



# Info Santé Environnement Intérieur

N°16  
Septembre 2006

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

## EDITO

### Moisissures : des mesures d'exposition aux pathologies allergiques et respiratoires

Au cours du premier congrès français d'allergologie organisé conjointement par la SFAIC (Société française d'allergologie et d'immunologie clinique) et l'ANAFORCAL (Association nationale pour la formation médicale continue en allergologie), deux sessions sous l'égide de la SFAIC, mais aussi de la SOFRAB (Société française d'aérobiologie) se sont intéressées aux méthodes de mesure des marqueurs des moisissures et à leur rôle dans l'asthme et les maladies allergiques.

E. Robine a montré que le dosage de l'ergostérol dans l'air permettait une mesure indirecte de la présence de la masse fongique viable et non viable. Ce dosage apparaîtrait comme un test reproductible, quantitatif donnant une mesure sur 8 jours. Cependant, il est peu sensible pour mesurer la fraction cultivable des moisissures à la différence de la mise en culture de l'échantillon. Ainsi, il pourrait être un bon complément du dénombrement des moisissures par la culture qui mesure l'exposition sur une période courte. Les liens entre la charge en ergostérol dans un environnement et les pathologies respiratoires liées aux moisissures sont encore à déterminer. Autre méthode indirecte de mesure de l'exposition, le dosage des glucanes dans l'air a été présenté par V. Bex et F. Squinazi. Avec un seuil de détection de 40 ng/ml et un coefficient de reproductibilité de 25 %, le dosage des glucanes semble également intéressant car pouvant mesurer la fraction non viable des moisissures. Il faut cependant souligner que les mesures dans l'air sont difficiles par manque de sensibilité de la méthode. Bien qu'il y ait plus d'études, là encore les liens entre l'exposition aux glucanes et les pathologies respiratoires ne sont pas démontrés. Le comptage d'*Alternaria* et de *Cladosporium* par le RNSA (Réseau national de surveillance en aérobiologie) permet d'objectiver des variations nyctémérales (plutôt en fin de journée dans la plupart des villes) et des variations durant l'année et d'une année à l'autre. Un seuil à risque de 500 particules/m<sup>3</sup> a été retenu pour *Alternaria* et 8 000 pour *Cladosporium*. S. Boutin-Forzano a rappelé les différentes pathologies provoquées par les moisissures : allergiques, toxiques et infectieuses. Les mycotoxines ont quatre modes de toxicité comme l'a précisé G. Reboux : aigu, chronique, par mutagenèse et tératogenèse. En pathologie respiratoire, leur rôle est fort probable mais nécessite des travaux complémentaires. De même, il semblerait que les mycotoxines aient un effet sur l'immunité cellulaire. Enfin, le rôle des moisissures et de leurs allergènes dans l'asthme et la rhinite a été abordé par l'équipe de Strasbourg. Un des premiers écueils pour apprécier une éventuelle relation allergie – exposition aux allergènes est l'absence de tests utilisables permettant la mesure des allergènes majeurs des moisissures. Cependant, il apparaît que l'exposition aux moisissures déterminée par comptage montre que les enfants et adultes atopiques sont plus à risque de développer de l'asthme, de la toux et des sifflements. Ce lien ne serait peut-être pas dû uniquement à un phénomène allergique, mais aussi à des mécanismes mettant en jeu les mycotoxines et les composés organiques libérés par les moisissures.

Au total, les deux sessions ont permis d'avoir une vue assez complète sur les moyens de mesurer l'exposition aux moisissures, mais aussi d'apprécier leur rôle en pathologie respiratoire et allergique.

**Professeur Frédéric DE BLAY**

**Hôpitaux Universitaires de Strasbourg, Unité de Pneumologie générale, d'Asthmologie et d'Allergologie, Département de pneumologie**

Les références exactes des publications issues du 1<sup>er</sup> congrès français d'allergologie sont fournies en page 18.

## SOMMAIRE

Substances → p2 ; Lieux de vie → p8 ; Effets sanitaires → p10 ; Expologie – Évaluation des risques → p14 ; Informations diverses → p18

Les astérisques renvoient aux termes du glossaire. → p25

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 à la liste de tous les articles recueillis pour l'élaboration de ce numéro disponible sur le site Internet du réseau RSEIN : <http://rsein.ineris.fr>. Le lecteur est également invité à consulter le texte intégral de chaque article analysé.



## SUBSTANCES

### Concentrations intérieures en endotoxines et fumée de tabac environnementale

L'article de Sebastian *et al.* confirme combien la fumée de tabac est un mélange complexe de substances actives sur l'arbre respiratoire. On savait depuis 1999 que les endotoxines comptaient parmi les composants de la fumée de tabac : fumer un paquet de cigarettes par jour équivaut à une quantité d'endotoxines dont l'inhalation est associée aux affections des ouvriers du coton. Ces réactions physiologiques et inflammatoires ont également été observées chez les agriculteurs et les ouvriers des industries de la fibre de verre. Pour rappel, d'un point de vue strictement chimique, les endotoxines sont des lipopolysaccharides formés de lipide A lié à une chaîne de disaccharides. La structure du lipide A porte généralement quatre molécules d'acides gras variables selon l'espèce considérée.

L'objectif de l'étude conduite par Sebastian *et al.* est de comparer, selon la même méthode, les concentrations d'endotoxines dans des logements d'étudiants fumeurs (F) et non-fumeurs (NF). Sept paires (F/NF) de locaux sont étudiées de décembre 2004 à février 2005. Les particules fines aéroportées sont prélevées par aspiration de l'air (débit 18 L.min<sup>-1</sup>) pendant 5 heures au travers d'un filtre en téflon (pores de 0,5 µm) placé à hauteur des voies respiratoires. Deux types d'analyses sont effectués :

- après élution à chaud et addition d'un étalon standard, l'analyse des endotoxines est effectuée par chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie de masse (mode MS/MS) ;
- analyse par test Limulus (technique LAL) avec utilisation d'un bloquant des glucanes éventuellement présents.

Le profil chromatographique des salles F/NF est très différent. Par exemple, les acides gras de type 3-OH C<sub>14:0</sub>, sont 4 à 63 fois plus abondants dans les pièces des étudiants fumeurs que chez les non-fumeurs. Une corrélation est observée entre le nombre de cigarettes fumées et les concentrations de ces acides gras. Par contre, aucune trace d'endotoxine n'est détectée par la technique LAL, ce qui a conduit les auteurs à faire des recherches sur les relations entre cendres de tabac et endotoxines. Il s'avère que les cendres adsorbent les endotoxines avec une grande efficacité, ce qui explique que le test LAL soit négatif.

En conclusion, on retient qu'en dépit d'un nombre de logements étudiés relativement faible, les résultats sont tellement différents entre les logements de fumeurs et ceux de non-fumeurs que l'effet du tabagisme est clair. Les essais LAL montrent sans ambiguïté que le carbone des cendres de cigarettes adsorbe les endotoxines avec une telle efficacité que seule la technique chromatographique MS/MS est capable de détecter la totalité des endotoxines présentes dans les particules en suspension des locaux fumeurs.

Source : Sebastian A., Pehrson C., Larsson L. ; Elevated concentrations of endotoxin in indoor air due to cigarette smoking ; Journal of Environmental Monitoring, 8(5) [2006]: 519-522

Article analysé par : Annie MOUILLESEAUX ; [annie.mouilleseaux@noos.fr](mailto:annie.mouilleseaux@noos.fr)



Les dénombrements des microorganismes se font habituellement après culture, ce qui présente un certain nombre de désavantages parmi lesquels on peut citer des conditions de culture non suffisamment générales pour répondre aux besoins de l'ensemble des espèces présentes, une durée de plusieurs jours, voire plusieurs semaines, pour obtenir un résultat, et l'existence d'espèces non cultivables bien que vivantes. Dans la mesure où la viabilité d'un bioaérosol est un indicateur aussi important en terme sanitaire que sa concentration, les méthodes de détection des microorganismes sans culture préalable peuvent être une alternative. Trois groupes de techniques sont susceptibles d'être candidates :

- la microscopie en épi-fluorescence (EFM) ;
- la cytométrie de flux (FCM) ;
- les méthodes de biologie moléculaire.

Le choix de fluorochromes (FL) pour détecter les microorganismes par EFM est vaste. Les auteurs utilisent ceux permettant :

- le dénombrement des cellules : 4',6-diamidino-2-phénylindole dihydrochloride (DAPI) et acridine orange (AO) ;
- la détection des cellules dont la membrane est partiellement endommagée : YOPRO-1 ;
- la détection des cellules totalement endommagées : propidium iodide (PI).

Les prélèvements sont effectués dans 10 maisons (extérieur et intérieur) à Taipei (Taiwan) à l'aide d'un impacteur en milieu liquide (AGI30, débit 12,5 L<sup>-1</sup>, durée 60 min). Les échantillons aliquotés sont filtrés sur des filtres noirs isopores (pores : 0,2 µm), colorés par les fluorochromes et examinés par EFM/FL. Des aliquotes sont mises en culture sur milieu MEA (72 h à 25°C) pour les moisissures et sur milieu soja (48 h à 37°C) pour les bactéries.

Les résultats montrent que les 4 colorants utilisés permettent de distinguer sans difficulté les microorganismes du bruit de fond, mais qu'il n'est cependant pas possible de déterminer s'il s'agit d'une bactérie ou d'une moisissure. Les dénombrements seront donc globaux. On sait que les méthodes par culture sous-estiment la contamination microbienne des ambiances : dans la présente étude, les dénombrements par EFM/FL sont 630 à 5 200 fois plus élevés que ceux obtenus par culture ; quel que soit le colorant utilisé, la viabilité est plus élevée que la « cultivabilité ». Selon les auteurs, l'originalité de cette étude tient à l'évaluation de la viabilité des bioaérosols.

#### Résultats des tests de viabilité et de « cultivabilité »

	Intérieur			Extérieur		
	Moyenne	Écart-type	Étendue	Moyenne	Écart-type	Étendue
<b>Viabilité*</b>						
PI	0,79	0,08	0,69~0,9	0,79	0,42	0,63~0,92
YOPRO-1	0,43	0,16	0,19~0,72	0,1	0,15	0,22~0,62
<b>« Cultivabilité »*</b>	0,0005	0,0004	0,0002~0,0015	0,0005	0,0004	0,0002~0,0016

\* Viabilité et « Cultivabilité » des bioaérosols sont déterminées par microscopie en épifluorescence après coloration par PI et YOPRO-1, et par culture.

Viabilité (PI) = (nombre total de cellules (AO<sub>EFM</sub>) – nombre de cellules non viables (PI)) / nombre total de cellules (AO<sub>EFM</sub>)

« Cultivabilité » = nombre de cellules obtenues par culture / nombre total de cellules (AO<sub>EFM</sub>)

La détermination de la viabilité (intégrité membranaire, activité cellulaire) est intéressante dans la mesure où elle permet l'évaluation de l'exposition et des effets possibles sur la santé. Reste cependant que les techniques EFM/FL nécessitent de longues heures d'examen au microscope et utilisent des colorants répertoriés comme dangereux pour la santé. De plus, elles ne donnent aucune précision sur les espèces présentes, ni sur leur sensibilité aux antimicrobiens.

Source : Li C.S., Huang T.Y. ; Fluorochrome in monitoring indoor bioaerosols ; Aerosol Science and Technology, 40(4) [2006]: 237-241

Article analysé par : Annie MOUILLESEAUX ; [annie.monilleseaux@noos.fr](mailto:annie.monilleseaux@noos.fr)



## SUBSTANCES

### Détection du déoxynivalénole dans l'air intérieur et dans les aliments en utilisant des biopuces

Le déoxynivalénole (DON) est une mycotoxine susceptible de polluer de nombreux aliments. Les effets sanitaires potentiels liés à la contamination par le DON de produits agroalimentaires rendent nécessaire le développement d'une méthode rapide et sensible permettant une identification et une quantification facile de cette mycotoxine. Dans ce contexte, l'objectif du travail de Ngundi *et al.* était de développer une technique permettant de détecter le DON d'une part dans des matrices alimentaires et d'autre part dans l'air. Pour cela les auteurs ont utilisé un dosage en immunofluorescence couplé à des biopuces.

Cinq produits agroalimentaires ont été employés pour mettre au point le dosage du DON : de la farine de maïs, des céréales, du blé, de l'orge et de l'avoine. Le DON y est extrait en utilisant un mélange eau:méthanol dont les proportions ont été optimisées lors de l'étude (3:1, v/v). La technique développée n'impose ni nettoyage, ni préconcentration de l'échantillon, permettant ainsi une optimisation du temps d'extraction fixé à 2 h. Les échantillons sont ensuite analysés par un dosage immunologique où le DON est révélé et quantifié par fluorescence.

Les limites de détection obtenues sur les différentes matrices étudiées ont été de 50 ng/g (avoine), 9 ng/g (orge), 6 ng/g (blé) et 1 ng/g (céréales et farine de maïs). Ces limites de détection sont significativement inférieures aux niveaux de DON mesurés dans des produits à base de blé destinés à la consommation humaine directe, et plus basses ou semblables à la plupart des limites annoncées dans les études utilisant des kits (de 1 à 200 ng/g selon les matrices considérées). Par conséquent, la sensibilité de ce dosage apparaît parfaitement adaptée au domaine agroalimentaire puisque les limites de détection restent très inférieures aux concentrations susceptibles d'être rencontrées dans de tels environnements.

Des mesures dans l'air ont également été réalisées à l'intérieur d'un laboratoire. Comparées au dosage dans des matrices solides, les mesures directes d'aérosols de mycotoxines sont rarement décrites dans la littérature. Les auteurs ont donc fait preuve d'originalité et de rigueur en ne se limitant pas à des mesures sur des supports qui reflètent mal l'exposition aux aérosols de mycotoxines.

La collecte des particules aéroportées a été réalisée en utilisant un appareil de type cyclone (SASS 2000) permettant un débit d'échantillonnage élevé de 265 L/min, ce qui, rapporté à la durée de prélèvement (4 h), correspond environ à 60 m<sup>3</sup> d'air par échantillon. L'eau a été utilisée comme liquide de collecte. Bien que ce solvant soit couramment employé pour des raisons pratiques (il est notamment relativement peu volatil et non toxique), il ne semble pourtant pas être le plus approprié à la collecte de particules fongiques constituées pour une grande partie de spores hydrophobes. Il aurait alors été intéressant que les auteurs évaluent l'efficacité de collecte des particules fongiques, ce qui n'est pas décrit dans l'article.

La limite de détection dans l'air du DON est de 4 ng/mL. Au vu des quantités d'air pouvant être analysées, cette technique apparaît encore une fois suffisamment sensible pour détecter les niveaux de DON rencontrés lors d'autres études réalisées à partir de poussières par exemple (de 15 ng/g à 340 mg/kg).

La méthode développée apparaît plus sensible que la plupart des méthodes chromatographiques mises au point dans la littérature. De plus, d'après les auteurs, elle permet d'analyser simultanément de multiples toxines. Ainsi, des essais pour mesurer simultanément le DON, l'ochratoxine A et l'aflatoxine sont en cours de développement. Cependant, aucune réflexion sur le type de mycotoxines (polaires, cycliques...) n'est engagée pour savoir si un groupe spécifique pourrait être détecté préférentiellement par cette méthode.

Pour conclure, ce dosage immunologique semble compétitif puisque les essais ont été exécutés en moins de 30 minutes après une extraction simple dans le cas d'échantillons solides. De plus, l'absence de nettoyage ou de préconcentration réduit au minimum le temps, mais également le coût des essais. L'accent a donc été mis sur les applications pratiques de cette méthode qui peut être employée directement pour des études *in situ*.

Source : Ngundi M.M., Qadri S.A., Wallace E.V., Moore M.H., Lassman M.E., Shriver-Lake L.C., Ligler F.S., Taitt C.R. ; Detection of deoxynivalenol in foods and indoor air using an array biosensor ; Environmental Science & Technology, 40(7) [2006]: 2352-2356

Article analysé par : Stéphane MOULARAT, Centre scientifique et technique du bâtiment – CSTB ; [stephane.moularat@estb.fr](mailto:stephane.moularat@estb.fr)



### Mesure des niveaux de composés organiques volatils et de formaldéhyde dans diverses habitations japonaises

L'étude menée par Park et Ikeda fait suite à une autre étude portant sur la mesure de concentrations en formaldéhyde et en COV\* de 1 417 habitations japonaises, menée au cours de l'été 2000. La conclusion principale de cette précédente étude était que près de 40 % de ces habitations présentaient une concentration moyenne journalière en formaldéhyde supérieure à la valeur guide de l'OMS\* pour 30 minutes d'exposition ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Cette nouvelle étude traite de l'évolution des niveaux de différents composés organiques, dont le formaldéhyde, un an et deux ans après la première campagne. Différents types d'habitations ont été étudiés : appartements, maisons individuelles, habitations considérées comme récentes (de moins de 6 mois) ou comme anciennes (de plus de 6 mois). Les mesures ont été effectuées pendant l'été 2001 et l'été 2002, respectivement dans 483 et 251 des 1 417 habitations étudiées l'année précédente.

Les prélèvements passifs des composés organiques ont été effectués, d'année en année, au même endroit dans l'habitation et avec le même système de prélèvement : cartouche de DNPH (2,4-dinitrophénylhydrazine) pour les aldéhydes et tube de charbon actif pour les autres composés organiques volatils. L'analyse et la quantification des aldéhydes prélevés ont été faites par chromatographie en phase liquide associée à un détecteur UV, celles des COV\* prélevés sur charbon actif par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse. 7 aldéhydes et 18 COV\* ont été quantifiés.

Le formaldéhyde et le toluène ont ainsi été détectés dans plus de 95 % des habitations étudiées. 11 autres composés (éthylbenzène, triméthylbenzène, *p*-xylène, *p*-dichlorobenzène,  $\alpha$ -pinène, limonène, styrène, heptane, nonane, décane, dodécane) ont été trouvés dans plus de 50 % des habitations, autant dans les habitations récentes qu'anciennes, mais les niveaux mesurés sont différents. Ainsi, les concentrations mesurées dans les habitations anciennes ne diminuent pas de manière significative sur la période totale de mesure (i.e. entre 2000 et 2002) alors que la concentration globale en composés organiques volatils dans les habitations récentes chute quasiment de moitié au cours de la première année. Après deux ans, les concentrations des composés dans les habitations récentes sont similaires à celles mesurées dans les habitations plus anciennes.

Des différences ont été constatées au cours de la première année entre habitations neuves de structures différentes : maisons individuelles à ossature bois, appartements dont la structure est en béton armé, ou encore appartements dont la structure est métallique. Il semble que les niveaux de formaldéhyde et de  $\alpha$ -pinène soient plus élevés dans le premier cas de figure, et que leur décroissance soit plus lente que celle des autres composés.

Les auteurs ont également comparé les résultats obtenus en fonction du mode de ventilation : ventilation mécanique automatique, ventilation mécanique manuelle ou ventilation naturelle. Ils ont constaté que le mode de ventilation utilisé avait peu d'influence, à long terme, sur les niveaux des composés étudiés.

Cette étude a pour principal objectif de fournir des informations quantitatives sur les niveaux mesurés en COV\*. Les principales conclusions des auteurs sont les suivantes : pour les habitations anciennes, il semble qu'il n'y ait plus de décroissance des concentrations, mais une concentration résiduelle permanente, et par ailleurs que la décroissance des concentrations obtenues est plus liée au type et à l'âge des matériaux (ceux-ci étant moins émissifs après un certain temps) qu'au mode de ventilation.

Cette étude présente plusieurs points faibles, qui incitent à s'interroger sur la représentativité des résultats :

- il est regrettable qu'une bonne partie des habitations étudiées la première année n'aient pu l'être les deux années suivantes (pour cause de désistements des occupants) ;
- l'absence de données sur les taux de renouvellement d'air ne permet pas d'interpréter les résultats en termes de relation entre ventilation et niveaux de composés organiques.

Source : Park J.S., Ikeda K. ; Variations of formaldehyde and VOC levels during 3 years in new and older homes ; *Indoor Air*, 16(2) [2006]: 129-135

Article analysé par : Anne-Lise TIFFONNET, Université de Caen ; [anne-lise.tiffonnet@unicaen.fr](mailto:anne-lise.tiffonnet@unicaen.fr)



### Effet du dioxyde d'azote sur la formation de particules pendant l'ozonolyse de deux monoterpènes abondants dans l'air intérieur

Plusieurs articles de cette rubrique ont déjà été consacrés au sujet de l'ozonolyse de certains composés volatils présents dans les environnements intérieurs, comme les terpènes, car ce type de réaction se traduit par l'apparition de sous-produits réactionnels, dont des aldéhydes (notamment le formaldéhyde) et des particules submicroniques. La plupart du temps, ces réactions sont étudiées dans un environnement intérieur simulé où l'on génère des concentrations connues d'ozone ( $O_3$ ) en présence de certains composés susceptibles de subir une ozonolyse. Cette approche est pertinente pour la mise en évidence des mécanismes de réaction et pour une identification précise des sous-produits réactionnels. Cependant, en l'absence de sources spécifiques (photocopieurs, systèmes de purification d'air...), le transfert de l'air extérieur via les systèmes de ventilation représente la principale source d'ozone dans les environnements intérieurs, en particulier pendant les périodes de pollution photochimique. Dans ce cas, les oxydes d'azote (monoxyde et dioxyde d'azote) de l'air ambiant, qui interagissent étroitement avec l'ozone, sont également transférés dans les environnements intérieurs.

L'article de Nøjgaard *et al.* se propose donc d'étudier l'effet du dioxyde d'azote ( $NO_2$ ) sur la formation de particules submicroniques lors de l'ozonolyse de deux terpènes fréquemment identifiés dans l'air intérieur : l' $\alpha$ -pinène et le d-limonène. L'approche expérimentale adoptée est complétée par une approche modélisation. L'article présente dans un premier temps l'étude des réactions terpènes /  $O_3$ . Dans un mélange d'environ 50 ppbv de chaque terpène et d'ozone, le d-limonène produit environ cinq fois plus de particules (diamètre 10-350 nm) que l' $\alpha$ -pinène. Les concentrations en particules formées croissent non linéairement en fonction des concentrations croissantes d'ozone. Ensuite, les réactions terpènes /  $O_3$  /  $NO_2$  sont étudiées. Les concentrations de particules issues de la réaction de l' $\alpha$ -pinène sont significativement réduites en présence de  $NO_2$ . Par exemple, deux fois moins de particules sont produites en présence de 50 ppbv de  $NO_2$  comparativement à la production en absence de  $NO_2$ . La présence de  $NO_2$  affecte moins les

réactions avec le d-limonène. Il faut en effet une concentration de 350 ppbv de  $NO_2$  pour réduire d'environ 50 % la production de particules. Cet effet négatif de  $NO_2$  sur la production de particules par les réactions terpènes /  $O_3$  peut s'expliquer simplement par une perte d'ozone supplémentaire résultant de sa réaction avec  $NO_2$ . Or si la réaction  $O_3$  /  $NO_2$  produit des radicaux nitrate ( $NO_3$ ), leur potentiel de réaction avec les terpènes est plus faible que celui de l'ozone.

Un simple modèle a été développé par Nøjgaard *et al.* pour étudier si la perte d'ozone par la réaction  $O_3$  /  $NO_2$  permettait d'expliquer l'effet négatif de  $NO_2$  sur la production de particules submicroniques pendant l'ozonolyse des terpènes. La réaction  $O_3$  /  $NO_2$  permet effectivement d'expliquer cet effet négatif pour des concentrations de  $NO_2$  inférieures à 150 ppbv. A des niveaux de concentrations de  $NO_2$  supérieurs, des mécanismes inconnus contribuent à une réduction supplémentaire de la production de particules submicroniques.

Sur la base de cette étude, Nøjgaard *et al.* concluent donc que la production de particules par l'ozonolyse de l' $\alpha$ -pinène est vraisemblablement négligeable dans les environnements intérieurs aux niveaux de concentrations d'ozone et de dioxyde d'azote rencontrés. A l'inverse, la formation de particules submicroniques par l'ozonolyse du d-limonène apparaît comme significative même à des niveaux de concentrations d'ozone faible et de dioxyde d'azote fort. Nøjgaard *et al.* précisent enfin que leurs expériences ont été réalisées avec de l'air sec, alors que la teneur en eau dans l'air réduit également la formation de particules submicroniques durant l'ozonolyse des monoterpènes, mais dans une moindre mesure que ne le fait le  $NO_2$ .

Source : Nøjgaard J.K., Bilde M., Stenby C., Nielsen O.J. and Wolkoff P. ; The effect of nitrogen dioxide on particle formation during ozonolysis of two abundant monoterpenes indoors ; Atmospheric Environment, 40(6) [2006]: 1030-1042

Article analysé par : François MAUPETIT, Centre scientifique et technique du bâtiment – CSTB ; [f.maupetit@cstb.fr](mailto:f.maupetit@cstb.fr)



Les méthodes pour la détermination des taux d'émission de composés organiques volatils par des produits et matériaux typiquement utilisés dans le bâtiment reposent sur l'utilisation de chambres expérimentales constituées généralement de verre ou d'acier inoxydable. L'étude de Uhde et Salthammer traite des possibles effets de puits occasionnés par les matériaux utilisés dans la fabrication de ces chambres expérimentales, en présence de certains composés : les matériaux utilisés peuvent interagir avec des composés très volatils, et pas avec d'autres, moins volatils.

Uhde et Salthammer ont réalisé des essais en régime dynamique dans trois chambres expérimentales différentes : une chambre de 23,5 litres en verre équipée d'un agitateur magnétique, une chambre de 1 m<sup>3</sup> en verre équipée d'un ventilateur, et une chambre de 1 m<sup>3</sup> en acier inoxydable. Ces essais ont été menés, dans un premier temps, dans les chambres vides, puis en présence d'un panneau de placoplâtre pré-conditionné et découpé. Les conditions environnementales sont les mêmes pour toutes les expérimentations (température 23°C, humidité relative 45 %, taux de renouvellement d'air 1 vol/h). Les 20 composés étudiés sont des dérivés halogénés du benzène et du toluène. Ils sont introduits simultanément dans la chambre expérimentale par l'intermédiaire d'un courant d'azote, et en continu jusqu'à obtention d'une concentration d'équilibre. L'injection est ensuite arrêtée, et la décroissance de la concentration est mesurée grâce à des prélèvements, avec des tubes de désorption en acier inoxydable remplis de Tenax TA, effectués dans l'air extrait de la chambre.

L'étude a pour objet de comparer à la courbe de décroissance théorique, les courbes de décroissance obtenues pour chacune des trois chambres avec et sans matériau puits. Ainsi, l'étude des chambres vides révèle que la chambre en verre d'un volume de 1 m<sup>3</sup> montre l'effet de puits le plus important pour les substances halogénées. On observe un faible effet pour les composés hautement volatils et un fort effet pour les composés peu volatils dans la

chambre de 23,5 L en verre. Enfin, la chambre en acier inoxydable n'occasionne pas d'effet de puits.

Le modèle mathématique utilisé pour caractériser l'effet de puits créé par l'échantillon de matériau introduit dans la chambre expérimentale est un modèle empirique souvent utilisé au cours de ces quinze dernières années. Une analyse multivariée a été conduite afin de relier les constantes de taux cinétiques de ce modèle, déterminées par ajustement aux courbes obtenues pour la chambre en acier inoxydable contenant le placoplâtre (de surface extérieure 1 m<sup>2</sup>), aux caractéristiques moléculaires des substances étudiées. Ces caractéristiques sont : point d'ébullition, point de fusion, pression de vapeur, moment dipolaire, indice de réfraction, constante diélectrique, masse molaire, volume molaire et densité.

Les procédures statistiques appliquées montrent que le point d'ébullition et la pression de vapeur ont une influence majeure sur l'effet de puits. Le paramètre du modèle empirique correspondant à la constante de taux de désorption augmente lorsque la pression de vapeur augmente et diminue lorsque le point d'ébullition, le volume molaire et la masse molaire augmentent. On observe le contraire en ce qui concerne l'évolution de la quantité de composé adsorbée dans le matériau : elle augmente lorsque le point d'ébullition, le volume molaire et la masse molaire augmentent et diminue lorsque la pression de vapeur augmente. Ces résultats sont pertinents : plus le point d'ébullition est élevé, moins le composé est volatil, et plus il lui faudra de temps pour être désorbé par le matériau, ce qui correspond à une augmentation de la masse présente dans le matériau et de la constante de temps liée à la désorption.

Source : Uhde E., Salthammer T. ; Influence of molecular parameters on the sink effect in test chambers ; *Indoor Air*, 16(2) [2006]: 158-165

Article analysé par : Anne-Lise TIFFONNET, Université de Caen ; [anne-lise.tiffonnet@unicaen.fr](mailto:anne-lise.tiffonnet@unicaen.fr)

#### À lire également :

Lacan I., Zhou J.Y., Liu K.S. *et al.* ; A geographic information system (GIS) and spatial modeling approach to assessing indoor radon potential at local level ; *Applied Radiation and Isotopes*, 64(4) [2006]: 490-496

Bai Z., Dong Y., Wang Z. *et al.* ; Emission of ammonia from indoor concrete wall and assessment of human exposure ; *Environment International*, 32(3) [2006]: 303-311

Ott W.R., Siegmann H.C. ; Using multiple continuous fine particle monitors to characterize tobacco, incense, candle, cooking, wood burning, and vehicular sources in indoor, outdoor, and in-transit settings ; *Atmospheric Environment*, 40(5) [2006]: 821-843



## LIEUX DE VIE

### Caractérisation de la pollution particulaire dans les enceintes ferroviaires souterraines

L'étude de Ripanucci *et al.* concerne la caractérisation de la pollution particulaire à l'intérieur du réseau ferroviaire souterrain de Rome, et plus précisément des lignes de métro A et B qui desservent l'ensemble de la ville. Les mesures effectuées ont consisté en une analyse granulométrique des poussières, ainsi qu'en l'identification de leurs principaux composants (organiques, métalliques, siliceux et fibreux).

Les résultats montrent que les niveaux de concentration en particules sont trois fois plus élevés dans les stations que dans l'air ambiant extérieur, qui présente pourtant une pollution de type urbain déjà importante. Ainsi, le niveau maximal en  $PM_{10}^*$  a atteint  $479 \mu\text{g}/\text{m}^3$  lors de la campagne de mesures, niveau important mais qui reste cependant inférieur de moitié aux niveaux mesurés lors d'une précédente étude dans le métro de Londres. Les auteurs concluent que si ces niveaux paraissent peu préoccupants pour les usagers qui voient leur exposition aux  $PM_{10}^*$  sur 24 h augmentée de seulement  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ils peuvent contribuer significativement à la détérioration de la santé du personnel en gare ( $+ 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), ainsi que des conducteurs de train ( $+ 11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Comme pour le métro de Londres, ce sont les composés ferreux et siliceux qui sont majoritaires dans les stations italiennes. Cependant, les mesures ont montré une forte proportion en quartz (6 %) qui proviendrait du système de freinage de sécurité des trains, système qui pulvérise du sable sur les rails afin d'augmenter l'adhérence avec les roues et diminuer ainsi la distance d'arrêt du train. De plus, alors que les autres polluants restent localisés à proximité des quais, les niveaux de quartz mesurés dans une mezzanine deux étages plus hauts s'avèrent aussi importants qu'au niveau des voies. Le quartz étant potentiellement cancérigène chez l'homme, les auteurs préconisent de limiter au maximum la génération de ce polluant dans les stations de métro.

A partir des résultats de cette campagne de mesures, les auteurs proposent plusieurs voies d'amélioration de la qualité de l'air des gares souterraines. Tout d'abord, l'apport d'air neuf par le système de ventilation est jugé insuffisant et mal adapté au problème. Ainsi, les débits d'air doivent être augmentés, et des conduites d'extraction installées le long des tunnels entre les différentes stations. La localisation des prises d'air neuf, actuellement positionnées au niveau des rues à fort trafic, doit également être modifiée, puisque les mesures ont révélé des niveaux en produits de combustion comparables à ceux de l'extérieur, et ceci en l'absence de sources à l'intérieur des stations (trains électriques). Pour diminuer la pollution spécifique au quartz, la meilleure solution consisterait à déterminer un substitut au sable pour améliorer le freinage de sécurité. Dans l'attente d'une telle découverte, les auteurs préconisent de diminuer la quantité de sable utilisé pour le freinage, d'inciter le personnel à éviter le recours systématique à ce type de freinage (lorsque cela est possible) et surtout d'améliorer le système de nettoyage des voies pour limiter au mieux la remise en suspension.

Source : Ripanucci G., Grana M., Vicentini L., Magrini A., Bergamaschi A.; Dust in the underground railway tunnels of an Italian town; Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 3(1) [2006]: 16-25

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



## LIEUX DE VIE

### Estimation des contributions des sources intérieures et extérieures aux concentrations de composés carbonylés à l'intérieur de l'habitat dans trois centres urbains américains

Les mesures de concentrations des COV\* à l'intérieur et à l'extérieur des habitations ont fait l'objet de nombreuses études, mais aucune

quantification de la contribution des sources intérieures et extérieures aux niveaux mesurés en air intérieur n'a été proposée à ce jour.



L'article de Liu *et al.* présente les résultats de l'étude RIOPA (*Relationships of Indoor, Outdoor, and Personal Air*) conduite aux États-Unis entre 1999 et 2001 dans trois centres urbains : Los Angeles (Californie) Elizabeth (New Jersey) et Houston (Texas). Les mesures atmosphériques de ces composés ont été réalisées sur une période de 48 heures, simultanément en extérieur et en intérieur. Les résultats sont disponibles pour 234 résidences dont 119 ont fait l'objet de mesures en deux saisons différentes. Au total, 353 couples de mesures constituent la base de données exploitable pour l'étude. De plus, le taux de renouvellement d'air et le volume d'air de la maison ont également été mesurés dans chacun des habitats. Le coefficient de pénétration intérieur-extérieur est issu de la littérature ; la constante de dégradation des composés est estimée à partir des composés dont les concentrations intérieures sont négligeables par rapport aux concentrations extérieures. Les incertitudes et les variabilités sont analysées.

Pour chaque composé, l'estimation de l'impact respectif des sources intérieures et extérieures sur les niveaux relevés à l'intérieur des habitats est calculée à partir d'un modèle de conservation de masse qui décrit la concentration intérieure par une fonction de la concentration extérieure, du volume de l'habitation, du taux de renouvellement d'air, de la constante de dégradation en air intérieur et du taux d'émission des sources intérieures. Les aldéhydes étudiés sont : formaldéhyde, acétaldéhyde, acétone, acroléine, propionaldéhyde, crotonaldéhyde, benzaldéhyde, glyoxal, méthylglyoxal et hexaldéhyde.

Les principaux résultats sont :

- les composés carbonylés mesurés sont détectés dans tous les habitats à l'exception de l'acroléine et du crotonaldéhyde détectés dans 70 % des cas ;
- les concentrations intérieures sont toujours supérieures aux concentrations extérieures. La différence n'est pas statistiquement significative pour l'acroléine ;
- les médianes des constantes de dégradation des composés vont de 0,15 à 0,64 h<sup>-1</sup>. Les estimations modélisées conduisent à de fortes variations selon les habitats (facteur 60 à 360) ;

- l'importance des sources intérieures est très grande pour le formaldéhyde et l'acétaldéhyde. L'acétone, et à un degré moindre l'hexaldéhyde, présentent les plus grandes variations selon les habitats indiquant que les sources sont liées aux habitudes et comportements des occupants (utilisation de nettoyants, de produits pour les ongles...). Les autres composés ne montrent pas de sources intérieures importantes ;
- les concentrations extérieures contribuent faiblement aux concentrations intérieures de formaldéhyde, acétaldéhyde et hexaldéhyde (< 10 %). À l'inverse, elles sont majeures pour l'acroléine et le crotonaldéhyde (> 90 %). Pour les autres composés, cette contribution varie de 10 à 50 % ;
- l'analyse de l'incertitude montre que cette dernière est d'autant plus grande que les concentrations intérieures et les sources intérieures sont faibles ;
- l'étude de sensibilité montre un rôle important du volume d'air de l'habitat et du taux d'émission des sources intérieures.

En conclusion, cette étude démontre l'importance respective des sources intérieures et extérieures dans la concentration intérieure mesurée en s'appuyant sur une base de données riche. Ces contributions respectives varient grandement d'un composé à l'autre. Elle révèle également la nécessité de travailler spécifiquement sur les constantes de dégradation des composés. L'ampleur des incertitudes et des variabilités indique le chemin restant à parcourir pour pouvoir modéliser les concentrations intérieures à partir des données de base.

Source : Liu W., Zhang J., Zhang L., Turpin B.J., Weisel C.P., Morandi M.T., Stock T.H., Colome S., Korn L.R. ; Estimating contributions of indoor and outdoor sources to indoor carbonyl concentrations in three urban areas of the United States ; *Atmospheric Environment*, 40(12) [2006]: 2202-2214

Article analysé par : Edwige RÉVÉLAT, ATMO Poitou-Charentes ; [edwige.revelat@atmo-poitou-charentes.org](mailto:edwige.revelat@atmo-poitou-charentes.org)

#### **À lire également :**

Singer B.C., Destailats H., Hodgson A.T., Nazaroff W.W. ; Cleaning products and air fresheners: emissions and resulting concentrations of glycol ethers and terpenoids ; *Indoor Air*, 16(3) [2006]: 179-191

Marchand C., Buillot B., Le Calve S., Mirabel P. ; Aldehyde measurements in indoor environments in Strasbourg (France) ; *Atmospheric Environment*, 40(7) [2006]: 1336-1345

Lee C.W., Dai Y.T., Chien C.H., Hsu D.J. ; Characteristics and health impacts of volatile organic compounds in photocopy centers ; *Environmental Research*, 100(2) [2006]: 139-149



Une étude épidémiologique de type cas témoins réalisée en France entre 1995 et 1999, avait pour objectif d'investiguer la relation entre les leucémies aiguës chez l'enfant et l'exposition domestique aux pesticides. Les leucémies sont les cancers les plus fréquents chez l'enfant avec une incidence en France de 4,3 pour 100 000. Pourtant, leur étiologie reste encore mal connue. On dénombre 6 études épidémiologiques ayant déjà observé une relation statistique entre l'utilisation de pesticides à la maison et la leucémie infantile. Dans cette étude, 280 enfants atteints de leucémies aiguës, âgés de 2 à 15 ans, hospitalisés à Lille, Lyon, Nancy et Paris, ont été comparés à 288 témoins hospitalisés dans les services d'urgences ou d'orthopédie des mêmes hôpitaux. L'interview directe des mères portait sur le statut socioéconomique, le type d'habitat, l'historique familial de cancer et/ou de maladies auto-immunes, la profession et les activités de loisirs des parents. Les questions concernant l'utilisation de pesticides dans l'habitation, dans le jardin et comme traitement anti-poux, portent sur la période de la grossesse et de l'enfance. Les *odds ratios* (OR) sont calculés par régression non conditionnelle incluant une stratification sur des variables socioéconomiques et les caractéristiques d'habitation.

On observe des associations statistiquement significatives entre les leucémies et l'utilisation maternelle de pesticides à la maison pendant la grossesse (OR = 1,8 ; IC<sub>95%</sub> : 1,2 – 2,8) et pendant l'enfance (OR = 1,7 ; IC<sub>95%</sub> : 1,1 – 2,4), avec l'utilisation d'insecticides dans le jardin (OR = 2,4 ; IC<sub>95%</sub> : 1,3 – 4,3) ou de fongicides (OR = 2,5 ; IC<sub>95%</sub> : 1,0 – 6,2) pendant l'enfance, mais pas d'association avec les herbicides (OR = 1,4 ; IC<sub>95%</sub> : 0,8 – 2,4). L'utilisation de shampoings anti-poux est également associée aux leucémies aiguës (OR = 1,9 ; IC<sub>95%</sub> : 1,2 – 3,3). Aucun ajustement (catégorie socioprofessionnelle, niveau d'éducation des parents, urbain/rural, appartement/maison, cancers dans la famille, maladie auto-immune, infections communes fréquentes, allaitement prolongé, proximité d'une station essence) n'a modifié ces résultats. Ces résultats sont également stables quelle que soit la tranche d'âge et pour les deux types de leucémie aiguë considérées (lymphoblastique et non-lymphoblastique).

Les résultats sur l'utilisation de pesticides à la maison sont cohérents avec ceux des six autres études épidémiologiques européennes et nord-américaines. Ils sont également cohérents avec l'analyse du CIRC\* ayant classé comme probablement cancérigène « l'utilisation d'insecticides non arsenicaux dans l'habitation ».

Concernant l'utilisation de pesticides au jardin, les résultats sont moins reproductibles. Trois des six études n'ont pas trouvé d'associations significatives entre les leucémies infantiles et l'utilisation de pesticides au jardin. De plus, une étude épidémiologique de type écologique n'a pas trouvé d'association entre les cancers de l'enfant et les régions fortement agricoles. Les mêmes auteurs ont cependant trouvé une association significative au cours d'une étude de type cas témoins, entre les leucémies infantiles et l'utilisation agricole de méthane sodium (OR = 2,5 ; IC<sub>95%</sub> : 1,01 – 4,17) et de dicofol (OR = 1,83 ; IC<sub>95%</sub> : 1,0 – 3,22). L'association avec les shampoings anti-poux n'avait pas encore été montrée dans d'autres études. Elle mérite donc une confirmation ultérieure.

Selon les auteurs, les résultats renforcent le constat que l'exposition domestique aux pesticides jouerait un rôle dans l'étiologie des leucémies aiguës infantiles. Il n'est pas encore possible de cibler un produit ou un autre, de plus, la relation causale reste à confirmer. Cependant la cohérence des résultats avec ceux d'autres études incite à mettre en place des mesures préventives.

Cette étude confirme, en France, des résultats connus notamment en Allemagne et aux États-Unis. Les variables décrivant l'exposition aux pesticides sont qualitatives et déclaratives, des biais statistiques ne peuvent pas être définitivement exclus. De plus, ces variables ne permettent pas de connaître les niveaux de dose reçus par les enfants dans les habitations. Par ailleurs, il n'y a aucune hypothèse sur le mécanisme d'action. Il n'est donc pas possible d'exclure le fait que les pesticides puissent être une co-variable de l'agent causal. En raison de l'importance des cancers de l'enfant en santé publique, notamment parce qu'ils sont en progression très nette dans les pays industrialisés, cette problématique mériterait des efforts d'études supplémentaires en épidémiologie, en toxicologie et en expologie.

Source : Menegaux F., Baruchel A., Bertrand Y., Lescœur B., Leverger G., Nelken B., Sommelet D., Hémon D., Clavel J.; Household exposure to pesticides and risk of childhood acute leukemia ; *Occupational and Environmental Medicine*, 63(2) [2006]:131-134

Article analysé par : Vincent NEDELLEC, Vincent Nedellec Consultants ; [vincent.nedellec@vnc-sante.fr](mailto:vincent.nedellec@vnc-sante.fr)



### Contamination et humidité des systèmes de ventilation dans les immeubles de bureaux nord-américains comme facteurs de risque des symptômes respiratoires et des muqueuses : analyses des données de l'étude BASE de l'US-EPA\*

Les associations entre des indicateurs de l'accumulation d'humidité dans les bâtiments et la présence de symptômes respiratoires et d'irritation des muqueuses chez les employés ont été évaluées à partir des données recueillies dans l'enquête BASE (*Building Assessment, Survey and Evaluation Study*) réalisée entre 1994 et 1998 par l'US-EPA\* dans 100 immeubles de bureaux représentatifs du parc tertiaire nord-américain.

L'objectif principal était d'évaluer si certaines pratiques dans les bâtiments, en particulier celles liées à l'entretien des systèmes de ventilation-climatisation, ainsi que certaines caractéristiques des espaces occupés, en favorisant l'accumulation d'humidité et de contamination des surfaces, pourraient augmenter le risque d'exposition des occupants à des microorganismes et des toxines ayant des effets irritants, toxiques ou allergiques. Un autre objectif était de confirmer les résultats issus d'une étude du NIOSH\* réalisée dans 80 immeubles de bureaux qui retrouvait une association faible mais significative entre l'accumulation d'humidité dans les systèmes de ventilation et la survenue de symptômes respiratoires, en particulier chez les sujets asthmatiques (1).

Dans chacun des immeubles, une zone d'étude comportant au moins 50 occupants et pas plus de deux unités de ventilation était sélectionnée. Les données sur les caractéristiques des employés, leur travail, leur état de santé et la survenue de symptômes ont été recueillies par questionnaires. Les données environnementales étaient recueillies par des inspections standardisées des bâtiments et des systèmes de ventilation, la mesure de certains paramètres, l'analyse des plans et des interviews auprès des responsables techniques.

Des symptômes respiratoires étaient observés chez 7,9 % (9 % des femmes et 1,8 % des hommes) et des symptômes liés à l'irritation des muqueuses chez 29,4 % (34,2 % des femmes et 19,6 % des hommes) des 4 326 occupants des 100 immeubles (taux moyen de réponse aux questionnaires de 85 %).

L'analyse multivariée par régression logistique a identifié des associations entre des symptômes liés au bâtiment et certains indicateurs d'humidité ou de contamination des immeubles. Ainsi, l'insuffisance d'entretien des bacs d'égouttement des systèmes de climatisation (caractérisée par une fréquence de nettoyage très faible) était associée à un triplement des symptômes respiratoires.

D'autres modèles ont montré qu'un nettoyage insuffisamment fréquent des bacs d'égouttement ou des serpentins de refroidissement était associé à une augmentation des symptômes d'irritation des muqueuses. En revanche, certains résultats n'ont pas confirmé d'autres facteurs de risques potentiels associés à une accumulation d'humidité identifiés dans l'étude précédente du NIOSH. En particulier, l'analyse n'a pas mis en évidence d'association entre la survenue de symptômes et la propreté observée des bacs d'égouttement, des serpentins de refroidissement et des prises d'air. Pour certaines variables liées à des dégâts des eaux, des résultats paradoxaux allant dans le sens d'un effet protecteur ont même été observés.

Les auteurs soulignent bien les limites méthodologiques de l'étude, en particulier de l'évaluation, par définition subjective et imprécise des effets sanitaires par autoquestionnaire. Ils notent également les problèmes posés par l'évaluation, non standardisée, imprécise et non quantitative du degré d'humidité et de propreté des systèmes de ventilation et des locaux qui reflète le niveau d'entretien, mais pas directement les risques d'accumulation d'humidité et de contamination microbienne. Ces limites pourraient expliquer l'observation de résultats discordants pour des critères, fréquence de nettoyage et état de propreté, généralement rapportés à des facteurs similaires (mesures de maintenance).

Au total, l'étude est assez peu contributive au débat. De nouvelles études comportant des mesures plus rigoureuses des risques environnementaux et de la survenue des effets sanitaires sont nécessaires pour mieux identifier et caractériser les risques sanitaires associés à l'humidité dans les bâtiments.

(1) Mendell M., Naco G., Wilcox T., Sieber W. ; Environmental risk factors and work-related lower respiratory symptoms in 80 office buildings: an exploratory analysis of NIOSH data ; *Am J Ind Med*, 43 [2003]: 630-641

Source : Mendell M.J., Cozen M., Lei-Gomez Q. *et al.* Indicators of moisture and ventilation system contamination in U.S. office buildings as risk factors for respiratory and mucous membrane symptoms: Analyses of the EPA BASE data ; *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 3(5) [2006]: 225-233

Article analysé par : Véronique EZRATTY, Service des Études Médicales d'EDF et de Gaz de France ; [veronique.ezratty@edf.gdf.fr](mailto:veronique.ezratty@edf.gdf.fr)



## EFFETS SANITAIRES

### Exposition aux endotoxines pendant les premiers mois de la vie et protection contre les maladies allergiques

Ces dernières années, l'incidence des maladies allergiques a augmenté considérablement dans les pays industrialisés. Une des hypothèses avancées repose sur l'exposition aux endotoxines (lipopolysaccharides issus de la paroi des bactéries gram-négatives) devenue trop faible durant la petite enfance. Par leur action sur le système immunitaire des enfants en bas âge, les endotoxines préviendraient le développement de l'atopie, alors que parallèlement, il est reconnu que les endotoxines aggravent l'asthme à des âges plus avancés. Trois articles récemment publiés étudient cette hypothèse dans le cadre de cohortes prospectives de nouveau-nés.

Dales *et al.* ont suivi de 1997 à 2003, 332 nouveau-nés demeurant sur l'île du Prince Edwards (Canada) pour une période de 2 ans. Pendant cette période, les parents ont rempli un carnet journalier sur les épisodes aigus de maladies respiratoires de leur enfant et étaient interrogés par téléphone toutes les 2 semaines. Les concentrations d'endotoxines échantillonnées en continu pendant 5 à 7 jours dans l'air de la chambre des enfants ont été mesurées pour 81 % d'entre eux pendant leurs 4 premiers mois, pour les autres pendant leur première année. Les concentrations en ergostérol (indicateur de la présence de moisissures) ont été déterminées en parallèle. Les relations entre les effets sanitaires et le logarithme des concentrations en endotoxines ont été étudiées dans des modèles de régression linéaire. Les variables d'ajustement prises en compte sont : l'année, la température intérieure, l'âge, le sexe, l'allaitement, le temps de garde extérieur, le tabagisme passif, le revenu des parents. Les auteurs montrent une association positive et significative entre le nombre incident d'épisodes aigus (observation pendant au moins deux jours consécutifs de « nez qui coule » et/ou toux et/ou sifflement et/ou gêne respiratoire) et les concentrations en endotoxines : un doublement de ces dernières est associé à une augmentation de 0,32 de l'incidence des épisodes aigus par an ( $p = 0,0003$ ) et de 3,25 du nombre de jours avec épisodes par an ( $p = 0,005$ ). Cependant, on notera que les concentrations en endotoxines et les variables d'ajustement expliquent seulement 18 % et 15 % des variations respectives de l'incidence des épisodes et du nombre de jours avec épisodes. Des modèles identiques ont été utilisés sur des durées progressives (90, 180, 270 jours...) : une diminution de l'association entre les effets sanitaires et les endotoxines est alors observée au cours du temps. Selon les auteurs, ce résultat pourrait aller de pair avec la mise en place d'un effet protecteur des endotoxines, mais il pourrait aussi signifier que les concentrations d'endotoxines deviennent de moins

en moins représentatives de l'exposition des enfants au cours du temps.

Perzanowski *et al.* ont suivi 301 nouveau-nés des quartiers urbains de New York pendant 3 ans. Des questionnaires sur la santé respiratoire des enfants ont été renseignés à 1, 2 et 3 ans. A ces âges, la présence d'eczéma a été recherchée par un médecin. Les concentrations d'endotoxines ont été mesurées dans des poussières prélevées pendant 5 minutes sur le sol des chambres lorsque l'enfant avait 1 an (pour 15 % des enfants, ce prélèvement n'a pu être réalisé qu'à 3 ans). Les relations entre les effets sanitaires (sifflement, rhinite allergique et eczéma) et les endotoxines (logarithme des concentrations en EU/mg ou en EU/m<sup>2</sup>; EU pour unité d'endotoxines) ont été étudiées dans des modèles de régression logistique avec pour variables d'ajustement : l'ethnicité, le sexe, l'asthme maternel et le tabagisme passif. Les endotoxines (concentrations en EU/mg) sont associées à un risque significativement diminué d'eczéma (OR = 0,7) pendant la première année des enfants, ce résultat appuie donc l'hypothèse hygiéniste. Par contre, le risque de sifflements augmente à 2 ans (OR = 1,3; ce résultat approche seulement le seuil de significativité) et ce risque est plus élevé chez les enfants dont la mère est asthmatique.

Douwes *et al.* ont eux suivi 696 nouveau-nés de 0 à 4 ans demeurant dans 3 régions des Pays-Bas. Dans cette cohorte (cohorte PIAMA, *Prevention and Incidence of Asthma and Mite Allergy*), toutes les mères sont atopiques. Un questionnaire a été rempli à 1, 2, 3 et 4 ans par les parents. Les diagnostics d'asthme émis par des médecins pendant ces 4 années ont été recensés. Le statut atopique a été étudié à partir de prélèvements sanguins à 1 et 4 ans (mais seulement chez respectivement 69 % et 41 % des enfants, ce qui a limité les analyses). Les concentrations en endotoxines (EU/m<sup>2</sup>), ainsi que celles en (1→3)- $\beta$ -D-glucanes et en polysaccharides extracellulaires des genres *Penicillium* et *Aspergillus* (EPS-Pen/Asp; ces composés ayant déjà été associés à la morbidité respiratoire) ont été déterminées dans des prélèvements de poussières surfaciques des salles de séjour de 2 minutes pendant les 3 premiers mois de l'enfant. Les relations entre les effets sanitaires et les niveaux de concentrations des facteurs environnementaux ont été analysées dans des modèles de régression logistique. Les variables d'ajustement utilisées sont : le sexe, la région, le niveau d'éducation des parents, le tabagisme passif, le nombre de frères et sœurs. Dans un deuxième temps, les risques associés à chaque facteur d'exposition ont été ajustés sur les autres facteurs d'exposition.

Tous les risques significatifs associés aux facteurs environnementaux dans cette étude sont négatifs (c'est à dire protecteurs). Entre 1 et 4 ans, l'atopie contre les aéro-allergènes est multiplié par 3 (soit une augmentation de 24 %). A l'âge de 4 ans, elle n'est significativement et négativement associée qu'aux EPS-Pen/Asp (aucune association n'est observée à 1 an). De même, les symptômes (sifflements persistants durant les 4 années) ne sont associés qu'aux EPS-Pen/Asp (OR = 0,37). L'asthme diagnostiqué par un médecin est inversement associé aux endotoxines (OR = 0,40), aux EPS-Pen/Asp (OR = 0,42) et à la poussière totale (OR = 0,54). Le risque associé aux endotoxines n'est pas modifié après ajustement sur les autres facteurs environnementaux. Par contre, les risques liés aux EPS-Pen/Asp et à la poussière ne sont plus significatifs après ajustement sur les endotoxines. Cependant, ces facteurs étant très liés entre eux (coefficients de corrélation compris entre 0,36 et 0,84), il est difficile de conclure sur la spécificité des effets de chacun de ces facteurs.

Les résultats de cette dernière étude vont donc clairement dans le sens de l'hypothèse hygiéniste : l'exposition à des facteurs microbiens non infectieux pendant les premiers mois de la vie protège contre l'asthme, alors que les deux premières études ont des résultats plus mitigés. L'étude de Perzanowski met en évidence un effet protecteur des endotoxines vis-à-vis de l'eczéma, mais un effet délétère de ces mêmes endotoxines vis-à-vis des sifflements à 2 ans. Dales *et al.* montrent une relation entre les concentrations d'endotoxines et l'incidence des épisodes respiratoires aigus, mais ils n'étudient pas le lien avec la maladie allergique. Notons que le symptôme « sifflement » étudié dans ces deux études peut avoir diverses étiologies : allergie, mais plus souvent infections chez les très jeunes enfants.

De nombreux paramètres diffèrent entre ces études : la métrologie mise en œuvre pour mesurer les endotoxines et les autres facteurs d'exposition environnementale, les indicateurs de maladies allergiques, la sélection des nouveau-nés (mères atopiques ou non), les variables d'ajustement utilisées...

L'étude de Douwes a notamment l'avantage d'un suivi plus long (4 ans versus 2 et 3 ans respectivement), d'ajuster sur le nombre de frères et sœurs (dont l'impact est connu), le nombre d'enfants est aussi plus élevé et, de plus, tous ont des mères atopiques. Un point important concerne les niveaux et les variations de concentrations en endotoxines dans chacune des études : à quelles concentrations les enfants doivent-ils être exposés pour qu'un potentiel « effet protecteur » s'installe ? Dans l'étude de Douwes, les concentrations utilisées dans les modèles sont plus faibles que dans celle de Perzanowski, par contre les variations de concentrations sont plus grandes.

En conclusion, si les données présentées dans ces trois articles ne permettent pas de conclure, le suivi de ces trois cohortes devrait dans les années qui viennent apporter une meilleure compréhension sur le rôle des endotoxines dans le développement des maladies allergiques et de l'asthme. Parallèlement, un effort devrait porter sur la standardisation des méthodes de mesure des endotoxines.

Sources : Dales R., Miller D., Ruest K. *et al.* ; Airborne endotoxin is associated with respiratory illness in the first 2 years of life ; Environmental Health Perspectives, 114(4) [2006]: 610-614

Douwes J., van Strien R., Doekes G. *et al.* ; Does early indoor microbial exposure reduce the risk of asthma? The Prevention and Incidence of Asthma and Mite Allergy birth cohort study ; Journal of Allergy and Clinical Immunology, 117(5) [2006]: 1067-1073

Perzanowski M.S., Miller R.L., Thorne P.S. *et al.* ; Endotoxin in inner-city homes: Associations with wheeze and eczema in early childhood ; Journal of Allergy and Clinical Immunology, 117(5) [2006]: 1082-1089

Articles analysés par : Marie-Thérèse GUILLAM, SEPIA-Santé ; [sepia@sepia-sante.com](mailto:sepia@sepia-sante.com)

#### À lire également :

Gunnbjornsdottir M.I., Franklin K.A., Norback D. *et al.* ; Prevalence and incidence of respiratory symptoms in relation to indoor dampness: the RHINE study ; Thorax, 61(3) [2006]: 221-225

Rabinovitch N., Liu A.H., Zhang L.N. *et al.* ; Importance of the personal endotoxin cloud in school-age children with asthma ; Journal of Allergy and Clinical Immunology, 116(5) [2005]: 1053-1057

Sakr W., Weschler C.J., Fanger P.O. ; The impact of sorption on perceived indoor air quality ; Indoor Air, 16(2) [2006]: 98-110



## EXPOLOGIE – EVALUATION DES RISQUES

### Teneurs en trihalométhanes dans l'air exhalé après diverses activités domestiques liées à un usage d'eau

Les trihalométhanes (THM), dont les principaux représentants sont le chloroforme ( $\text{CHCl}_3$ ), le bromoforme ( $\text{CHBr}_3$ ), le bromodichlorométhane (BDCM) et le dibromochlorométhane (DBCM), sont des sous-produits de désinfection de l'eau traitée par chloration. L'exposition à ces composés varie en fonction des concentrations dans l'eau de distribution publique, mais aussi des comportements de chacun, car diverses activités domestiques (douche, bain, nettoyage de vêtements ou de vaisselle, ingestion...) peuvent nous exposer aux THM par inhalation, contact cutané ou ingestion. Des études en laboratoire fondées sur une estimation de l'exposition intégrée aux THM à l'aide de mesures dans l'air exhalé ou le sang, ont montré que l'inhalation et le contact cutané lors d'une douche ou d'un bain étaient des voies d'exposition importantes.

Dans ce contexte, une équipe américaine a cherché à identifier, parmi une douzaine d'activités domestiques susceptibles de contribuer à l'exposition aux THM, celles conduisant à une augmentation des teneurs internes dans des conditions réelles de vie chez sept jeunes adultes (21-30 ans), non-fumeurs, vivant dans deux maisons situées dans des régions contrastées en matière de teneurs en THM dans l'eau. L'exposition a été estimée, sur deux jours distincts, par des dosages de  $\text{CHCl}_3$ ,  $\text{CHBr}_3$ , BDCM et DBCM dans l'air exhalé quelques minutes après la fin de l'activité considérée. Des échantillons d'eau, d'air intérieur et de sang ont également été collectés selon un protocole bien défini (avant, pendant et/ou après chaque type d'activité) afin d'étudier les relations entre les concentrations dans les différents milieux. Les mesures dans l'air exhalé sont inférieures à la limite de détection pour le DBCM et le bromoforme quel que soit le type d'activité considéré ; seuls les résultats concernant le BDCM et le chloroforme ont été analysés. Les concentrations dans l'air (exhalé et intérieur) ont été normalisées en fonction des concentrations dans l'eau du robinet (pour tenir compte de la variabilité des teneurs dans l'eau).

Pour le chloroforme, les augmentations les plus élevées (en comparaison au niveau observé avant l'activité) des concentrations dans l'air intérieur sont associées à la douche ( $\times 40$ ), au bain ( $\times 10$ ) et, dans une moindre mesure, au nettoyage en machine des vêtements ( $\times 5$ ). Toutefois, seuls le bain ( $\times 6$ ) et la

douche ( $\times 5$ ) induisent une augmentation des teneurs exhalées, les quantités exhalées augmentant avec les teneurs dans l'air intérieur. Elles sont également fortement corrélées aux concentrations sanguines, indiquant un équilibre dynamique entre les concentrations en composés organiques volatils dans le sang artériel et dans l'air expiré après un bain ou une douche. Lors du bain, les quantités exhalées sont également liées aux concentrations dans l'eau ; lors de la douche, on observe une relation significative entre les concentrations dans l'air intérieur et le sang, ainsi que dans l'eau et le sang. Pour le BDCM, les concentrations moyennes dans l'air intérieur et l'air exhalé présentent une moins grande variabilité qu'avec le chloroforme. Si les concentrations dans l'air intérieur sont plus élevées après la douche ( $\times 10$ ) ou le bain ( $\times 4$ ), seul le bain conduit à une augmentation modérée dans l'air exhalé ( $\times 2$ ). Lors d'une douche, on observe uniquement une association significative entre les teneurs dans l'air intérieur et dans le sang, ainsi que dans l'eau et le sang.

Les teneurs mesurées dans l'air intérieur au cours de cette étude réalisée dans des conditions de vie réelles sont du même ordre de grandeur que celles rapportées dans des conditions de laboratoire ; on retrouve également des teneurs plus élevées lors d'une douche que lors d'un bain et des concentrations en chloroforme supérieures à celles du BDCM (par exemple, ratio = 1,17 lors d'une douche). Les plus fortes concentrations en chloroforme et BDCM lors de la douche semblent liées, selon les auteurs, à la plus forte volatilisation de ces composés (faible transfert gazeux entre l'eau du bain et l'air intérieur). Malgré ces concentrations plus élevées lors d'une douche, les teneurs exhalées sont sensiblement les mêmes après une douche ou un bain, suggérant, pour le chloroforme et le BDCM, que l'exposition cutanée est une voie d'exposition importante lors d'un bain. Par ailleurs, l'application d'un modèle mathématique visant à estimer les concentrations en THM dans l'air intérieur sur la base de leurs propriétés physiques et des paramètres spécifiques du milieu intérieur conduit à un ratio chloroforme/BDCM (= 1,166) en parfaite adéquation avec les teneurs mesurées, indiquant qu'un modèle simple d'équilibre peut être utilisé pour estimer ce ratio de concentrations lors d'une douche.

En conclusion, ces résultats indiquent que le bain et la douche conduisent à des augmentations significatives des concentrations en chloroforme dans l'air exhalé. Les quantités exhalées constituent donc un bon outil pour estimer la charge corporelle ou ses variations temporelles ; si les concentrations sanguines sont généralement plus sensibles aux faibles expositions, les mesures dans l'air exhalé, non invasives, facilitent la participation des sujets et permettent un recueil rapide de nombreux échantillons. Cette étude complète renseigne bien l'influence des activités domestiques sur l'exposition aux THM, sur des périodes très courtes, mais elle ne permet pas de renseigner les éventuelles conséquences sanitaires (à court ou long terme) de ces « flashes d'exposition ».

Source : Gordon S.M., Brinkman M.C., Ashley D.L., Blount B.C., Lyu C., Masters J. and Singer P.C.; Changes in breath trihalomethane levels resulting from household water-use activities; Environmental Health Perspectives, 114(4) [2006]: 514-521

Article analysé par : Luc MOSQUERON, Institut national de l'environnement industriel et des risques – INERIS ; [luc.mosqueron@ineris.fr](mailto:luc.mosqueron@ineris.fr)



## EXPOLOGIE – EVALUATION DES RISQUES

### Évaluation quantitative des risques sanitaires à proximité d'une ancienne usine de nickel dans le sud de l'Ontario au Canada

L'étude de Birmingham *et al.* est une évaluation quantitative des risques sanitaires très documentée tant au plan environnemental (2 000 prélèvements et mesures de concentrations dans les sols), que des variables humaines d'exposition. Elle présente l'intérêt de mettre en avant des éléments scientifiques classiquement peu développés. Il s'agit en effet de la spéciation du nickel et de la bioaccessibilité des différentes formes du nickel présent dans le sol, de la réalisation d'une carte spatiale de la contamination du sol par interpolation, ainsi qu'un effort très net d'approcher au plus près les doses apportées par les différents chemins d'exposition. Ces éléments ne sont pas seulement issus de la littérature, mais également d'expérimentations conduites spécialement pour l'étude. Ils permettent ainsi d'être plus vraisemblable dans les hypothèses d'exposition par ingestion ou par contact cutané.

Les principaux résultats sont :

- les concentrations dans les sols varient d'un minimum de 19 ppm à un maximum de 17 000 ppm. Médiane, moyenne et percentile 95 sont respectivement à 1 730, 2 508 et 5 592 ppm ;
- la cartographie spatiale de contamination du sol est possible, car l'échantillonnage a été envisagé de manière homogène sur l'ensemble de la surface d'étude ;
- il n'y a pas de règles de prédiction de la contamination, même à des distances très proches telles que d'un jardin à l'autre ou bien entre le jardin sur le devant de la maison et celui derrière la maison. Parfois, la concentration est plus élevée dans les 5 premiers centimètres du sol, parfois c'est dans les zones plus profondes que la concentration est plus élevée.

L'explication proposée est que si l'habitation a été construite depuis longtemps, alors les retombées atmosphériques ont continué à contaminer le sol en surface. Si l'habitation a été construite récemment, alors, non seulement le sol a été largement retourné et travaillé, et mais il n'y a pas eu de retombée de poussières de nickel. Entre le devant et l'arrière de la maison, il s'agirait des réenvols dus notamment aux voies routières ;

- la spéciation du nickel révèle la présence à environ 80 % d'oxyde de nickel. En terme de bioaccessibilité, cette forme chimique est une des moins solubles. Cela expliquerait les conséquences faibles en terme d'exposition et de risque pour la population, même pour les enfants dont les contacts avec le sol sont très étroits en raison de leur comportement ;
- le ratio ingestion de sol extérieur / ingestion de poussières en intérieur est 45/55 ; le ratio de concentration est fixée à 0,39 ;
- en s'appuyant sur un seul scénario plutôt majorant, les niveaux d'exposition sont les plus élevés pour les enfants âgés de 1 à 6 ans. Les quotients de danger dépassent alors le repère usuel de 1. Par inhalation, les risques fondés sur des données anciennes de qualité d'air sont préoccupants, des campagnes plus récentes indiquent une baisse de l'excès de risque individuel en dessous du repère d'acceptabilité de  $10^{-5}$  ;
- l'exposition provenant du sol est plutôt inférieure à celle liée à une exposition générale sauf pour les enfants âgés de 7 mois à 12 ans ;

- L'objectif de dépollution a été fixé à 8 000 ppm, concentration permettant de protéger toutes les populations exposées.

En conclusion, cette étude est très éclairante et montre l'intérêt d'approfondir les connaissances sur les formes chimiques des composés présents dans les sols afin de proposer une estimation de l'exposition des populations plus vraisemblable. Elle montre également l'opportunité d'acquérir ces connaissances par la mise en place de protocoles appropriés. Enfin, les auteurs débattent avec clarté de la variabilité et des incertitudes propagées au cours de l'étude.

Source : Birmingham B., McLaughlin D. ; Soil investigation and human health risk assessment for nickel in community soils near a former nickel refinery in southern Ontario, Canada ; J. Tox & Environ. Health Part A, 69(9) [2006]: 845-892

Article analysé par : Frédéric DOR, Institut de veille sanitaire ; [f.dor@invs.sante.fr](mailto:f.dor@invs.sante.fr)

#### **À lire également :**

Wilson W.E., Brauer M. ; Estimation of ambient and non-ambient components of particulate matter exposure from a personal monitoring panel study ; Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology, 16(3) [2006]: 264-274

Molnar P., Johannesson S., Boman J. *et al.* ; Personal exposures and indoor, residential outdoor, and urban background levels of fine particle trace elements in the general population ; Journal of Environmental Monitoring, 8(5) [2006]: 543-551

Tavernier G., Fletcher G., Gee I. *et al.* ; IPEADAM study: Indoor endotoxin exposure, family status, and some housing characteristics in English children ; Journal of Allergy and Clinical Immunology, 117(3) [2006]: 656-662

#### **Autre article d'intérêt :**

##### **Concentrations intérieures en ozone généré par la présence de purificateurs d'air**

Probablement en raison de la prise de conscience collective de l'état de pollution des habitations et des risques sanitaires qu'il représente pour leurs occupants, le marché des épurateurs d'air ménagers est en quelques années devenu un marché florissant où de nombreux constructeurs rivalisent d'ingéniosité pour vanter les bienfaits de leurs matériels. Les supports commerciaux utilisés se gardent bien en revanche de faire mention des effets indésirables liés à l'utilisation de ces appareils, notamment la génération de produits secondaires tels que l'ozone. Dans cet article, trois chercheurs de l'Université de Californie à Irvine ont précisément cherché à quantifier les taux d'émission et les concentrations résultantes en ozone de deux types d'épurateurs d'air : les ozoneurs, qui produisent volontairement de l'ozone pour oxyder les composés organiques (odorants) et détruire les microorganismes présents dans l'air, et les épurateurs électrostatiques dans lesquels une (infime) partie de l'oxygène de l'air se transforme en ozone au passage du champ électrique de fort voltage utilisé pour charger les particules. Au total, 13 appareils destinés à des usages très variés ont été testés (épurateur toutes ambiances, désodorisant salle de bain, épurateur d'air personnel, épurateur pour habitacle automobile...).

Concernant les taux d'émission en ozone, les mesures effectuées montrent logiquement une production d'ozone beaucoup plus importante pour les ozoneurs que pour les épurateurs électrostatiques. Dans le premier cas, le taux d'émission mesuré varie entre 42 et 220 mg/h, ce qui, pour la plupart des appareils, ne correspond absolument pas à la production affichée par les fabricants ! Dans le second cas, le taux d'émission varie également dans une large proportion, entre 0,16 et 2,2 mg/h, et diminue de manière significative lorsque l'humidité ambiante augmente (jusqu'à moins 40 % entre 5 % et 60 % d'humidité relative).

Pour juger de l'impact sanitaire potentiel de ces productions d'ozone, les appareils sélectionnés ont été installés dans différents environnements intérieurs (bureau, salle de bain, habitacle automobile) et les concentrations ambiantes en ozone ont été mesurées en continu. Les résultats montrent qu'après la mise en fonctionnement des appareils, les concentrations ambiantes atteignent très rapidement (de quelques minutes à 1 heure) les valeurs limites d'exposition fixées par l'US-EPA\*, l'OSHA\* et le NIOSH\*.



D'une certaine manière, ceci n'est guère surprenant dans le cas des appareils fonctionnant par ozonation et rejoint les conclusions de plusieurs études préalables sur le sujet. Un rapport récent de l'US-EPA\* a notamment clairement mis en évidence le manque d'efficacité de cette technique pour le traitement de l'air, et souligné le danger qu'elle représente pour les occupants du bâtiment. En revanche, les quantités d'ozone émises par les épurateurs électrostatiques sont relativement surprenantes dans la mesure où les appareils testés sont probablement des appareils récents, et que les derniers développements technologiques dans ce domaine avaient, semble-t-il, considérablement réduit le problème de la génération d'ozone (en substituant l'électrode de fort voltage par plusieurs électrodes de moindre voltage). Force est de constater que davantage d'efforts sont à entreprendre pour que l'épuration électrostatique devienne totalement sûre.

Pour les personnes intéressées par le sujet, il est à noter qu'au niveau français, un consortium composé de représentants de la Direction des études et recherches d'EDF, du Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris, du Centre technique des industries aéronautiques et thermiques (CETIAT), du Laboratoire d'étude des phénomènes de transfert

appliqués au bâtiment, Université de La Rochelle et des Hôpitaux universitaires de Strasbourg, vient d'achever une étude dont les objectifs étaient 1) de qualifier le marché des épurateurs d'air en France, 2) de recenser les normes existantes pour qualifier l'efficacité de ces appareils, 3) de décrire le principe de fonctionnement des différentes techniques d'épuration d'air implémentées dans les unités autonomes, et 4) de proposer sur cette base un protocole d'essai des épurateurs d'air prenant en compte le problème de l'émission de produits dangereux pour la santé. Le rapport final a été remis à l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), financeur de l'étude dans le cadre du programme ADEME/PUCA « Bâtiment à l'horizon 2010 ».

Source : Britigan N., Alshawa A., Nizkorodov S.A. ; Quantification of ozone levels in indoor environments generated by ionization and ozonolysis air purifiers ; Journal of the Air & Waste Management Association, 56(5) [2006]: 601-610

Article analysé par : Patrice BLONDEAU, Laboratoire d'Étude des Phénomènes de Transfert Appliqués au Bâtiment – LEPTAB, Université de La Rochelle ; [patrice.blondeau@univ-lr.fr](mailto:patrice.blondeau@univ-lr.fr)

---

### **Autres articles d'intérêt : articles de synthèse et numéros spéciaux parus récemment**

Weschler C.J., Wells J.R., Poppendieck D. *et al.* ; Workgroup report: Indoor chemistry and health ; Environmental Health Perspectives, 114(3) [2006]: 442-446

Lioy P.J. ; Employing dynamical and chemical processes for contaminant mixtures outdoors to the indoor environment: The implications for total human exposure analysis and prevention ; Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology, 16(3) [2006]: 207-224

Darby S., Hill D., Deo H., *et al.* ; Residential radon and lung cancer - detailed results of a collaborative analysis of individual data on 7148 persons with lung cancer and 14208 persons without lung cancer from 13 epidemiologic studies in Europe ; Scandinavian Journal of Work Environment & Health, 32(Suppl. 1) [2006]

Casset A., Purohit A., Marchand C. ; The bronchial response to inhaled formaldehyde ; Revue des Maladies Respiratoires, 23(Suppl. 1) [2006]: S25-S34

Sarnat S.E., Coull B.A., Schwartz J. *et al.* ; Factors affecting the association between ambient concentrations and personal exposures to particles and gases ; Environmental Health Perspectives, 114(5) [2006]: 649-654

Eggleston P.A. ; Improving indoor environments: Reducing allergen exposures ; Journal of Allergy and Clinical Immunology, 116(1) [2005]: 122-126

Selgrade M.K., Lemanske R.F., Gilmour M.I. *et al.* ; Induction of asthma and the environment: What we know and need to know ; Environmental Health Perspectives, 114 (4) [2006]: 615-619

Yeatts K., Sly P., Shore S. *et al.* ; A brief targeted review of susceptibility factors, environmental exposures, asthma incidence, and recommendations for future asthma incidence research ; Environmental Health Perspectives, 114 (4) [2006]: 634-640

Adgent M.A. ; Environmental tobacco smoke and sudden infant death syndrome: A review ; Birth Defects Research Part B-Developmental and Reproductive Toxicology, 77(1) [2006]: 69-85

Shaughnessy R.J., Sextro R.G. ; What is an effective portable air cleaning device? A review ; Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 3(4) [2006]: 169-181

Andersen P.A., Buller D.B., Voeks J.H. *et al.* ; Predictors of support for environmental tobacco smoke bans in state government ; American Journal of Preventive Medicine, 30(4) [2006]: 292-299

### N° spécial Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft, 65(3) [2005] (en allemand) :

Butte W., Eilers J., Ertl H. ; Surfactants in house dust

Bake D., Moriske H.J., Sussenbach B. ; Indoor exposure to fine and ultrafine particles

Gabrio T., Seidl H.P., Szewzyk R. *et al.* ; Significance of air- and dust-studies for the assessment of mould-problems in indoor environments

Wolkoff P., Salthammer T., Woolfenden E.A. ; Emission cells and comparison to small chambers for materials emissions testing

Herr C., Seitz H., Eikmann T. ; Environmental health criteria in indoor air problems - example: moulds in indoor environments

Kleine H. ; Determining data when calculating exposure

### N° spécial Revue Française d'Allergologie et d'Immunologie Clinique, 46(3) [2006] (en français) :

Robine E., Lacaze I., Moularat S., Boissier M., Ritoux S. ; Mesure des aérosols fongiques dans l'air : utilisation de l'ergostérol

Moularat S., Robine E. ; Mesure des mycotoxines aéroportées

Bex V., Squinazi F. ; Mise en évidence de moisissures des ambiances intérieures par la mesure des (1→3)- $\beta$ -D-glucanes

Boutin-Forzano S., Charpin-Kadouch C., Goutaa A. *et al.* ; Audit environnemental des logements : intérêt d'identifier la ou les moisissure(s) en cause

De Blay F., Ott M., Barnig C. ; Moisissures : relation entre exposition allergénique et symptômes

Caillaud D., Marson H., Meunier O. ; Méthodes d'éviction des moisissures

Ott M., de Blay F. ; L'éviction des allergènes : les services des conseillers médicaux en environnement intérieur

## INFORMATIONS DIVERSES

---

### Politiques publiques

En lien direct avec le Plan National Santé Environnement, un **plan d'actions inter-ministériel sur la gestion du risque lié au radon** a été rendu public en **mars 2006** par l'**Autorité de sûreté nucléaire** (ASN). Ce plan a été établi en concertation avec la Direction générale de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction (DGHUC) et avec l'appui de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), de l'Institut de veille sanitaire (InVS) et du Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB). Il prévoit :

- la poursuite des campagnes de mesure du radon réalisées depuis 2004 par les organismes agréés par l'ASN, dans les établissements recevant du public ;
- concernant l'habitat neuf, le lancement d'études destinées à promouvoir de nouvelles règles de construction ;

- pour les logements existants, l'étude de la faisabilité de l'intégration de la mesure du radon dans le dossier sanitaire exigé lors des transactions immobilières ;
- la réalisation d'actions d'information en direction des professionnels du bâtiment et d'actions de diffusion des connaissances sur les expositions au radon et les risques associés.

Ce plan sera mis à jour chaque année compte tenu des actions réalisées et des nouvelles dispositions, dans un souci d'information continue du public.

➔ Pour plus d'informations :

[http://www.asn.gouv.fr/domaines/radioprotec/Plan-actions-radon\\_310306.pdf](http://www.asn.gouv.fr/domaines/radioprotec/Plan-actions-radon_310306.pdf)

De nombreuses études ont montré l'impact négatif de la présence d'un pressing au rez-de-chaussée des immeubles sur la qualité de l'air intérieur des appartements. Aux États-Unis, l'**PUS-EPA\*** a annoncé le **13 juillet 2006** un durcissement de la réglementation relative à l'utilisation du **perchloréthylène**. D'ici 2020, ce solvant devra être définitivement banni des entreprises de nettoyage à sec situées dans un bâtiment résidentiel.

➔ Pour plus d'informations :

<http://www.epa.gov/air/drycleaningrule/regulatory.html>

**Cinq nouvelles normes AFNOR** relatives à la qualité de l'air intérieur ont été publiées en **juillet et août 2006** :

- NF EN ISO 16000-1 (X43-404-1) : « Air intérieur – Partie 1 : **Aspects généraux de la stratégie d'échantillonnage** ». Cette stratégie s'applique à un large panel d'environnements intérieurs : logements, lieux de travail à pollution non spécifique (ne faisant donc pas l'objet de suivi de la QAI\*), bâtiments publics comme les hôpitaux, les écoles, les salles de sport, les restaurants et les bars, les théâtres et les cinémas, par exemple ;
- NF EN ISO 16000-2 (X43-404-2) : « Air intérieur – Partie 2 : **Stratégie d'échantillonnage du formaldéhyde** ». Cette stratégie est en partie définie pour permettre une comparaison des concentrations mesurées avec la valeur guide de l'OMS\*, valeur en date de 2000 proposée pour une exposition de 30 minutes afin de protéger des effets d'irritation des voies respiratoires ;
- NF EN ISO 16000-9 (X43-404-9) : « Air intérieur – Partie 9 : **Dosage de l'émission de composés organiques volatils de produits de construction et d'objets d'équipement – Méthode de la chambre d'essai d'émission** ». Elle définit les spécifications et exigences de ce type de chambre, les conditions d'essai et le calcul du débit d'émission spécifique par unité de surface. Même si une norme précédente (EN 717-1:2004) est dédiée spécifiquement aux émissions de formaldéhyde par les panneaux à base de bois, l'ISO 16000-9 s'applique également à la détermination du taux d'émission de formaldéhyde par ces mêmes panneaux et par les autres produits de construction ;
- NF EN ISO 16000-10 (X43-404-10) : « Air intérieur – Partie 10 : **Dosage de l'émission de composés organiques volatils de produits de construction et d'objets d'équipement – Méthode de la cellule d'essai d'émission** ». Elle constitue le pendant de la norme précédente pour les cellules d'essai d'émission ;
- NF EN ISO 16000-11(X43-404-11) : « Air intérieur – Partie 11 : **Dosage de l'émission de composés organiques volatils de produits de construction et d'objets d'équipement – Échantillonnage, conservation des échantillons et préparation d'échantillons pour essai** ». En lien direct avec les deux précédentes normes, elle décrit les modalités de préparation des éprouvettes d'essai des produits liquides, des produits solides et des produits combinés (un vernis sur un panneau de bois ou un revêtement et l'adhésif qui le fixe, par exemple).

➔ Pour plus d'informations, contacter Élisabeth DERCHÉ : [elisabeth.derche@afnor.org](mailto:elisabeth.derche@afnor.org) ou se connecter sur <http://www.afnor.org>

---

## Comptes-rendus de congrès

### L'air vu de l'intérieur, Lille, 16 mai 2006

Le programme HABIT'AIR Nord-Pas-de-Calais est un programme de recherche à l'initiative du Conseil Régional de la région Nord-Pas de Calais, de la délégation régionale de l'ADEME et du Comité départemental d'habitat et d'aménagement rural du Pas-de-Calais (CDHR-62), visant à caractériser la qualité de l'air intérieur de différents logements de la région. La phase 1 du programme a débuté en 2004 par une enquête dans 60 logements de nature très contrastée : logements « à problèmes » de type

insalubrité, logements sans problème spécifié ou constructions Haute Qualité Environnementale®. Le colloque organisé par la région et l'ADEME le 16 mai 2006 a permis de présenter les premiers résultats du programme.

➔ Pour plus d'informations, télécharger les supports visuels des exposés de la conférence : <http://www.lairvudelinterieur.fr>

## État des connaissances relatives au formaldéhyde : quelles perspectives pour la protection des consommateurs ? Berlin, 29 mai 2006

Le colloque organisé le 29 mai 2006 par l'Institut national allemand d'évaluation des risques (*Bundesinstitut für Risikobewertung*, BFR) avait pour objectif de faire un point sur l'état des connaissances relatives à la toxicité du formaldéhyde d'une part, et aux expositions de la population générale, en particulier dans les environnements intérieurs, d'autre part. L'état d'avancement de l'expertise toxicologique conduite par le BFR suite à la re-classification par le CIRC\* en juin 2004 a été présenté. Les débats se cristallisent actuellement autour d'une valeur seuil pour la protection vis-à-vis des effets cancérigènes proposée provisoirement par le BFR à 125 µg/m<sup>3</sup> (0,1 ppm). Par ailleurs, les résultats des campagnes de mesures dans de larges échantillons d'environnements intérieurs réalisées régulièrement depuis 2001 (419 bureaux, 640 lieux

de vie fréquentés par les enfants notamment) ont été rapportés. Les déterminants des concentrations intérieures avancés sont le mobilier, la saison, l'utilisation de produits d'entretien et le tabagisme. Des éléments sur la présence (ou l'absence du fait de l'utilisation de produits de substitution) de formaldéhyde dans les produits d'entretien, les cosmétiques et les matériaux de construction ont été présentés par d'autres instituts allemands et par un syndicat de fabricants.

➔ Pour plus d'informations, télécharger les supports visuels des exposés de la conférence :

<http://www.bfr.bund.de>, Rubriques *Veranstaltungen* > *Programme, Abstracts und Manuskripte von früheren Veranstaltungen* > *Archiv 2006* > *29 Mai 2006*

---

## Healthy Buildings, Lisbonne, 5-9 juin 2006

La conférence *Healthy Buildings* a lieu tous les 3 ans et représente, avec *Indoor Air*, l'une des manifestations internationales majeures dans le champ de la qualité de l'air intérieur. Chaque jour, deux conférences plénières, puis trois temps de sessions parallèles (8 thèmes au choix à chaque fois) se sont succédés. Environ 1 000 personnes ont participé, dont 23 français. Avec la tenue de *Indoor Air* en septembre 2005, force est de constater que peu de travaux nouveaux ont été présentés. Quelques éléments marquants sont rapportés ci-après ; compte tenu du très grand nombre d'exposés, ils ne prétendent pas être représentatifs de l'ensemble des thèmes abordés lors de la conférence.

Tout comme à l'occasion de *Indoor Air* 2005, de nombreux exposés ont été consacrés aux réactions chimiques dans l'air intérieur (impliquant quasi systématiquement l'ozone) et aux traitements de l'air (purificateurs, filtres...). Quasiment une journée entière a été dédiée à la problématique de la QAI\* dans les écoles et crèches et a rassemblé de nombreux participants.

S'agissant des matériaux auxquels de nombreux exposés ont été consacrés (comme à l'habitude), la thématique nouvelle de l'impact des biomatériaux sur la QAI\* est apparue. Un réel besoin de recherche se fait sentir.

Les exposés traitant des aspects sanitaires (épidémiologie principalement) ont, de façon assez classique, tenté de mieux comprendre la contribution des expositions dans l'environnement intérieur aux pathologies comme l'asthme, les allergies, les troubles respiratoires. La théorie hygiéniste a parfois été remise en cause, notamment par Jan Sundell qui a fortement insisté sur la contribution des expositions de l'enfant aux composés chimiques présents dans les poussières de maison comme les phtalates.

Les conférences dédiées à l'évaluation des risques sanitaires ont plutôt souligné les difficultés inhérentes à la démarche appliquée à la QAI\*. La complexité provient en effet de la grande variété des environnements intérieurs, tant en terme d'utilisation et de typologie du bâti, que de populations et de climats.

Un nombre important d'exposés et de workshops ont été consacrés aux politiques de gestion à mettre en place. La question de la pertinence de l'élaboration de valeurs guides dédiées à la QAI\* a été largement discutée et n'a pas fait consensus. Les incitations financières du type diminution des taxes, des montants d'assurance et des taux d'intérêt, dans le cadre de l'amélioration de l'environnement intérieur au sens large (aspects énergétiques inclus) ont été abordées par plusieurs intervenants. L'approche coûts/bénéfices est souvent utilisée dans ce contexte.

La problématique de la réglementation sur le tabagisme reste d'actualité. Si l'interdiction de fumer dans les lieux publics, y compris restaurants et cafés, ne fait plus débat, c'est à présent le tabagisme dans les logements où vivent de jeunes enfants qui fait l'objet de désaccords.

Plusieurs exposés ont été consacrés au phénomène de *fuel poverty*, ou précarité énergétique, lié à une surmortalité hivernale selon des travaux britanniques. Cependant, les auteurs soulignent la difficulté à déterminer la part attribuable à l'habitat, par rapport à la contribution d'autres facteurs de confusion (revenus des foyers, incidences de certaines pathologies en hiver...).

En lien direct avec l'actualité, une session plénière a été consacrée au virus *influenza* et à sa transmission à l'intérieur des bâtiments dans un contexte pandémique.

Enfin, la nécessité d'avoir une approche globale de la problématique du bâtiment, en cohérence avec les grands enjeux en matière de construction que sont la maîtrise de l'énergie (plan climat) et le développement durable, rend la gestion d'autant plus délicate, les moyens et finalités semblant divergents. Des interventions ont néanmoins montré qu'il était possible d'améliorer

simultanément la thermique et la QAI\* en ayant recours à des installations performantes de ventilation lors des rénovations. La nouvelle réglementation thermique et l'efficacité énergétique des bâtiments dans un contexte de lutte contre le changement climatique ont ainsi souvent été évoquées, ce qui est relativement nouveau.

---

## Thèses

### Assainissement de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles

*Cette thèse a été présentée à l'École Polytechnique de Lausanne, Suisse.*

Les systèmes de traitement d'air des bâtiments, abritent de nombreux microorganismes susceptibles d'avoir des effets néfastes sur la santé des personnes exposées, en particulier dans les milieux hospitaliers. Parmi les différents moyens à disposition pour empêcher un développement microbien, on peut citer les huiles essentielles. Ces extraits de végétaux odorants sont l'objet de nombreuses recherches scientifiques dans le domaine médical et ils ont démontré leur efficacité pour le traitement de nombreuses pathologies.

Afin de proposer une méthode de purification de l'air intérieur basée sur les propriétés antimicrobiennes des huiles essentielles, nous avons sélectionné :

- les souches test pathogènes : *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa* ;
- le protocole AFNOR NF-72-281 de désinfection des surfaces par voie aérienne permettant de démontrer l'activité bactéricide d'agents antimicrobiens utilisés en phase gazeuse ;
- le dispositif expérimental spécifique ;
- les huiles essentielles parmi les plus actives : la sarriette des montagnes, le thym à thymol, l'origan vulgaire et la cannelle écorce.

Le protocole a été appliqué à un composé chimique de référence dans les milieux hospitaliers, le formaldéhyde et à des huiles essentielles riches en phénols.

Nous avons démontré que les huiles essentielles testées en phase gazeuse ont bien un effet létal sur les souches test, même à des doses faibles.

Dans un bâtiment, une diffusion contrôlée d'huiles essentielles rigoureusement sélectionnées et sous leur forme volatile contribuerait valablement :

- au confort des occupants en améliorant la perception de l'air ambiant ;
- à la prévention des contaminations microbiennes indésirables ;
- à l'assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation.

➔ Pour plus d'informations, contacter Marie-Cécile PIBIRI : [marie-cecile.pibiri@epfl.ch](mailto:marie-cecile.pibiri@epfl.ch)

---

### Élaboration et application d'une méthode d'évaluation et d'amélioration de la qualité environnementale de bâtiments tertiaires en exploitation

*Ce travail de recherche a été effectué au laboratoire TREFLE de l'Université Bordeaux 1, sous la Direction du Professeur J.R. Puiggali et de P. Lagière. Le financement mixte Région Aquitaine / ADEME a été complété par les fonds européens FEDER.*

Dans le contexte actuel de réduction indispensable des impacts environnementaux liés à l'exploitation du bâti, ce travail a pour objet de développer et d'appliquer une méthode simple et opérationnelle d'évaluation et d'amélioration de la qualité environnementale de bâtiments tertiaires.

La méthode s'appuie sur le suivi instrumenté sur un an de deux bâtiments d'enseignement préscolaire, ainsi que sur une série d'enquêtes visant à mettre en relief le rôle important des différents acteurs de la phase de vie du bâtiment.

Cette recherche, de par sa finalité et son objectif opérationnel, s'inscrit à la convergence de trois disciplines : la maîtrise de la demande d'énergie, l'Analyse de Cycle de Vie (ACV) et la démarche Haute Qualité Environnementale (HQE®).

La méthode qui en découle, nommée OPALE (Optimisation des Performances par des Actions de Limitation des Émissions), est relative aux bâtiments tertiaires existants, hors phase de rénovation. Les techniques de *benchmarking* et d'analyse multicritères ont été utilisées, afin d'informer au mieux les gestionnaires, les exploitants et les usagers des bâtiments, ainsi que les acteurs de la maîtrise d'œuvre. Au final, un mode de présentation simplifié des résultats est proposé, sous forme d'un tableau de bord environnemental regroupant 26 indicateurs sur six thèmes centraux :

- 4 thèmes « performances » : coûts, consommation d'eau et d'énergie, émissions dans l'environnement et qualité de vie ;
- 2 thèmes « diagnostic » : qualité des usages et qualité de gestion du bâtiment.

Chaque thème d'évaluation regroupe 4 à 6 indicateurs de performance, exprimés par ratio de surface et d'effectifs, et classés sur une échelle de A à G. Le but est de pouvoir identifier les défaillances de gestion ou d'usages responsables de contre-performances. Une synthèse sous forme de signature environnementale du bâtiment permet l'accès à tous les indicateurs développés et propose une visualisation des potentiels et des solutions d'amélioration.

La méthode a été testée sur deux écoles maternelles, dont une construite en 2003, suivant la démarche HQE®. Une instrumentation détaillée y a été menée, avec l'appui de la cellule ECOCAMPUS, durant plus d'une année et a permis de valider l'application d'un nouveau système de suivi des paramètres d'ambiance intérieure et d'énergie, le capteur TEHOR® et son système d'acquisition et d'analyse ECOSYS®. De ces mesures, on a pu déduire le protocole expérimental minimal mais suffisant pour une évaluation multicritères du bâtiment.

Un questionnaire d'enquête a été construit et utilisé pour recueillir les avis des usagers : satisfaction, connaissance des systèmes du bâtiment, habitudes d'utilisation, aptitude à évoluer vers de meilleurs usages.

L'application de la méthode OPALE sur ces deux bâtiments a montré les potentiels d'amélioration de chacun d'entre eux et ce, rapporté aux données globales de 3 années d'exploitation d'un parc de 19 écoles.

En terme de résultats, la qualité de l'air intérieur est clairement dénoncée par l'absence et la mauvaise gestion des systèmes de ventilation. Cependant, et de façon contradictoire, les mesures montrent également que la ventilation peut être réduite en fonction de l'utilisation variée des locaux, ce qui permet de réduire les pertes énergétiques sans influencer sur la qualité de l'air.

Il est clairement mis en évidence qu'un bâtiment construit avec des critères de qualité environnementale présente de meilleures performances qu'un bâtiment classique. Mais sans la mise en place d'un management et d'une gestion environnementale continue, qui passe notamment par une formation des usagers, des choix de consommations plus responsables, les seules qualités initiales et intrinsèques d'un bâtiment sont insuffisantes.

Une évaluation pérenne des bâtiments avec la méthode développée est actuellement en discussion avec la commune partenaire de ces travaux.

➔ Pour plus d'informations, contacter Céline MANDALLENA :

*celine.mandallena@bordeaux.ensam.fr*

---

## Sur le web

L'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET) a ouvert en 2006 son portail Santé – Environnement – Travail. Des fiches thématiques sur les pathologies, les agents et les milieux y sont téléchargeables. La **fiche « Environnement domestique »** présente les différents polluants de l'environnement intérieur et les sources associées. Des focus plus particuliers sont proposés sur le syndrome des bâtiments malsains, le plomb et l'Observatoire français de la QAI\*. Des références documentaires (guides pratiques, sites web) et réglementaires complètent le document.

**Environnement domestique**, Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail ; Décembre 2005 – 6 pages

➔ <http://www.sante-environnement.fr/>

A la demande des ministres de l'intérieur, du logement et de la santé, une **mission d'évaluation de la gestion des risques liés à l'amiante dans les bâtiments** a été constituée en décembre 2005. Elle avait plus particulièrement pour rôle de dresser un bilan de la mise en œuvre de la réglementation et de proposer, le cas échéant, des extensions éventuelles de son champ d'application ou de sa portée. Le rapport de la mission a été publié en **avril 2006**. La première partie est consacrée à ce bilan et son analyse, à l'identification des points forts et des points faibles de la réglementation, ainsi qu'à la situation de la France dans le contexte européen. La seconde partie rassemble les recommandations de la mission pour l'évolution de la réglementation, l'amélioration des contrôles, la gestion à long terme des risques liés à l'amiante résiduelle et l'information des populations sur les risques subsistants et sur les mesures de prévention et de protection.

**Bilan de la réglementation « amiante dans les bâtiments »**, rapport N° 2006 047, présenté par Hanus F., Rostagnat M., Brochard D., Mauss H. et Lejeune D., Inspection générale de l'administration, Inspection générale des affaires sociales et Conseil général des ponts et chaussées ; Avril 2006 – 184 pages

➔ <http://lesrapports.ladocumentationfrancaise.fr/BRP/064000567/0000.pdf>

Deux rapports d'ingénieurs du génie sanitaire de la promotion **2006** ont été publiés par **l'École nationale de la santé publique**.

Le premier rapport propose une évaluation des risques sanitaires liés à la **qualité de l'air intérieur dans les parcs de stationnement fermés**. Après un inventaire des polluants émis par les automobiles, la caractérisation des concentrations intérieures dans les parkings souterrains est réalisée à partir, d'une part des résultats d'une campagne de mesure menée en mars 2004 par le Laboratoire Central de la Préfecture de Police de Paris (monoxyde de carbone, oxydes d'azote et PM<sub>10</sub>\*), et d'autre part, de la modélisation des émissions au moyen du logiciel COPERT. A l'issue de l'évaluation des risques sanitaires, les expositions des usagers au dioxyde d'azote, au benzène, aux aldéhydes et aux hydrocarbures aromatiques polycycliques ressortent comme étant potentiellement problématiques. Les incertitudes liées à la démarche suivie sont clairement identifiées et conduisent les auteurs à formuler des recommandations pour la poursuite des travaux.

Le second rapport aborde la question des **insecticides à usage domestique** : il réalise une synthèse des substances actives utilisées dans les habitats et de leurs dangers associés, de la réglementation en vigueur et des voies et vecteurs d'exposition, en particulier pour les populations considérées plus vulnérables comme les enfants. Les données d'intoxications rapportées par les centres anti-poison sont fournies en annexe du document.

**Qualité de l'air intérieur dans les parcs de stationnement fermés**, Burg J., Farama E. et Weber G., École nationale de la santé publique, Atelier Santé-Environnement ; 2006 – 79 pages

**Les insecticides à usage domestique dans l'habitat**, Alix M., Atiyeh A. et Bonnin A., École nationale de la santé publique, Atelier Santé-Environnement ; 2006 – 67 pages

➔ <http://www.ensp.fr/>, Rubriques *Ressources documentaires > Mémoires soutenus en 2006 > Atelier Santé – Environnement*

Suite à un problème de plaintes liées à des irritations des yeux et de la gorge, **l'Observatoire régional de l'air en Midi-Pyrénées (ORAMIP)** a procédé à deux reprises en 2004 à des mesures de la **qualité de l'air intérieur dans un collège** de Saint-Lys (cf. *bulletin Info Santé Environnement Intérieur* N°12). Un an après la première campagne, et après réouverture des salles fermées par prudence, les mesures en aldéhydes en différents lieux du collège ont été répétées (mesures par tubes passifs). Les résultats pour le formaldéhyde sont présentés dans le rapport mis en ligne récemment (concentrations mesurées dans les salles selon leur date de construction et évolution observée depuis 2004).

**Mesures complémentaires d'aldéhydes en air intérieur au collège de St Lys**, ORAMIP ; Mars 2005 – 3 pages

➔ [http://www.oramip.org/html/pdf/171\\_stations.pdf](http://www.oramip.org/html/pdf/171_stations.pdf)

Dans le cadre de la Directive européenne « Produits de construction » (89/106/EEC), l'exigence essentielle N°3 « Hygiène, santé et environnement » appelle à la caractérisation des émissions de substances gazeuses, particulaires ou radioactives des produits mis sur le marché communautaire. Cependant, du fait du manque de méthodes harmonisées au niveau européen permettant l'évaluation de ces caractéristiques, cette exigence n'est actuellement pas prise en compte dans le marquage CE des produits. Des travaux en vue de l'harmonisation de ces méthodes ont démarré en 2003 sous l'égide de la Commission européenne. Dans ce cadre, un premier rapport de **P'European Collaborative Action** a été publié **fin 2005** afin de dresser un **inventaire des dispositifs nationaux pour la détermination des émissions des matériaux dans l'air intérieur**. Outre le contenu

technique de chaque dispositif, l'historique, le contexte réglementaire et le statut légal de chacun d'eux sont également décrits. Un tableau synthétique d'intercomparaison est fourni : produits couverts, substances recherchées, références normatives, nombre d'essais requis, évaluation des odeurs, prise en compte des cancérogènes et des composés non analysés, contrôles qualité, coûts...

**Harmonisation of indoor material emissions labelling systems in the EU, Inventory of existing schemes**, Report N°24, European Collaborative Action, Urban Air, Indoor Environment and Human Exposure, European Commission, EUR 21891 ; 2005 – 48 pages

➔ [http://www.jrc.cec.eu.int/pce/eca\\_Reports/eca\\_report24.pdf](http://www.jrc.cec.eu.int/pce/eca_Reports/eca_report24.pdf)

Une équipe du **Joint Research Centre**, le centre commun de recherche à Ispra (Italie), a publié en **juillet 2006** les premiers résultats d'un projet de recherche en **toxicologie expérimentale** dédié spécifiquement aux polluants chimiques de l'air intérieur. Le dispositif CULTEX® de simulation de l'exposition de lignées cellulaires humaines (kératinocytes et cellules pulmonaires) a été testé pour le toluène et le benzène. Les résultats des tests de toxicité ayant été probants (test LDH de cytotoxicité, mesure des interleukin-8 pour caractériser la réponse inflammatoire...), les expérimentations vont désormais se poursuivre pour des mélanges de COV\* et d'aldéhydes

représentatifs des concentrations d'exposition dans les environnements intérieurs. Il est également prévu que les effets cumulés de ces agents chimiques avec les UVB soient étudiés.

**Dynamic in-vitro exposure of human derived cells to indoor priority pollutants**, Pariselli F., Sacco M.G., Rembges D., Institute for Health and Consumer Protection, Joint Research Centre, European Commission, EUR 22285 EN ; July 2006 – 36 pages

➔ [http://www.jrc.cec.eu.int/pce/documentation\\_reports.htm](http://www.jrc.cec.eu.int/pce/documentation_reports.htm)

**L'Institut de santé environnementale des Pays-Bas (RIVM)** développe depuis plusieurs années le logiciel CONSEXPO destiné à la **caractérisation des expositions humaines aux substances chimiques émises par les produits domestiques**. Quatre rapports ont été publiés en **juillet 2006** fournissant l'ensemble des paramètres nécessaires à la modélisation avec CONSEXPO des expositions des consommateurs dans les environnements intérieurs aux produits cosmétiques, aux produits d'entretien, aux substances biocides et aux agents de désinfection.

Un cinquième rapport traite des paramètres généraux comme la ventilation et la taille des pièces de l'habitat étudié, par exemple.

**General Fact sheet, Cosmetics Fact Sheet, Cleaning Products Fact Sheet, Pest Control Products Fact Sheet, Disinfectant Products Fact Sheet**, Updated versions for ConsExpo 4

➔ <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/index.html>

En août 2005, **Santé Canada** publiait ses propositions de **valeurs guides pour le formaldéhyde dans l'air intérieur** (cf. bulletin *Info Santé Environnement Intérieur* N°13). Ses propositions ont été entérinées en **avril 2006**. Pour rappel, les valeurs guides sont les suivantes :

- pour l'exposition à court terme (1 heure) : 123 µg/m<sup>3</sup>, correspondant à un cinquième de la concentration sans effets nocifs observés et un dixième de la concentration minimale avec effets d'irritation oculaire observés dans une étude de 1993 (Kulle *et al.*) ;

- pour l'exposition à long terme (moyenne sur 8 heures) : 50 µg/m<sup>3</sup>, limite inférieure sans augmentation significative de risque d'hospitalisation pour asthme, déterminée dans une étude de 2002 (Rumchev *et al.*).

**Lignes directrices sur la qualité de l'air intérieur résidentiel : formaldéhyde**, Santé Canada, ISBN 0-662-71180-7 ; 15 avril 2006 – 3 pages

➔ <http://www.hc-sc.gc.ca/>, Rubriques *Santé de l'environnement et du milieu de travail > Qualité de l'air > Publications*



Le bureau de l'air de l'**Agence californienne de l'environnement (Cal-EPA)** a publié en **avril 2006** un document de synthèse sur **les réactions chimiques des polluants de l'air intérieur** réalisé par les équipes de recherche de l'Université de Californie et du *Lawrence Berkeley National Laboratory*, de renommée internationale sur le sujet. Le rapport traite plus particulièrement des réactions entre l'ozone et les composés émis par les nettoyants et les désodorisants d'intérieur. Les résultats de l'ensemble des tests conduits dans des chambres expérimentales sont rapportés. Les produits secondaires formés par ces réactions et étudiés par les chercheurs sont à la fois les composés gazeux et particulaires. La mise en perspective des tests en chambre par rapport à la réalité des environnements intérieurs est discutée. 7 scénarios d'exposition (enfants et adultes) sont proposés. Il en ressort que

les expositions au formaldéhyde, au 2-butoxy-éthanol et aux PM<sub>1</sub>\*, dans le cadre d'un usage normal, ne sont pas négligeables, mais elles ne seraient potentiellement problématiques, d'un point de vue sanitaire, que dans des conditions extrêmes, mais plausibles (nettoyage intensif dans une petite pièce, par exemple).

**Indoor Air Chemistry: Cleaning Agents, Ozone and Toxic Air Contaminants**, Final Report: contract N° 01-336, Nazaroff W.W., Coleman B.K., Destailats H., Hodgson A.T., Liu D.L., Lunden M.M., Singer B.C. and Weschler C.J. ; April 2006 – 207 pages

➔ <http://www.arb.ca.gov/research/abstracts/01-336.htm>

D'après la littérature, **les trajets en autobus scolaire** sont identifiés comme représentant une source potentiellement significative d'exposition des enfants aux polluants des émissions diesel. Afin de mieux cerner les niveaux d'exposition associés, l'**Association pulmonaire du Nouveau-Brunswick, Santé Canada, Environnement Canada et Environment and Human Health** ont conduit en 2003 une étude auprès des écoliers âgés de 5 à 11 ans circulant dans 41 bus scolaires de deux districts de la Province du Nouveau-Brunswick. Les concentrations en COV\* dans les bus, ainsi que les concentrations en PM<sub>2,5</sub>\* et PM<sub>1</sub>\* (respectivement mesurées en masse et en nombre) ont été mesurées, tandis que les expositions pour les trajets à pied ont été déterminées. A ce jour, seul un résumé de l'étude a été rendu public en **décembre 2005**. Outre une partie des résultats des mesures et l'identification des nombreux déterminants des concentrations intérieures et/ou des expositions des

enfants, ce résumé fournit surtout les pistes proposées afin de réduire les expositions durant les trajets, le bus scolaire restant un moyen sécuritaire de transport contribuant quoi qu'il en soit à la diminution globale de la pollution atmosphérique. Ainsi, le type de motorisation des bus, l'emplacement du pot d'échappement, la ventilation de l'habitacle, l'optimisation des trajets (en terme de nombre et d'emplacements des arrêts), sont autant de recommandations émises pour limiter les concentrations intérieures en polluants dans ces environnements où la durée moyenne du trajet a été estimée à 26 minutes par jour.

**Évaluation des niveaux de polluants émis par les moteurs diesel lors du transport des écoliers en autobus scolaire, Résumé**, Santé Canada, ISBN 0-662-71175-0 ; Décembre 2005 – 12 pages

➔ <http://www.hc-sc.gc.ca>

## GLOSSAIRE

**CIRC** : Centre International de Recherche sur le Cancer

**COV** : Composés Organiques Volatils

**IC<sub>95%</sub>** : Intervalle de Confiance à 95 %

**NIOSH** : National Institute for Occupational Safety and Health

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé

**OSHA** : Occupational Safety and Health Administration

**PM<sub>10/2,5/1</sub>** : Particules de diamètre aérodynamique médian inférieur à 10 / 2,5 / 1 µm

**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 Cicoletta

Comité de rédaction du N°16 : Desqueyroux H., Ezratty V., Guillaum M-T., Le Moullec Y., Mandin C. et Révélat E.

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

ISSN en cours

Le réseau RSEIN, en relation avec l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur, est constitué de représentants des structures suivantes : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie, Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique et ses comités régionaux Nord-Pas de Calais et PACA-Marseille, ATMO Poitou-Charentes représentant les Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air, 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, 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'Étude des Phénomènes de Transfert Appliqués au Bâtiment, Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris, Laboratoire du Génie de l'Environnement Industriel - antenne de Pau de l'École des Mines d'Alès, MEDIECO, SEPIA-Santé, Service d'Études Médicales de EDF – Gaz de France, Université de Caen, Vincent Nedellec Consultants.

Pour tout abonnement (diffusion électronique), adressez vos coordonnées par email à : [corinne.mandin@ineris.fr](mailto:corinne.mandin@ineris.fr)