur une période de presque un an. C'est en outre la première étude qui se concentre sur des personnes exposées à leur domicile après intervention d'un professionnel. Elle confirme la multiplicité des voies d'exposition possibles en population générale puisque le ratio *cis/trans* pour le DCCA montre que sur 18 personnes ayant des concentrations mesurables, 5 (28 %) ont une exposition cutanée prédominante et 13 (72 %) une exposition orale et/ou par inhalation prédominante.

On retiendra que ces mesures répétées, au nombre de cinq, permettent de mettre en évidence la cinétique de l'exposition des individus et démontre la diminution de l'excrétion, donc la diminution de l'exposition, 4 mois après l'intervention.

- (1) FPBA : fluorophenoxybenzoic acid
- (2) DCCA : 3-(2,2-dichlorovinyl)-2,2-dimethylcyclopropane carboxylic acid
- (3) 3PBA : 3-phenoxybenzoic acid

Source : Leng G., Ranft U., Sugiri D., Hadnagy W., Berger-Preiss E., Idel H. ; Pyrethroids used indoors – Biological monitoring of exposure to pyrethroids following an indoor pest control operation ; International Journal of Hygiene and Environmental Health, 206 (2) [2003], 85 – 92

Article analysé par : Ghislaine BOUVIER, Faculté de Pharmacie de Paris V ; ghislainebouvier@hotmail.com



EXPOLOGIE - EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES

Exposition des enfants aux pesticides et HAP* au Minnesota

L'étude MNCPEs (*Minnesota Children's Pesticide Exposure Study*) fournit des données environnementales et biologiques, sur l'exposition multimédia des enfants à 4 pesticides primaires (chlorpyrifos, malathion, diazinon, atrazine), 14 pesticides secondaires⁽¹⁾ et 13 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Les prélèvements ont été réalisés chez 102 enfants âgés de 3 à 12 ans, tirés au sort dans la ville de Minneapolis et un comté rural proche.

L'objectif est de fournir les distributions d'exposition et d'examiner les associations entre les différents résultats de mesures grâce au test du coefficient de corrélation de Spearman. Dans l'habitat, les échantillons prélevés sont : air personnel, air intérieur, air extérieur, aliments solides, boissons, eau du robinet, poussières surfaciques intérieures, sols et urines. Les expositions cumulatives aux pesticides (appelées "*Partial aggregate*") en raison de la non prise en compte des expositions par voie cutanée et par ingestion non alimentaire) sont estimées, et les apports relatifs par consommation alimentaire et par inhalation sont comparés.

L'exposition totale pour les quatre pesticides primaires semble être plus importante par voie alimentaire que par voie respiratoire. Ceci est vrai pour le chlorpyrifos, mais plus incertain pour les trois autres pesticides en raison d'un plus grand nombre d'échantillons "non détectables". Étonnamment, l'exposition respiratoire est plus forte en ville qu'à la campagne (médiane du chlorpyrifos respectivement de 0,9 et 0,4 ng/kg_{corp.j}-kg_{corp} : kg de poids corporel-). Ceci est moins constant pour l'ingestion cumulée (aliments et boissons). Les aliments solides sont clairement plus contributeurs que les boissons. Malgré la domination des apports alimentaires, l'excrétion urinaire de métabolites du chlorpyrifos est plus fortement corrélée aux concentrations aériennes qu'aux concentrations alimentaires. Les résultats de prélèvements d'air individuel sont fortement corrélés avec les concentrations intérieures du chlorpyrifos, du malathion et du diazinon (respectivement : $r = 0,81$; $0,51$; $0,62$). Les concentrations individuelles dans l'air en atrazine sont mieux corrélées avec l'air extérieur ($r = 0,69$). Concernant les HAP, de nombreuses associations ont pu être mises en évidence entre les différentes mesures aériennes, ainsi qu'entre les mesures aériennes et les mesures dans les poussières, tout particulièrement pour ceux les plus fréquemment retrouvés : fluoranthène, phénanthrène et pyrène.

Media	n	% mes.*	Unités	médiane	90 ^{ème} percentile
Air personnel	60	95	ng/m ³	1,577	11,7
Air intérieur habitation	82	91	ng/m ³	1,742	16,17
Air extérieur	52	10	ng/m ³	**	0,071
Aliments solides	96	57	µg/kg	0,532	1,255
Boissons	101	0	µg/kg	**	**
Boissons + aliments solides	96	57	µg/kg	0,202	0,585
Eau du robinet	55	2	µg/l	**	**
Poussière surfacique intérieure	99	62	µg/cm ²	1,154	1,330
Sols	102	3	µg/kg	**	**
Ingestion par les aliments	96	57	ng/jour	263	838
Ingestion par aliments et boissons	96	57	ng/jour	263	838
Inhalation par l'air personnel	60	95	ng/jour	18,3	126
Exposition partiellement agrégée	57		ng/jour	304	648
Ingestion par aliments et boissons	95		ng/jour/kg _{corp}	10,3	29,5
Inhalation par l'air personnel	59		ng/jour/kg _{corp}	0,648	4,952
Exposition partiellement agrégée	56		ng/jour/kg _{corp}	11,7	30,7
3,4,6-trichloro-2-pyridinol					
Concentration urinaire le 3 ^{ème} jour	87	93	µg/l	7,2	18,1
Concentration urinaire le 5 ^{ème} jour	87	87	µg/l	6,7	18,9
Concentration urinaire le 7 ^{ème} jour	89	97	µg/l	8,3	21,1

* % mes. : pourcentage d'échantillons au-dessus de la valeur limite de quantification analytique

** : en dessous des limites de détection ou de quantification analytique

Commentaires

Basée sur une approche méthodologique épurée, cette étude apporte de nombreux enseignements concernant l'exposition aux pesticides aux Etats-Unis. Les résultats sont parfois surprenants. Par exemple, l'emploi de pesticides dans les environnements urbains et domestiques génère des expositions supérieures à celles générées par les usages agricoles. Les apports alimentaires de pesticides (exprimé en ng/j) sont environ 10 fois supérieurs aux apports respiratoires (exprimé en ng/j). Les concentrations urinaires tendent pourtant à être mieux corrélées aux concentrations atmosphériques qu'aux teneurs alimentaires. Ces éléments d'informations mériteraient d'être vérifiés en France au moyen d'enquêtes similaires. Ceci permettrait de hiérarchiser les efforts de recherche et les actions publiques de réduction des risques. De l'étude américaine, on retiendra également que les limites de résidus dans les produits alimentaires mériteraient d'être révisées notamment en tenant compte des apports par d'autres médias, et que les études épidémiologiques en population générale française ne doivent pas se focaliser uniquement sur les zones rurales.

(1) : 4,4'-DDE, 4,4'-DDD, 4,4'-DDT, Alachlor, *Cis trans* Chlordane, Dichlorvos, Dieldrin, Endosulfan, Heptachlor, Metalochlor, *Cis trans* Permethrin, Simazine

Source : Clayton C.A., Pellizzari E.D., Withmore R.W., Quackenboss J.J., Adgate J., Sefton K. ; Distribution, associations, and partial aggregate exposure of pesticides and polynuclear aromatic hydrocarbons in the Minnesota Children's Pesticide Exposure Study (MNCPEs) ; Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, 13(2) [2003], 100 – 111

Article analysé par : Vincent NEDELLEC, Conseil en Santé Environnement ; vincent.nedellec@wanadoo.fr

Autres articles d'intérêt : articles de synthèse parus dans la littérature scientifique

- Reijula K., Tuomi T. ; Mycotoxins of Aspergilli, exposure and health effects ; Frontiers in Bioscience, 8 [2003], S232 – S235
- Revankar S.G. ; Clinical implications of mycotoxins and *Stachybotrys* ; American Journal of the Medical Sciences, 325(5) [2003], 262 – 274
- Kolstad H.A., Brauer C., Iversen M., Sigsgaard T., Mikkelsen S. ; Do indoor molds in nonindustrial environments threaten workers' health ? A review of the epidemiologic evidence ; Epidemiologic Reviews, 24(2) [2002], 203 – 217
- Green E., Courage C., Rushton L. ; Reducing domestic exposure to environmental tobacco smoke : a review of attitudes and behaviours ; J. of the Royal Society for the Promotion of Health, 123(1) [2003], 46 – 51

Au vu du nombre d'articles qui paraissent chaque mois dans les revues internationales, la filtration de l'air intérieur par photocatalyse suscite indéniablement un intérêt croissant dans les communautés scientifiques et industrielles. Dans le dernier bulletin *Info Santé Environnement Intérieur* (N°6), une analyse d'un article de synthèse sur le sujet avait été proposée. L'article résumait les fondements physico-chimiques de la filtration par photocatalyse, décrivait le principe de fonctionnement de certaines unités expérimentales, et faisait état des connaissances acquises, ou au contraire des connaissances à acquérir pour une meilleure compréhension des phénomènes mis en jeu. Concernant ce dernier point, les auteurs mettaient en avant l'absolue nécessité de poursuivre les travaux de recherche expérimentaux et numériques destinés à caractériser l'influence de paramètres tels que l'humidité, les débits d'air traités ou la concentration en polluants, sur l'efficacité de conversion des systèmes.

C'est précisément à ce type de problématique que s'adresse l'article de Ao *et al.*. A partir d'essais réalisés avec un média en fibre de verre recouvert de TiO₂ placé dans un réacteur de 57 litres et irradié par une lampe UV de 6W, les auteurs ont mesuré et étudié l'évolution de l'efficacité de conversion des BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène, o-xylène) et du NO (monoxyde d'azote), en fonction des concentrations des deux polluants, du temps de résidence de l'air dans le réacteur et de l'humidité. Ce type d'étude n'est pas nouveau en lui-même, mais les contributions précédentes ayant surtout comme application finale le traitement des effluents industriels, elles ont le plus souvent considéré des concentrations bien supérieures à celles que l'on peut rencontrer dans les bâtiments. Comme le précisent fort justement les auteurs, les conclusions obtenues ne sont pas extrapolables au problème du traitement de l'air intérieur puisque ce paramètre conditionne fortement et de manière non linéaire l'efficacité des systèmes. Les concentrations de référence étudiées ici (200 ppb pour le NO et moins de 100 ppb pour les BTEX) se veulent être représentatives des niveaux classiquement rencontrés dans les bâtiments en milieu urbain. Elles semblent néanmoins correspondre à un niveau très élevé eu égard aux concentrations relevées en France dans les bâtiments résidentiels et tertiaires.

La première partie de l'étude de Ao *et al.* a consisté à évaluer l'efficacité de conversion des BTEX et du NO pris séparément. Concernant les BTEX, les résultats enregistrés mettent en évidence une efficacité plus faible pour le benzène que pour les autres composés. L'efficacité de conversion du NO est pour sa part très élevée ($\approx 90\%$), mais les mesures en sortie de la cellule expérimentale révèlent une augmentation de la concentration en NO₂ au fil du temps, et donc une désactivation

progressive du filtre (le NO₂ constitue ici un produit dérivé du processus de filtration).

Dans la deuxième partie de l'étude, l'efficacité du filtre a été évaluée pour un mélange dans l'air de BTEX et de NO. Les conclusions qui ressortent des expériences sont que cette efficacité diminue lorsque le temps de résidence de l'air dans la chambre diminue, ceci quel que soit le composé. Par ailleurs, l'efficacité de conversion du NO diminue en présence de BTEX, alors que l'efficacité de conversion des quatre BTEX augmente en présence de NO. En l'absence de NO, cette dernière diminue de manière drastique lorsque l'humidité passe de 2 100 ppm à 22 000 ppm (réduction d'un facteur 6 à 12 suivant les composés).

L'étude révèle également un certain nombre d'autres tendances intéressantes, concernant notamment l'influence des concentrations en polluants dans l'air entrant. Pour chaque résultat enregistré, les auteurs s'efforcent de proposer une explication phénoménologique. Sans bien sûr remettre en cause leur honnêteté et la valeur de ces explications, il convient toutefois de remarquer que le nombre, la complexité et le manque de connaissances sur les mécanismes physico-chimiques impliqués dans les réactions de photocatalyse permet toujours de trouver une explication possible aux résultats enregistrés. En de multiples circonstances, l'origine des phénomènes peut néanmoins être toute autre. Concernant le fondement même de l'étude, il est également important de signaler que la configuration testée correspond à une filtration de l'air ambiant, donc à une situation peu réaliste. La filtration photocatalytique s'inscrit davantage dans une logique de traitement de l'air de ventilation avant soufflage dans les locaux.

Un autre article intéressant sur le même thème est paru récemment (Pengyi, 2003). Les auteurs ont étudié les effets de la concentration, du débit d'air à traiter, de l'humidité et de la longueur d'onde du rayonnement UV, sur l'efficacité de conversion du toluène par 3 systèmes de filtration différents : ozonation et rayonnement UV, photocatalyse sur support en TiO₂, et photocatalyse sur ce même support en présence d'ozone.

Source : Ao C.H., Lee S.C., Mak C.L. et Chan L.Y. ; Photodegradation of volatile organic compounds and NO for indoor air purification using TiO₂: promotion versus inhibition effect of NO ; Applied Catalysis, B-Environmental, 42(2) [2003], 119 – 129

Article analysé par : Patrice BLONDEAU, LEPTAB, Université de La Rochelle ; patrice.blondeau@univ-lr.fr

Autre article mentionné : Pengyi Z. *et al.* ; A comparative study on decomposition of gaseous toluene by O₃/UV, TiO₂/UV and O₃/TiO₂/UV ; Journal of Photochemistry and Photobiology, A : Chemistry, 156 [2003], 189 – 194

En alternance avec *Indoor Air*, le congrès *Healthy Buildings*, qui se tient tous les 3 ans depuis 1988, représente un des congrès officiels de l'ISIAQ (*International Society of Indoor Air Quality and Climate*). Initialement prévue pour se tenir en juillet, l'édition de 2003 a été reportée au mois de décembre en raison de l'épidémie de SRAS (Syndrome Respiratoire Aigu Sévère) du printemps 2003, qui a touché Singapour. La conférence n'a ainsi pas attiré le nombre escompté de participants : 400 personnes, dont une large proportion d'origine asiatique, étaient présentes, contre 1 000 attendues. Outre les sessions plénières (2 ou 3 par jour), se tenaient en parallèle d'une part des sessions thématiques avec exposés oraux en première partie, puis présentations orales des posters en seconde partie, et d'autre part des workshops.

Les **sessions plénières** ont abordé des aspects globaux tels que l'évolution des problématiques en matière de QAI* au cours du XX^{ème} siècle (Spengler J.), la prise en compte des attentes des occupants (Levin H.), les spécificités de la problématique dans les pays en voie de développement (Smith K.), les relations avec la qualité de l'air extérieur (Morawska L.), l'état des lieux des normes internationales (Olesen B.) (très orienté selon la vision danoise) et les challenges et perspectives des années à venir (Fanger O.). Les aspects d'impact de l'environnement intérieur sur la productivité des travailleurs, largement évoqués tout au long de la conférence, ont également fait l'objet d'une présentation en session plénière (Tanabé S.). Enfin, un exposé consacré au SRAS a aussi été réalisé (Ooi P.).

Les thèmes des **sessions parallèles** étaient les suivants :

- microbiologie ;
- substances chimiques ;
- particules ;
- ventilation ;
- effets sanitaires ;
- confort thermique ;
- économie d'énergie ;
- approche coût-bénéfice ;
- maîtrise d'œuvre et maintenance des bâtiments sains ;
- innovations technologiques, dont une session dédiée aux spécificités climatiques ;
- standards et *guidelines* ;
- politiques publiques.

Globalement, du point de vue de la qualité de l'air intérieur (aspects relatifs au confort et à l'énergie mis à part), peu de sujets nouveaux, tant en terme de substances recherchées que de lieux investigués, sont apparus.

Dans les sessions relatives aux **substances chimiques**, un certain nombre de présentations concernait des mesures de Composés Organiques Volatils (COV) à l'émission des produits de construction. Ainsi, si les méthodes de caractérisation des COV à l'aide des chambres ou des cellules d'essai d'émission sont maintenant généralisées tant pour des travaux de recherche (Alexanderson J.), que pour des systèmes d'évaluation des produits de construction (Khephalopoulos S.), on s'intéresse désormais à la caractérisation des Composés Organiques Semi-Volatils (COSV) comme certains retardateurs de flamme (Kemmléin S.) ou biocides (Salthammer T.). De même, ces méthodes sont maintenant utilisées pour documenter les émissions de COV, COSV et ozone des appareils de bureautique tels que les ordinateurs (Funaki R.) ou les photocopieurs (Rochstroh J.). Par contre, l'impact sur la qualité de l'air intérieur des produits d'entretien ou de bricolage, voire des cosmétiques n'a pas fait l'objet de présentation. Par ailleurs, plusieurs présentations ont rapporté des mesures de COV et de composés carbonyles dans des habitations ou des bureaux, confirmant une nouvelle fois le caractère ubiquitaire de la pollution des environnements intérieurs par le formaldéhyde. Enfin, plusieurs études étaient consacrées aux réactions entre l'ozone et certains COV comme les terpènes à l'origine d'une production secondaire d'aldéhydes (Iwashita G.) et de particules sub-microniques (Rohr A.), posant ainsi indirectement le problème de l'utilisation massive du bois comme produit de construction.

Du point de vue des **espaces clos étudiés**, les logements et les bureaux sont les plus investigués ; seuls quelques travaux menés dans des écoles ont été présentés.

Au sujet des **effets sanitaires** corrélés à la QAI*, la très grande majorité des articles concernait le SBS, Syndrome des Bâtiments Malsains. On note cependant 1 publication coréenne (Kim Y.) s'intéressant aux effets cancérigènes des polluants de l'air intérieur : formaldéhyde et radon ressortent comme les polluants les plus problématiques, 1 publication finlandaise (Metiäinen P.) relative aux émissions par les revêtements de sols en PVC et aux effets sanitaires du 2-éthyl-1-hexanol (irritations des voies respiratoires, maux de tête, fatigue) et 1 publication allemande (Wiesmüller G.A.) sur les biomarqueurs présents dans les sécrétions nasales après exposition à des polluants de l'air intérieur.

Par ailleurs, deux articles (Leyten J. et Heslop K.) ont abordé la contribution des facteurs psychiques dans les effets sanitaires liés à une mauvaise QAI*. Des travaux novateurs proposant une hiérarchisation (en terme sanitaire) des polluants de l'air intérieur (Mosqueron L., Lam A.K.M.), des indicateurs de qualité sanitaire des bâtiments (Hasselaar E., Roulet C.A.) et des démarches de mise en place de valeurs guides (Maroni M.) ont été présentés. Certaines de ces actions ont été menées dans le cadre du projet HOPE, *Health Optimization Protocol for Energy-efficient buildings*, qui mobilise 14 instituts de 9 pays européens. Un site web rapportant les travaux de ce projet devrait être prochainement ouvert au public.

Enfin, en terme de politiques publiques mises en œuvre dans le domaine de la qualité de l'air intérieur, seules 2 publications ont abordé ce sujet : d'une part la campagne d'information et d'éducation menée en Finlande en 2002 (Säteri J.) et d'autre part la gestion de la problématique radon en Allemagne (Lehmann R.).

Les posters de 2 équipes françaises : LEPTAB, Laboratoire d'Etude des Transferts Appliqués au Bâtiment (Blondeau P.) et CSTB, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (Nicolas M.) ont été récompensés.

La prochaine conférence *Healthy Buildings* se tiendra en 2006 à Lisbonne.

Travaux français présentés à *Healthy Buildings 2003*

La France était représentée par les personnes suivantes (entre parenthèses les titres des travaux présentés) :

- Francis Allard, Laboratoire d'Etude des Phénomènes de Transfert Appliqués au Bâtiment (Methods and Methodological Tools for the Elaboration of Natural Ventilation Strategy + Impact of Ventilation Strategies on Particle Deposition in a Test Chamber) ;
- Patrice Blondeau, Laboratoire d'Etude des Phénomènes de Transfert Appliqués au Bâtiment (Distribution of Room Air Contaminant Concentrations as a Function of Ventilation and Air Cooling, voir ci-après – A Numerical Investigation + Statistical Analysis of Parameters Influencing the Relationships between Outdoor and Indoor Air Quality) ;
- Bernard Collignan, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (Experimental and Numerical VOC Concentration Field Analysis From Flooring Material in a Ventilated Room + Dimensioning of Soil Depressurisation System for Radon Remediation in Existing Buildings) ;
- Alain Ginestet, Centre Technique des Industries Aérauliques et Thermiques (Indoor Air Quality in 2 Different Office Buildings – Part 2 : Indoor and Outdoor Airborne Particulate Levels and Air Filtration, voir ci-après) ;
- Corinne Mandin, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (Use of a Sensory Irritation Potential Index to Characterise Improvement of Indoor Air Quality in French Schools by Ventilation) ;
- François Maupetit, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (Impact of Ozone on Indoor Air Quality : A Preliminary Field Study + Experimental Study of Reactions between Ozone and Building Products, voir ci-après) ;
- Bénédicte Ribot, EDF (Indoor Air Quality in 2 Different Office Buildings – Part 1 : Ventilation, Temperature, Humidity of Air and Gas Concentrations, voir ci-après).

Six publications françaises complémentaires sont disponibles dans les *Proceedings* de la conférence.

Qualité de l'air intérieur dans des bureaux français

Partenaires de l'étude : CETIAT (Centre Technique des Industries Aérauliques et Thermiques), EDF, CTP (Centre Technique du Papier) et LHVP (Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris)

La qualité de l'air intérieur (QAI) de 2 immeubles de bureaux situés respectivement en centre ville de Lyon et dans la banlieue de Paris (Saint-Denis), a été étudiée pendant un an, entre juillet 2001 et juin 2002 pour le premier, puis entre septembre 2001 et août 2002 pour le second.

Les objectifs de l'étude étaient d'une part d'étudier la QAI* dans des immeubles de bureaux, les paramètres représentatifs de celle-ci et ses variations en fonction du temps, et d'autre part d'étudier le fonctionnement des systèmes de ventilation, notamment l'influence de l'encrassement des filtres à air sur la QAI*.

L'étude de la QAI* a été effectuée à l'aide de mesures de débit d'air soufflé dans les bureaux, de température et humidité relative de l'air, de concentration en poussières, en microorganismes (bactéries et champignons) et en gaz (CO₂, CO, NO_x et formaldéhyde). Parallèlement, l'étude des installations de traitement d'air a été permise par les mesures de débit d'air, de température et humidité relative de l'air, de concentration en poussières, en microorganismes (bactéries et champignons) et en gaz (CO₂, CO, NO_x et formaldéhyde) et de performance des filtres (efficacité, prise de poussière et perte de charge). Les mesures (durée : 1 journée) ont été effectuées chaque mois.

Les résultats ont montré que les débits d'air dans les bureaux sont largement supérieurs aux valeurs réglementaires en France (25 m³/h.personne), que les concentrations en CO₂ de l'air intérieur sont faibles (généralement inférieures à 1 000 ppm), que la filtration de l'air des centrales de traitement d'air est d'un bon niveau et qu'elle permet en particulier de limiter les concentrations en poussières et microorganismes de l'air intérieur. La température et l'humidité relative de l'air sont bien contrôlées (peu de variations en cours de journée). En outre, les personnes présentes à l'intérieur des bâtiments ne se plaignent pas de la QAI*. Compte tenu des valeurs élevées des débits d'air de ventilation, il

serait possible de les diminuer et/ou de recycler davantage l'air sans pour autant dégrader la QAI*. Des économies d'énergie pourraient alors être réalisées.

Un troisième et dernier bâtiment situé en centre de ville de Lyon est à l'étude depuis juin 2003. Les premiers résultats ont montré des débits de ventilation bien plus faibles que dans les 2 autres bâtiments. La filtration de l'air y est par ailleurs d'un plus faible niveau.

➔ Pour plus d'informations, contacter Alain GINESTET : alain.ginestet@cetiat.fr

Modélisation de la distribution des concentrations intérieures en fonction de la ventilation

Partenaires de l'étude : LEPTAB (Laboratoire d'Etude des Phénomènes de Transfert Appliqués au Bâtiment, Université de La Rochelle) et UTCB (Université Technique de la Construction de Bucarest)

Il existe actuellement trois grandes familles d'outils de prédiction des concentrations intérieures en polluants : les modèles nodaux, les modèles zonaux et les outils de mécanique des fluides dits CFD. Contrairement aux modèles nodaux qui considèrent des concentrations en polluants uniformes dans chacune des pièces du bâtiment, les modèles zonaux et CFD permettent de prédire l'écoulement d'air dans les pièces, et donc de qualifier l'hétérogénéité spatiale de la pollution intérieure. Comparés aux modèles CFD, les modèles zonaux s'avèrent certes moins précis, mais ils sont dans le même temps beaucoup moins lourds à utiliser, rendant ainsi possible l'étude de bâtiments entiers.

Les modèles zonaux sont à la base des outils de simulation thermo-aérauliques ; ils ont ainsi largement été utilisés au cours des dernières années pour caractériser la ventilation ou le confort thermique dans les bâtiments. Dans le cadre de la thèse de doctorat d'Andrei Damian (soutenue en juillet 2003), différentes fonctions, notamment une représentation fine des interactions entre polluants gazeux et matériaux (phénomènes de sorption/diffusion ou émission en COV*), ont été

implémentées pour constituer un outil de simulation de la qualité de l'air intérieur. L'étude était basée sur des résultats de simulation obtenus avec cet outil. Elle visait à caractériser l'influence combinée sur la distribution des concentrations en polluants dans une pièce de référence de type bureau :

- du système de ventilation mis en place ;
- de la position des bouches d'entrée et de reprise d'air ;
- et du type de matériau de revêtement installé dans les pièces.

Les résultats ont été exprimés en termes d'exposition de pointe, ou d'exposition moyenne journalière des occupants. En partant du principe que la zone d'occupation correspond à la partie inférieure des pièces, et que les occupants évoluent parfois en un point précis de cette zone d'occupation, l'exposition calculée n'est pas systématiquement le reflet de la concentration moyenne en polluant dans la pièce.

➔ Pour plus d'informations, contacter Patrice BLONDEAU : patrice.blondeau@univ-lr.fr

Etude de l'impact de l'ozone sur la qualité de l'air intérieur

Etude réalisée par le CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment)

L'ozone est rarement considéré comme un polluant spécifique des environnements intérieurs car, en l'absence de sources intérieures (ionisateurs d'air, photocopieuses, etc.), sa concentration dans l'air intérieur est très nettement inférieure à celle de l'air extérieur. Cependant, cette diminution de l'ozone à l'intérieur des locaux résulte de réactions entre l'ozone et les surfaces intérieures, mais également entre l'ozone et certaines espèces chimiques. Ces réactions conduisent à la formation de sous-produits, notamment des aldéhydes, souvent plus irritants que leurs précurseurs, mais aussi des particules sub-microniques, contribuant ainsi à une dégradation de la qualité de l'air intérieur.

Le projet de recherche lancé en 2001 par le CSTB consiste à évaluer l'impact de l'ozone sur la QAI*, et plus particulièrement à caractériser les interactions entre l'ozone, les produits de construction et les polluants spécifiques de l'air intérieur, à identifier les sous-produits réactionnels et à étudier le transfert de l'ozone de l'extérieur vers les environnements intérieurs. L'approche adoptée au CSTB est double. Elle consiste à mener en parallèle une étude expérimentale utilisant un banc d'exposition à l'ozone des produits de construction, et des études de terrain dans la maison MARIA du CSTB permettant d'appréhender les mécanismes de transfert extérieur-intérieur de l'ozone en période de pics de pollution photochimique.

Les résultats préliminaires obtenus en août 2002 dans la maison MARIA et les résultats des premières expériences réalisées sur le banc d'exposition à l'ozone des produits de construction ont fait l'objet de présentations à la conférence *Healthy Buildings 2003*.

Le taux d'abattement de l'ozone observé est d'environ 65 % sur les deux moquettes testées, 70 % sur un carreau de plâtre et 75 % sur des planches de lambris en pin. Les émissions primaires des produits de construction sont ainsi modifiées par ces réactions avec l'ozone. On constate d'une part une diminution des émissions de 4-phénylcyclohexène et d'alcènes en C12 sur la moquette envers textile exposée à l'ozone suggérant des réactions de l'ozone sur les liaisons insaturées de ces composés.

D'autre part, les émissions secondaires des produits de construction exposés à l'ozone ont été caractérisées. Ce sont principalement des émissions d'aldéhydes (formaldéhyde, acétaldéhyde, hexanal, octanal, décanal). Le banc d'exposition mis au point est donc un outil pertinent d'étude des réactions entre l'ozone et les produits de construction. Il permet de mieux comprendre les mécanismes réactionnels, et en particulier de différencier les réactions hétérogènes en surface des matériaux des réactions homogènes en phase gazeuse, et d'identifier les sous-produits réactionnels.

➔ Pour plus d'informations, contacter François MAUPEITIT : f.maupeitit@cstb.fr

Politiques publiques

Dans le cadre de la **communication en Conseil des Ministres sur la pollution de l'air du 5 novembre 2003**, la ministre de l'Ecologie et du Développement Durable a annoncé que, en parallèle des mesures destinées à la réduction des émissions industrielles, des sources mobiles et des activités résidentielles, la recherche se poursuivrait pour améliorer la prévention des autres pollutions de l'air au titre desquelles figure la qualité de l'air à l'intérieur des logements. La qualité de l'air à l'intérieur des logements ou des lieux publics confinés fait partie des "sujets de préoccupation moins connus, mais probablement d'importance sanitaire équivalente".

La mise en place de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur en 2001 et le lancement de sa campagne dans 710 logements, ainsi que le renforcement de la surveillance et de la communication relatives aux intoxications par le monoxyde de carbone, sont rappelées.

➔ Pour plus d'informations, consulter le site Internet : <http://www.environnement.gouv.fr/> > Rubrique *Actualités de Mme la Ministre*, puis *Dossiers de Presse* ou directement : <http://www.environnement.gouv.fr/actua/com2003/novembre/media/qualite-air.pdf>

Le **rapport préliminaire du Plan National Santé Environnement**, dont l'Agence Française de Sécurité Sanitaire Environnementale (AFSSE) assure le secrétariat général, est paru en décembre 2003. Quatre chapitres traitent successivement des thématiques suivantes : environnement général (air, climat, sols, bruit, rayonnements ionisants et non ionisants, environnement à proximité d'activités industrielles ou agricoles et d'infrastructures de transport, alimentation), habitat, environnement de travail et substances chimiques. Concernant l'environnement intérieur, sont traités les risques chimiques (monoxyde de carbone, plomb), physiques (amiante, fibres minérales artificielles, radon) et biologiques (légionelles, allergènes, moisissures). Un point très intéressant s'attache à l'examen du dispositif réglementaire français en vigueur. En outre, sont abordées les questions relatives aux émissions des produits de construction et à l'aération. Enfin, l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur est présenté.

Outre le fait déjà acquis que l'environnement intérieur constitue un compartiment majeur des expositions humaines, il ressort de cet état des lieux la nécessité d'acquiescer une vision plus globale de la problématique "Habitat". Trois objectifs sont concrètement fixés :

- la concertation interministérielle pour une répartition plus logique des textes législatifs et réglementaires, pour certains obsolètes ;
- l'établissement d'un "dossier sanitaire de l'habitat" réactualisé à chaque transaction immobilière ;
- la mise en place d'une réflexion sur les modalités d'élaboration de valeurs de référence de la QAI*.

Rapport préliminaire de la Commission d'Orientation du Plan Santé Environnement, Document de Travail, AFSSE ; 12 Décembre 2003 – 144 pages

➔ Pour plus d'informations, consulter le site Internet : <http://www.afsse.fr/documents/Rapport.Preliminaire.PNSE.pdf>

Réglementation

Concernant la **problématique “radon”**, les pouvoirs publics s'attachent depuis plusieurs années déjà à la gestion du radon dans les Etablissements Recevant du Public (ERP) sur la base de la recommandation Euratom 90/143 relative à la protection de la population contre les dangers de l'exposition au radon à l'intérieur des bâtiments. **L'arrêté du 15 juillet 2003** relatif aux conditions d'agrément d'organismes habilités à procéder aux mesures d'activité volumique du radon dans les lieux ouverts au public, paru au Journal Officiel N°188 du 15 août 2003, est venu compléter les précédents textes parmi lesquels on peut citer les circulaires ministérielles DGS/VS 5 et DGUHC N°99-46 du 27 janvier 1999 et DGS/VS 5 N°99-289 du 20 mai 1999 relatives à l'organisation de la gestion du risque lié au radon, et DGS 2001/303 du 2 juillet 2001 relative à la gestion du risque lié au radon dans les ERP*.

Outre la parution de cet arrêté, on peut citer la publication en octobre 2003 des travaux du groupe piloté par l'Institut de Veille Sanitaire, réunissant les organismes impliqués dans le domaine des mesures des niveaux de radon et des risques associés. Ce groupe avait pour mission de proposer des **recommandations pour la mise en place d'un système de surveillance des expositions au radon**. En effet, le radon, cancérigène pulmonaire

avéré, deuxième facteur de risque connu de cancer du poumon après le tabac en terme d'impact, est une des principales sources d'exposition aux rayonnements ionisants de la population générale du fait qu'il s'accumule dans l'atmosphère des bâtiments. Or, ce risque peut être diminué en réduisant les concentrations intérieures de radon par l'adoption de mesures techniques connues et désormais disponibles pour l'habitat neuf, comme pour l'existant. Le système de surveillance à mettre en place devra permettre d'identifier les populations cibles prioritaires en termes de risques liés au radon, de suivre les expositions de ces populations et d'en quantifier l'impact sanitaire selon les régions. *In fine*, ceci doit permettre d'adapter les recherches et les mesures de surveillance, et d'orienter les politiques de santé publique liées au radon et d'en mesurer l'efficacité. Cela nécessite au préalable de compléter les mesures de radon existantes, de centraliser et partager les informations et de renforcer les compétences sur le terrain.

➔ Pour plus d'informations, consulter les sites Internet :
<http://www.radon-france.com/Reglementation.html>
<http://www.invs.sante.fr/>, Rubriques *Publications*, puis *Santé Environnement*

Publications

L'AIVC, *Air Infiltration and Ventilation Center*, sous l'égide de l'Agence Internationale de l'Energie, a publié fin 2003 une note technique traitant de la réduction des polluants intérieurs d'origine extérieure. Après une première partie proposant une brève synthèse des substances susceptibles de pénétrer dans les ambiances intérieures (particules, O₃, NO₂, SO₂, CO, émissions gazeuses industrielles) et des ratios de concentrations intérieures/extérieures fournis par la littérature scientifique pour celles-ci, la seconde partie constitue un guide pour le design et la maintenance des bâtiments afin d'éviter leur contamination intérieure.

Reducing Indoor Residential Exposures to Outdoor Pollutants, M.H. Sherman, N.E. Matson, AIVC Technical Note 58 ; 2003 – 36 pages

➔ Pour plus d'informations, consulter le site Internet : <http://www.aivc.org/>

Depuis maintenant dix ans, Georges Méar cherche à vulgariser la problématique de la pollution intérieure suite aux problèmes sanitaires qu'il a rencontrés après avoir emménagé dans une maison neuve. Son livre publié en octobre 2003 recense ainsi les diverses origines des polluants de l'air intérieur et leurs effets sur la santé. Il propose par ailleurs des solutions pour se débarrasser des contaminants intérieurs.

Nos maisons nous empoisonnent, Guide pratique de l'air pur chez soi, Georges Méar, Editions Terre Vivante ; 2003 – 192 pages

➔ Pour plus d'informations, consulter le site Internet de Georges Méar :
<http://perso.wanadoo.fr/la.maison.empoisonnee/>

Le groupe *Urban Air, Indoor Environment and Human Exposure* de l'ECA (*European Collaborative Action*) a publié un nouveau document sur la ventilation, la préservation de la qualité de l'air intérieur et l'utilisation rationnelle de l'énergie. L'ECA fait partie intégrante du Programme Environnement du centre de recherche européen, *Joint Research Centre* (JRC), à Ispra, Italie. Les travaux de l'ECA, basés sur les recherches de chaque pays de la Communauté, mais également sur celles propres au laboratoire existant au JRC, ont débouché sur la publication de 23 rapports traitant des diverses sources de la pollution intérieure (radon, formaldéhyde, NO₂, COV*, biocontaminants), des impacts sanitaires, de la mise

en place de valeurs guides, de la relation avec l'économie d'énergie dans les bâtiments. L'avant-dernier rapport paru (N°22 ; 2000), *Risk Assessment in Relation To Indoor Air Quality*, fournissait l'évaluation des risques sanitaires liés à la présence dans l'air intérieur de divers contaminants : radon, éthers de glycol, particules fines et fumée de cigarette.

Ventilation, Good indoor Air Quality, and Rational Use of Energy, ECA, Urban Air, Indoor Environment and Human Exposure, Report N°23, EUR 20741 EN, Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities ; 2003

L'annuaire des acteurs de la qualité environnementale du bâtiment en France et dans les DOM-TOM, édition 2003, vient de paraître. Cet ouvrage publié par l'association Alsace Qualité Environnement, avec le soutien du Ministère de l'Équipement, des Transports, du Tourisme et de la Mer, a pour objectif de promouvoir et faciliter les échanges entre les différents acteurs français de la construction que sont :

- les intervenants publics et privés ayant une approche globale de la qualité environnementale du bâtiment (administrations centrale et déconcentrées, établissements publics, associations, fédérations professionnelles, bureaux de contrôle,

organismes de normalisation, organismes de formation) ;

- les acteurs d'une approche thématique de la qualité environnementale du bâtiment (air, eau, énergie, bruit, sols, déchets) ;
- les fabricants et organismes de promotion des matériaux contribuant à la qualité environnementale du bâtiment.

Annuaire des acteurs de la qualité environnementale du bâtiment en France et dans les DOM-TOM ; 2003 – 198 pages

➔ Pour plus d'informations, consulter le site Internet : <http://aqe.free.fr/>

Sur le web

La qualité de l'air intérieur dans les écoles suscite toujours un intérêt aussi vif. Un espace du site Internet de l'US-EPA* est désormais entièrement dédié à la problématique de la **qualité de l'environnement intérieur des écoles**. Les problématiques inhérentes à la construction, la rénovation, la maintenance, la ventilation y sont traitées. En plus de l'aspect "air intérieur", les questions de l'eau et des déchets font également partie des points de la problématique qui sont abordés.

Par ailleurs, l'Institut américain du Droit de l'Environnement (*Environmental Law Institute*), qui avait déjà publié en 2002 un document relatif à la qualité de l'air intérieur dans les écoles (cf. *Info Santé Environnement Intérieur* N°1), publie à nouveau deux documents présentant différents travaux en cours aux États-Unis.

➔ Pour plus d'informations, consulter le site Internet : <http://www.epa.gov/schools/>

Building Healthy, High Performance Schools: A Review of Selected State and Local Initiatives ; September 2003 – 129 pages

➔ http://www.elistore.org/reports_detail.asp?ID=10925

Improving Indoor Air Quality in Rental Dwellings : A Review of Policies in Five U.S. Localities ; June 2003 – 57 pages

➔ http://www.elistore.org/reports_detail.asp?ID=10881

L'Association Greenpeace a organisé des **campagnes de prélèvements et d'analyses des poussières de logements français**. 10 foyers ont été sélectionnés dans chacune des 5 villes de France couvertes par l'opération : Lille, Nantes, Paris, Toulouse et Lyon. Cinq familles de composés ont été recherchées : les alkylphénols, les retardateurs de flamme au brome, les organoétains, les esters de phtalates et les paraffines chlorés à chaîne courte. Des teneurs significatives ont été mesurées, sans que les sources précises n'aient pu être identifiées pour autant. Ces résultats, même s'ils ne sont pas représentatifs des teneurs intérieures de ces polluants dans les habitations françaises et qu'ils ne permettent pas de conclure quant aux expositions des occupants des logements investigués, révèlent la présence potentielle dans l'environnement intérieur de substances hautement toxiques pour la santé humaine.

Concernant précisément **l'exposition de la population générale aux phtalates**, une note de synthèse de l'Institut National de Santé Publique du Québec parue début janvier 2004 résume l'état actuel des connaissances sur les voies d'exposition, les niveaux de référence en métabolites urinaires dans la population générale, les principaux effets sur la santé et les mesures préventives d'ores et déjà prises par certains pays pour l'interdiction ou la réduction de la présence des phtalates dans certains produits de consommation courante. L'ingestion d'aliments ayant été en contact avec des phtalates semble être la principale source d'exposition. Cependant, l'inhalation consécutive à des usages intérieurs serait une voie d'exposition tout à fait significative. Enfin, l'exposition par voie cutanée reste mal documentée. Chez l'homme, les principaux effets suspectés, en particulier du DEHP (di-éthylhexyle phtalate), du DINP (di-isononyl phtalate) et dans une moindre mesure du DBP (di-butyle phtalate), sont les effets sur la reproduction et le développement des nouveau-nés.

➔ Pour plus d'informations, consulter le site Internet : http://www.greenpeace.org/france_fr/

Les phtalates : état des connaissances sur la toxicité et l'exposition de la population générale, Saint-Laurent L., Rhainds M. ; Janvier 2004 – 9 pages

➔ <http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/252-Phtalates.pdf>

GLOSSAIRE

COV : Composés Organiques Volatils

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

ERP : Etablissements Recevant du Public

FTE : Fumée de Tabac Environnementale

QAI : Qualité de l'Air Intérieur

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 Cicoella

Comité de rédaction du N°7 : Casset A., Cicoella A., Delaunay C., Desqueyroux H., Festy B., Mandin C., Nedellec V.

Nathalie SETA, Faculté de Pharmacie de Paris V, a également participé à l'analyse d'articles pour l'élaboration de ce numéro.

Coordination et contact : Corinne Mandin 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, Institut de Veille Sanitaire, 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