

## Edito

Envisagé et débattu depuis plusieurs années maintenant, l'étiquetage obligatoire des produits de construction et de décoration pour ce qui concerne les émissions de substances volatiles est sur le point de devenir une réalité. Précurseur de futurs étiquetages à venir sur l'ensemble des produits ayant un impact sur l'air ambiant, il constitue un pas en avant majeur dans l'affirmation d'une politique globale de la qualité de l'air intérieur.

### Un engagement Grenelle

Conformément aux orientations du Grenelle de l'environnement et du 2<sup>ème</sup> Plan national Santé-Environnement (PNSE 2), l'article 40 de la loi de programmation du 3 août 2009 prévoit plusieurs mesures relatives à la lutte contre la pollution de l'air intérieur. L'une de ces mesures consiste à « soumettre les produits de construction et d'ameublement ainsi que les revêtements muraux et de sol, les peintures et vernis et l'ensemble des produits ayant pour objet ou pour effet d'émettre des substances dans l'air ambiant à un étiquetage obligatoire à partir du 1er janvier 2012, notamment sur leurs émissions et contenus en polluants volatils ». Les ministères chargés de la construction, de l'environnement, de l'industrie et de la santé ont ainsi préparé un décret visant à la création de cet étiquetage pour ce qui concerne les produits de construction et de décoration.

### Quels seront les produits visés ?

L'étiquetage portera sur les produits de construction et les produits dits de décoration (appelés aussi produits d'aménagement) destinés à être utilisés à l'intérieur des bâtiments. Sont ainsi visés tous les produits et composants « non mobiles » présents dans un bâtiment : cloisons, isolants, papiers peints, lambris, peintures, vernis, revêtements de sol, etc. ainsi que tous les produits destinés à leur pose ou leur préparation tels que les colles, joints, diluants, etc.

### En quoi consistera l'étiquetage ?

Il s'agira d'une obligation de transparence : l'étiquetage indiquera le niveau d'émission du produit en substances volatiles présentant un risque de toxicité par inhalation. Quatre classes ont été définies : A+, A, B, C. La classe A+ signifiera que les émissions sont très faibles, ce seuil correspondant aux exigeantes valeurs guides définies par l'Afssset dans son avis d'octobre 2009. La classe A indiquera que les émissions sont faibles, sans atteindre cependant les valeurs guides. La classe B indiquera des émissions moyennement

élevées et la classe C des émissions fortes.

L'étiquetage réglementaire n'aura pas pour objet de qualifier ou de certifier les produits. Cela relève du rôle – complémentaire et volontaire – des labels (type M1 ou Emissioncode...) ou des protocoles (AFSSET, AgBB...) existants. De même, la réglementation n'interdira aucun produit et ne créera aucune obligation aux utilisateurs (maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, prescripteurs). Son but est de mettre à la disposition des utilisateurs (consommateurs et acteurs de la construction) un outil indispensable de transparence afin d'orienter le marché, sans le contraindre, vers une meilleure qualité des produits en termes d'émissions en polluants volatils.

### Quelles seront les substances concernées ?

Les substances concernées sont celles qui présentent un risque de toxicité par inhalation. Il s'agira du TVOC et d'une liste limitative comprenant les substances classées à risque par le règlement communautaire 1272/2008 et considérées comme prioritaires par l'observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI\*), notamment le formaldéhyde. Les substances classées cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques de catégories 1 et 2 (CMR 1 et CMR 2) ne seront pas concernées car elles font d'ores et déjà l'objet d'une interdiction dans les produits de construction et de décoration en vertu du même article de la loi de programmation Grenelle.

L'instauration de cet étiquetage constitue une avancée inédite. Certes, cette mesure ne peut représenter à elle seule une politique de qualité de l'air intérieur, qui implique un élargissement du principe d'étiquetage à d'autres produits (ameublement, entretien...), des mesures sur les conceptions d'ouvrage, des actions d'information et de pédagogie pour améliorer les comportements de chacun (aération des locaux...), etc. Mais en incitant les industriels à faire évoluer leurs produits et en sensibilisant à la fois grand public et professionnels à une problématique de santé publique encore naissante, elle incarne un véritable prélude à une prise en compte globale et rationnelle de la qualité de l'air intérieur dans les opérations de construction et rénovation.

Pierre-Yves LE CORVAISIER, MEEDDM/DGALN

## Sommaire

Substances : p2 ; Lieux de vie : p3 ; Effets sanitaires : p7 ; Expologie – Évaluation des risques : p12 ; Informations diverses : p15.

*Le présent bulletin rassemble les analyses faites par les experts du réseau RSEIN, de travaux scientifiques récents sélectionnés pour leur intérêt pour la thématique de l'air intérieur. Le choix, la lecture et l'interprétation qui sont faits de ces articles n'engagent que l'auteur de l'analyse. Le lecteur est également invité à consulter le texte intégral de chaque article analysé.*



## Substances

### Profil quantitatif de métabolites volatils provenant de champignons communément rencontrés dans les environnements intérieurs : pertinence pour le diagnostic de la qualité de l'air intérieur

Le développement de champignons dans les environnements intérieurs, en particulier ceux présentant une humidité chronique, est un problème largement reconnu. Si l'impact sanitaire des composés volatils émis par les moisissures est sujet à controverse, le développement de ces champignons peut endommager les matériaux de construction, produire des mauvaises odeurs et accroître le risque de symptômes respiratoires et d'asthme. Par conséquent, il apparaît nécessaire de disposer de techniques de détection de ces moisissures. Ainsi, une analyse de l'air intérieur basée sur la détermination d'empreintes de composés organiques volatils (COV\*) spécifiques de champignons a été envisagée.

14 souches de champignons typiques des environnements intérieurs ont été étudiées en laboratoire dans des boîtes de Pétri spécialement modifiées pour permettre un échantillonnage simple des COV sur tube Tenax®. L'analyse est ensuite effectuée par thermodésorption, chromatographie gazeuse couplée à la spectrométrie de masse. L'activité biologique (demande biologique en oxygène) a également été mesurée lors de la phase de croissance des champignons afin de tenter de la relier à la concentration de COV émis. Trois milieux de culture différents ont été étudiés : milieu standard, papier peint et plâtre.

Concernant l'effet de l'activité biologique, il est montré que les souches à croissance rapide sont les sources principales de COV, alors que les colonies plus vieilles ou sèches émettent très peu. De faibles concentrations de composés très spécifiques (sesquiterpènes) sont, de plus, produites alors que la croissance est stationnaire. Cependant, ces composés ont tendance à être émis de façon intermittente ce qui s'oppose au concept de « COV indicateur » qui requiert des émissions continues. L'effet du milieu de culture se traduit par une forte diminution de la croissance et donc de l'émission de COV pour le papier peint en raison de la faible quantité de nutriments disponibles par rapport aux 2 autres médias. Les profils qualitatifs d'émission varient aussi beaucoup d'un milieu à l'autre, pour une même souche mais aussi d'une souche à l'autre. Parmi les 164 COV identifiés, ceux émis en plus fortes concentrations sont des composés oxygénés légers fréquemment rencontrés dans l'air intérieur alors que les composés les plus spécifiques sont des composés lourds produits en très faibles quantités.

En conclusion, il semble que les COV fongiques contribuent beaucoup moins à la qualité de l'air intérieur que ce que l'on pensait. La détection de COV en tant qu'indicateur de moisissures s'avère impraticable en raison de limitations méthodo-

logiques liées aux faibles niveaux de concentrations émis. En revanche, la différenciation des souches basée sur la détermination d'empreintes des COV produits continue de présenter un grand intérêt.

#### Commentaires et conclusion du lecteur

D'une manière générale, on observe un intérêt croissant pour l'identification des sources de COV dans l'air intérieur et en particulier les COVM (composés organiques volatils microbiens). Cette étude rigoureuse sur le comportement de différentes souches de moisissures cultivées sur différents milieux montre toute la complexité de cette problématique en raison de la très grande variabilité qualitative et quantitative des substances émises. La grande majorité des COV identifiés sont des molécules retrouvées fréquemment dans les environnements intérieurs car émises par les matériaux de construction, mobilier, etc. Les seuls composés spécifiques sont des composés lourds (sesquiterpènes) produits en très faibles quantités. Il s'avère donc impossible d'utiliser des composés traceurs pour le diagnostic de la qualité de l'air intérieur de maisons touchées par les moisissures.

Source : Schuchardt S., Kuse H., Quantitative metabolite profiling of common indoor fungi: relevancy for indoor air analysis, *Journal of Basic Microbiology*, 2009, 49, 350-362

Article analysé par : Valérie DESAUZIERS, École des Mines d'Alès (site de Pau) [valerie.desauziers@mines-ales.fr](mailto:valerie.desauziers@mines-ales.fr)

#### Autres articles d'intérêt sur la thématique SUBSTANCES :

Yu, Crump et al. (2009) - Exposure Risk Assessment of the Emissions of Wood Preservative Chemicals in Indoor Environments. *CLEAN - Soil, Air, Water*. 37 (6): 466-474.

Fabian, McDevitt et al. (2009) - Airborne influenza virus detection with four aerosol samplers using molecular and infectivity assays: considerations for a new infectious virus aerosol sampler. *Indoor Air*. 19 (5): 433-441.

Täubel, Rintala et al. (2009) - The occupant as a source of house dust bacteria. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 124 (4): 834-840.

Invernizzi, Ruprecht et al. (2009) - Inhaled steroid/tobacco smoke particle interactions: a new light on steroid resistance. *Respiratory Research*. 10 (1): 48.



## Présence d'allergènes dans les écoles et les crèches et méthodes d'éviction simples

De nombreuses études ont mis en évidence la faible présence des allergènes provenant des acariens et des blattes dans les écoles, mais au contraire la présence fréquente d'allergènes d'animaux que les enfants introduisent via leurs vêtements ou leurs chaussures. Cette étude a eu pour but de vérifier ces résultats dans l'État du Minnesota, d'évaluer la répartition de ces allergènes dans les locaux et surtout de formuler des recommandations d'aménagement/d'entretien des locaux et d'y mesurer un an après l'évolution des taux allergéniques.

L'étude a inclus 6 crèches (parmi les 94 du comté) et 7 écoles primaires (parmi les 341 existantes). Une première évaluation de la répartition et la quantification des allergènes a été faite par aspiration, selon un protocole standardisé, de la poussière présente sur les sols (moquettes ou linoléum), pour les écoles et présente sur les sols moquetés et l'ameublement (meubles capitonnés) pour les crèches. Les caractéristiques du bâtiment ont également été observées et colligées.

Une seconde visite a été réalisée 12 mois plus tard pour évaluer la mise en application des recommandations et faire un nouvel inventaire de la répartition des allergènes et les quantifier.

Les résultats montrent que le problème de l'exposition allergénique est essentiellement représenté par les allergènes des animaux de compagnie. En effet, sur les 204 sujets de l'étude, les allergènes de chat et de chien sont majoritairement responsables de la sensibilisation ou de l'apparition d'asthme chez les enfants. Les allergènes d'acarien ou de blatte sont peu voire non sensibilisants.

Dans ces locaux, les canapés et meubles capitonnés sont les plus souvent contaminés et les moquettes le sont davantage que les sols lisses.

Les recommandations proposées au gestionnaire des locaux ont concerné l'augmentation du taux de ventilation (naturelle en laissant libres les orifices de ventilation ou mécanique en augmentant le débit de ventilation), le nettoyage plus poussé de l'entrée, des couloirs, des meubles et fenêtres et le retrait des peluches et meubles capitonnés.

L'évaluation à 12 mois met en évidence :

- une diminution des allergènes du chat (- 69 % dans les écoles, - 95 % dans les crèches) ;
- une diminution des allergènes du chien (- 68 % dans les écoles, - 75 % dans les crèches) ;
- une réduction du contenu fongique de la poussière et de son poids total.

L'intérêt du travail est d'avoir montré, grâce à une étude d'intervention, que l'on peut obtenir, sans personnel ni moyens financiers supplémentaires, une réduction significative des taux d'allergènes d'animaux dans les crèches et les écoles primaires.

Les limitations, soulignées par les auteurs, tiennent à plusieurs facteurs : les crèches ont toutes été sélectionnées en ville, le milieu rural n'étant pas représenté, les allergènes émanant d'autres animaux (souris, rat) auraient également pu être pris en considération. Enfin, les recommandations transmises aux crèches et écoles étaient personnalisées, ce qui limite leur généralisation.

### Commentaires et conclusion du lecteur

La présence d'allergènes animaux dans les crèches et les écoles a fait l'objet de nombreuses études dans les années 90. Ces études avaient mis en lumière certains facteurs de risque pour la présence de ces allergènes. Ces facteurs de risque ont été, pour la plupart, retrouvés dans la présente étude.

Celle-ci a le mérite d'avoir mis sur pied un protocole d'intervention réalisé par le personnel de la crèche ou de l'école, sans moyen financier supplémentaire et d'avoir montré, dans ces conditions, une diminution significative du contenu allergénique de la poussière vis à vis des animaux de compagnie. Une limite de l'étude tient à ce que seulement 6 crèches et 7 écoles se sont portées volontaires pour y participer. Une autre limite est bien sûr l'absence de données cliniques et de démonstration que la baisse des taux allergéniques obtenue peut se traduire par un bénéfice clinique. En Scandinavie où les allergènes animaux jouent un rôle de premier plan en pathologie allergique, des méthodes plus radicales, comme l'exclusion de certaines classes des enfants qui ont des animaux à leur domicile ou la mise en place d'un sas dans lequel les enfants se changent avant de pénétrer dans l'école, ont pu être préconisées de manière à réduire de manière drastique les taux d'allergènes animaux dans ces locaux.

Source : D. Tranter, A. Wobbema, K. Norbien, D. Dorschner. Indoor allergens in Minnesota schools and day-care centers. *J Occup Environ Health* 2009; 6: 582-591.

Article analysé par : D. Charpin, service de pneumologie-allergologie, hôpital Nord, Marseille, [denis-andre.charpin@ap-hm.fr](mailto:denis-andre.charpin@ap-hm.fr)



## Lieux de vie

### Effet de la réduction du débit de ventilation sur la qualité de l'air intérieur et les consommations énergétiques dans les laboratoires

Des études numériques CFD (Computational Fluid dynamic) ont été réalisées pour analyser des approches novatrices concernant la qualité de l'air intérieur (QAI) dans les laboratoires.

Dans une précédente étude, l'auteur a montré que l'utilisation d'un dispositif de hotte aspirante adéquat peut être une stratégie efficace d'économie d'énergie garantissant le confort thermique via une bonne dissipation thermique au-dessus des bancs d'essais. Ce dispositif avait néanmoins un effet négligeable sur la capacité d'évacuation des polluants gazeux au-dessus des bancs d'essais.

Cette présente étude vise à optimiser l'efficacité d'évacuation des polluants de ces dispositifs de hotte d'aspiration dans des laboratoires caractérisés par de forts besoins de refroidissement (de climatisation).

L'outil CFD est utilisé pour accéder aux détails de la distribution de polluants et l'efficacité d'évacuation de ceux-ci.

Pour ce faire, l'auteur a testé différents taux de renouvellement d'air (TRA en vol/h) et systèmes de ventilation (système traditionnel ou hotte d'aspiration).

Le plan d'expérience numérique développé peut être synthétisé comme suit : 2 stratégies de ventilation (système traditionnel ou hotte aspirante), 5 taux de renouvellement d'air intérieur (14 vol/h, 12 vol/h, 10 vol/h, 8 vol/h ou 6 vol/h), 2 positions de la source de pollution chimique, 3 nombres de bouches d'extraction (4 bouches, 2 bouches ou 1 bouche).

Les concentrations en polluants ont été évaluées dans les zones d'occupation.

Dans l'analyse des performances des hottes aspirantes développée dans cette étude, l'auteur tient également compte de l'impact énergétique de ces systèmes par rapport aux systèmes traditionnels de ventilation. En effet, le fait de renouveler l'air d'un volume (climatisé), fonction première de la ventilation, induit des déperditions énergétiques dues à ce renouvellement de l'air intérieur.

L'auteur présente les résultats sous forme de graphiques où sont indiqués les concentrations en polluant intérieur dans les zones d'occupation pour une configuration de pollution donnée (2 positions possibles de la source de pollution chimique) et pour chaque stratégie de ventilation employée (TRA, hotte aspirante ou système traditionnel, nombre de bouches, etc.).

Sur la base de ces résultats, il est montré que la QAI\* (les concentrations en polluants) n'est pas directement proportionnelle aux taux de renouvellement d'air mais dépend plutôt d'une combinaison de facteurs comprenant la conception des systèmes de ventilation, les conditions intérieures (positions des sources et les débits d'émissions), etc.

Les résultats montrent qu'un débit inférieur de ventilation peut être employé sans impact notable sur la qualité de l'air dans la zone occupée ; cela est particulièrement remarquable dans les cas où la hotte aspirante est utilisée.

### Commentaires et conclusion du lecteur

Cette étude numérique a pour ambition de montrer que la QAI n'est pas directement fonction du taux de renouvellement d'air mais dépend entre autres de la conception du système de ventilation utilisé.

Toutefois, on peut remarquer que ce sujet bien qu'intéressant n'est pas réellement novateur car on le retrouve régulièrement dans les conférences ces dix dernières années.

On peut aussi critiquer le fait que l'auteur ne tient que partiellement compte de l'impact énergétique de la ventilation puisqu'il analyse uniquement les déperditions énergétiques dues au renouvellement d'air ; il ne traite pas des consommations énergétiques des auxiliaires (consommations électriques des ventilateurs).

Source : Memarzadeh (2009) - Effect of reducing ventilation rate on indoor air quality and energy cost in laboratories. Journal of Chemical Health and Safety. 16 (5): 20-26.

Article analysé par : Jean-Jacques Aké Ahiman AKOOU, CSTB ; [ake.akoua@cstb.fr](mailto:ake.akoua@cstb.fr)



## Lieux de vie

### Pénétration des pollens dans le logement au travers des portes et fenêtres

Le nombre de grains de pollens trouvés dans les logements, et leur pourcentage par rapport au compte pollinique réalisé à l'extérieur du logement, varie considérablement d'une étude à l'autre. Cette variabilité peut tenir à la technique d'échantillonnage, aux conditions de ventilation du logement, à ses caractéristiques architecturales, à la localisation géographique de l'étude et au mode de vie des occupants.

Pour préciser ce dernier groupe de facteurs, les auteurs se sont intéressés à l'influence de l'ouverture des portes et fenêtres sur la pénétration et la diffusion des pollens à l'intérieur du logement.

L'étude a utilisé comme modèle le pollen du bouleau, qui est la cause principale de pollinose dans les pays scandinaves où a été réalisée l'étude et a aussi considéré le pollen de pin qui a une masse plus importante.

L'échantillonnage a été double :

- Le premier a eu pour objectif d'évaluer la pénétration des grains de pollens dans le bâtiment. Il a été réalisé à l'extérieur, au rez-de-chaussée et au premier étage de ce bâtiment, grâce à 10 capteurs polliniques Rotorod situés : dans la cour de l'immeuble, à l'extérieur à 1 mètre du bord de la fenêtre, à l'intérieur du logement au bord supérieur et au bord inférieur de la fenêtre, puis à 1-2 mètres et 3-5 mètres à l'intérieur de la pièce.

- Le second a eu pour but d'estimer la dispersion de ces pollens

une fois à l'intérieur de la pièce. Pour ce faire, 8 capteurs polliniques ont été disposés dans une pièce au second étage du bâtiment, ventilé par une fenêtre. Là encore, on disposait aussi d'un capteur à l'extérieur et d'un capteur situé sur le rebord inférieur de la fenêtre.

Dans les 2 cas, le débit d'air au niveau des ouvertures, porte et fenêtre, a été suivi toutes les minutes et la température a été enregistrée. Pour l'analyse des données, les comptes polliniques mesurés dans le logement (« I » pour intérieur) ont été comparés au comptage effectué à l'extérieur du bâtiment (« E » pour extérieur).

Les résultats montrent un pourcentage élevé de pollens à la fois sur les bords supérieur (40 % du taux extérieur) et inférieur de la fenêtre (63 %), au niveau de la porte et à l'intérieur de la pièce (28 % à 1-2 mètres et 8 % à 3-5 mètres de la fenêtre).

Les autres enseignements de l'étude sont les suivants :

- À 1-2 mètres à l'intérieur de la pièce, le compte pollinique maximum enregistré a été proche de 600 grains/m<sup>3</sup> pour le pollen de bouleau et de 2 000 grains/m<sup>3</sup> pour le pollen de pin ;
- L'augmentation des comptes polliniques extérieurs s'accompagne d'une augmentation parallèle des comptes intérieurs, si bien que le rapport I/E reste inchangé ;
- Une augmentation du débit d'air sur les ouvertures (porte et fenêtres) augmente le rapport I/E. L'ouverture de la 2<sup>ème</sup> fenêtre crée un courant d'air et majore le rapport I/E, notamment à une distance de 3-5 mètres à l'intérieur de la pièce.

L'étude met en évidence une forte pénétration des pollens dans le logement. Près de la moitié du flux pollinique extérieur atteint les ouvertures du logement, un quart se retrouve dans le logement, à 1 à 2 mètres de la fenêtre et plus de 10 % au centre de la pièce, lorsque la porte ou la fenêtre restent ouverts lors de la pollinisation. Les taux de pollen de bouleau enregistrés sont, par référence à des travaux antérieurs, largement supérieurs au seuil de déclenchement des symptômes chez les patients sensibilisés à cet allergène. Ces comptes sont particulièrement élevés au voisinage des ouvertures du logement (portes et fenêtres). Le débit d'air au niveau des ouvertures et la hauteur à laquelle l'échantillonnage est effectué jouent aussi un rôle du fait qu'en l'absence du mouvement d'air, les pollens ont tendance à sédimenter.

L'ouverture simultanée de 2 fenêtres, par le courant d'air créé, augmente à la fois la proportion des pollens qui pénètrent dans le logement et leur diffusion en profondeur dans la pièce. En matière de préservation de la qualité de l'air intérieur, on recommande généralement de ventiler le logement de manière brève mais intense. Dans cette étude, au cours de la pollinisation du pin, 3 à 35 % de la concentration pollinique extérieur est retrouvée à l'intérieur lorsque les 2 fenêtres du logement sont ouvertes simultanément, alors que ce pourcentage n'est que de 0,1 à 3,6 % lorsqu'une seule fenêtre est ouverte.

## Commentaires et conclusion du lecteur

Les enseignements théoriques et pratiques de l'étude sont incontestablement intéressants puisque les pollens pénétrant largement à l'intérieur du logement par les ouvertures sont très probablement capables d'induire des symptômes polliniques. Il reste à savoir quel est le devenir et la durée de vie de ces allergènes polliniques une fois introduits dans le logement.

Une limite importante de l'étude réside dans les difficultés à extrapoler ces résultats qui dépendent à la fois de la production pollinique, du régime des vents, de la température ambiante, de l'architecture du bâtiment et de la nature du pollen en cause.

Source : J. Jantunen and K. Saarinen. Intrusion of airborne pollen through open windows and doors. *Aerobiologia* 2009; 25: 193-201.

Article analysé par : D. Charpin, service de pneumologie-allergologie, hôpital Nord, Marseille, [denis-andre.charpin@ap-hm.fr](mailto:denis-andre.charpin@ap-hm.fr)



## Lieux de vie

### Corrélation entre le niveau de radon et de perméabilité du sol, et le potentiel de radon en environnement intérieur à Ottawa

Le radon, gaz radioactif naturel issu des sols, se dilue dans l'atmosphère où on le rencontre à faible concentration. Par contre, il s'accumule dans les espaces clos pour atteindre des concentrations qui peuvent devenir importantes. Le radon est identifié comme la deuxième cause de cancer du poumon après le tabac. Dans le cadre d'un projet nord américain sur la géochimie des sols et visant notamment à déterminer la carte canadienne du risque radon, cette étude pilote, réalisée sur la ville d'Ottawa, s'attache à caractériser le potentiel de source de radon à Ottawa par la détermination d'une corrélation entre d'une part la concentration en radon dans le sol et la perméabilité du sol, et d'autre part les concentrations en radon des environnements intérieurs.

Des mesures de concentration en radon dans les environnements intérieurs ont été réalisées dans 167 habitations des cinq districts les plus peuplés de la ville d'Ottawa, sur des périodes de 2 à 7 jours en tenant compte d'un facteur de correction saisonnier, afin d'être représentatives de concentrations moyennes annuelles. Les mesures de concentrations intérieures en radon sont très variables sur une même région et leur répartition suit une loi de distribution log-normale, caractérisée par la Moyenne Géométrique (MG) et par l'Ecart Type Géométrique (ETG). Le pourcentage d'habitations au

dessus de 200 Bq/m<sup>3</sup> a été choisi comme indicateur du potentiel de radon intérieur. Il peut être calculé à partir de la connaissance de MG et de ETG.

Les niveaux de radon dans le sol ainsi que sa perméabilité ont été mesurés sur 32 emplacements d'une surface de 10x10 m<sup>2</sup> en réalisant en général cinq prélèvements de sol par site à une profondeur de 80 cm.

Un indice (Soil radon Index – SRI\*), défini et utilisé en République Tchèque pour caractériser le risque radon d'une parcelle à partir du niveau de radon dans le sol et de la perméabilité de ce dernier, a été utilisé dans cette étude :

$$SRI = \frac{C - C_0}{-\log(P) + \log(P_0)}$$

Où C<sub>0</sub> et P<sub>0</sub> sont une concentration et une perméabilité de référence, et C et P, la concentration et la perméabilité de l'emplacement considéré.

Le pourcentage d'habitations au dessus de 200 Bq/m<sup>3</sup> a été évalué pour les cinq districts considérés avec cependant une incertitude importante liée au faible nombre de mesures.

Les résultats des mesures de radon dans le sol sont très variables pour un district donné et le seraient peut être moins si les zones considérées avaient été établies sur des bases géologiques plutôt qu'administratives. Les résultats des mesures de perméabilité des sols sont également très variables. L'indice SRI a été calculé pour chaque emplacement. Du fait de la grande variabilité de cet indice au sein d'un même district, une moyenne arithmétique de SRI a été calculée pour caractériser chaque district. Ces valeurs ont ensuite été confrontées au pourcentage d'habitations au dessus de 200 Bq/m<sup>3</sup> évalué à partir des mesures de radon dans les environnements intérieurs. Les auteurs en déduisent une corrélation satisfaisante (R<sup>2</sup> = 0,9878) selon une loi logarithmique.

Une grande variabilité du potentiel radon est observée sur les différents districts. Pour deux districts ayant des niveaux de radon dans le sol très différents, l'indice SRI est néanmoins équivalent car il est contrebalancé par les différences de perméabilité des sols. On voit ainsi l'intérêt d'un tel indice. Le SRI corrèle bien avec le potentiel de radon dans les environnements intérieurs.

Ainsi, même si une mesure directe dans l'environnement intérieur reste le seul moyen de caractériser l'exposition intérieure au radon sur un cas donné, l'utilisation de l'indice SRI permet de caractériser le potentiel d'une zone et pourrait être intéressant pour la réalisation de carte de risque. Ces résultats sont donc prometteurs. Néanmoins, le nombre de données utilisées est assez faible et une étude plus approfondie mériterait d'être réalisée en se basant notamment sur des zones géographiques plus que sur des zones administratives. Cette étude pourra être conduite une fois que l'on disposera d'une base de données de mesures à long terme dans les environnements intérieurs plus conséquente.

## Commentaires et conclusion du lecteur

Les auteurs utilisent le principe de l'indice SRI initialement conçu pour caractériser une parcelle, afin de caractériser le potentiel d'une zone géographique beaucoup plus étendue. La démarche est intéressante malgré le faible nombre de données disponibles et la variabilité des résultats obtenus. Notamment, les mesures de concentration de radon dans les environnements intérieurs ne sont réalisées que sur une période d'intégration d'une semaine ; ce qui est un peu court pour être représentatif d'une exposition moyenne annuelle, malgré l'application d'un facteur correctif saisonnier. Les auteurs reconnaissent d'ailleurs ces aspects et considèrent qu'il faudrait mener une étude plus étendue et systématique pour valider la démarche avant de l'utiliser pour caractériser des zones géographiques. Cette démarche reste néanmoins prometteuse dans l'objectif d'établir des cartes de risque sans avoir recours à des mesures dans les environnements intérieurs.

*\*Nezmal M., Nesnal M., Matolin M., Barnet I. and Miksova J. The new method for assessing the radon risk of building sites. Project Report (Prague: State Office for Nuclear Safety) 2006.*

Source : Correlation of soil radon and permeability with indoor radon potential in Ottawa. Jing Chen, Renato Falcomer, Lauren Bergman, Jessica Wierdsma and Jim Ly. RPB, Health Canada. Radiation Protection Dosimetry (2009), vol.136, n°1, pp56-60.

Article analysé par : Bernard Collignan, Affiliation : CSTB.  
email : [bernard.collignan@cstb.fr](mailto:bernard.collignan@cstb.fr)



## Lieux de vie

### Système de Référencement de la Qualité de l'Air Intérieur dans les bureaux

À Hong-Kong, un système de certification de la qualité de l'air intérieur (QAI\*) est proposé depuis 2003. Basée sur la comparaison des concentrations mesurées sur une période de 8 heures avec des valeurs limites d'exposition établies pour 9 polluants (monoxyde de carbone, dioxyde de carbone, particules (RSP\*), dioxyde d'azote, ozone, formaldéhyde, composés organiques volatils totaux (COVT\*), radon et bactéries aéroportées), cette certification conduit à classer la QAI dans les locaux comme « excellente », « bonne » ou « inclassable ». L'application sur le terrain de cette approche étant limitée par l'ampleur des mesures à mettre en œuvre, les auteurs proposent un système de référencement plus simple, limité à la mesure de 3 polluants représentatifs, et dont les résultats sont traduits en une classification à 5 étoiles.

Dans un premier temps, trois paramètres considérés comme représentatifs de la QAI dans les bureaux sont retenus parmi les neuf paramètres inclus dans le système de certification local : particules (RSP), CO<sub>2</sub> et COVT. Ces indicateurs ont été choisis au regard 1) de leur capacité à témoigner de la performance des systèmes de filtration des réseaux d'air conditionné (RSP), du

taux de renouvellement d'air ( $CO_2$ ), des émissions intérieures de polluants (COVT), et 2) de leur facilité de mesure. Les concentrations mesurées pour ces 3 paramètres ( $\Phi_n$ ) sont comparées aux valeurs limites d'exposition ( $\Phi_n^*$ ) recommandées à Hong-Kong. Le résultat est ensuite intégré et exprimé sous la forme d'un indicateur unique  $\theta = 1/3 \sum (\Phi_n / \Phi_n^*)$  dont la valeur augmente lorsque la qualité de l'air diminue. Cet indicateur  $\theta$  a été calculé pour un panel de 525 bureaux de référence puis les auteurs ont classé sur une échelle de 1 (qualité la plus mauvaise) à 5 étoiles (qualité la meilleure) chacun des bureaux selon le positionnement de la valeur de l'indicateur  $\theta_i$  dans la distribution de l'ensemble des 525 valeurs d'indicateurs établies : 5 étoiles pour les 10 % de bureaux présentant les plus faibles valeurs ( $P < P_{10}$  correspondant sur l'échantillon à  $\theta_i < 0,3$ ), 4 étoiles si  $P_{10} < P < P_{32,5}$  (soit  $0,3 < \theta_i < 0,4$ ), 3 étoiles si  $P_{32,5} < P < P_{67,5}$  (soit  $0,4 < \theta_i < 0,54$ ), 2 étoiles si  $P_{67,5} < P < P_{90}$  (soit  $0,54 < \theta_i < 0,72$ ) et 1 étoile pour les 10 % de bureaux présentant la plus mauvaise qualité d'air intérieur ( $P > P_{90}$  correspondant à  $\theta_i > 0,72$ ).

Sur l'ensemble des 525 bureaux de référence, on observe globalement une bonne similitude entre le classement « à étoiles » proposé et la certification déjà existante (environ 70 % de correspondance). Le pouvoir discriminant du système de classement proposé a été testé en distinguant deux types de bureaux : des bureaux « tout venant » recrutés aléatoirement sans critère de sélection sur le système de ventilation ( $n = 422$ ) et des bureaux modernes équipés d'un système central d'air conditionné avec maintenance régulière ( $n = 103$ ), favorisant a priori une meilleure QAI. Les résultats indiquent que la répartition des classements est différente selon le type de bureaux : si les bureaux à air conditionné sont en large majorité classés « 5 ou 4 étoiles » (avec ensuite une diminution progressive du nombre de bureaux classés en 3, 2 et 1 étoile), on observe en revanche avec les bureaux « tout venant » une distribution gaussienne dans les 5 catégories d'étoiles (environ 40 % des bureaux en classe 3, 20 % environ en classes 2 et 4, et 10 % dans les classes extrêmes 1 et 5).

Le système de référencement proposé, basé sur la mesure de 3 indicateurs de la QAI, permet de distinguer les bureaux en les classant sur une échelle de 1 à 5 étoiles (mode de classification déjà adopté dans d'autres contextes, par exemple dans les analyses de performances financières). Selon les auteurs, le recours à ce mode de référencement simple, de mise en œuvre relativement facile et peu onéreuse, pourrait améliorer l'acceptation volontaire d'une évaluation de la QAI par les gestionnaires de parcs de bureaux, faciliter sa compréhension par le public, et ainsi aider à promouvoir une meilleure QAI dans les bureaux. Un mode de référencement analogue, intégrant la spécificité des polluants « représentatifs » à mesurer, pourrait être développé pour d'autres milieux intérieurs.

## Commentaires et conclusion du lecteur

Cette étude indique qu'un référencement simple de la QAI, basé sur la mesure d'un nombre limité de polluants « indicateurs » choisis de manière pertinente, peut être une approche satisfaisante et relativement robuste pour qualifier en première approche la QAI dans un large échantillon de bureaux. L'approche proposée, destinée à favoriser un déploiement plus facile et moins coûteux que la certification actuelle, est également intéressante et originale de par sa grille de lecture à 5 étoiles. Soulignons néanmoins que cette méthode n'intègre pas directement la notion de risque sanitaire associé à la QAI mais elle permet uniquement de classer la QAI dans un bureau relativement à celle observée dans un parc de bureaux de référence.

<sup>2</sup>Respectivement pour les critères « excellente qualité » et « bonne qualité » de 20 et 80  $\mu g/m^3$  pour les RSP, 800 et 1000 ppm pour le  $CO_2$  et 200 et 600  $\mu g/m^3$  pour les COVT.

Source : Hui P, Wong L, Mui K. Indoor Air Quality Benchmarking for Air Conditioned Offices. Clean 2009, 37(6), 481-486.

Article analysé par : Mosqueron Luc, Veolia Environnement Recherche et Innovation, Pôle Évaluation et Veille Sanitaire, Rueil-Malmaison.  
[luc.mosqueron@veolia.com](mailto:luc.mosqueron@veolia.com)

## Autres articles d'intérêt sur la thématique LIEUX DE VIE :

Dassonville, Demattei et al. (2009) - Assessment and predictor determination of indoor aldehyde levels in Paris newborn babies' homes. Indoor Air. 19 (4): 314-323.



## Effets sanitaires

### Potentiel de liaison des PBDE et de leurs métabolites aux récepteurs nucléaires hormonaux dans un essai d'activation transcriptionnelle

Les polybromodiphényl-éthers (PBDE\*) regroupent 209 congénères de formule  $C_{12}H_{n-1}Br_nO$ , utilisés comme retardateurs de flamme dans de nombreux produits (textiles, plastiques, équipements informatiques, ...). Ils se retrouvent dans l'environnement en raison de leur stabilité et parce qu'ils sont peu liés chimiquement à la matrice des polymères auxquels ils sont incorporés. Les PBDE et leurs métabolites sont retrouvés dans l'environnement et dans les tissus humains. Ils ont une structure chimique proche d'autres xénobiotiques capables d'interagir avec les récepteurs hormonaux nucléaires (récepteurs aux œstrogènes ER, aux androgènes AR), comme par exemple les PCB. Ils sont donc susceptibles de perturber les fonctions endocriniennes. Si quelques études toxicologiques ont étudié le potentiel de perturbation endocrinienne des PBDE, seul le potentiel de liaison aux ER $\alpha$  a été évalué. Cette étude propose de s'intéresser au potentiel de liaison des principaux congénères de PBDE et de leurs métabolites à 6 récepteurs hormonaux nu-

cléaires (ER $\alpha$  et  $\beta$ , AR, récepteur aux glucocorticoïdes GR et aux hormones thyroïdiennes TR $\alpha$  et  $\beta$ ), à l'aide de tests d'activation transcriptionnelle<sup>3</sup> sur cellules ovariennes de hamsters chinois.

Les PBDE testés sont ceux retrouvés le plus fréquemment dans les tissus humains, à savoir les BDE-15, 28, 47, 85, 99, 100, 153, 209, ainsi que les dérivés hydroxylés et méthoxylés des BDE-17, 42, 49 et 90. Ces métabolites ont été synthétisés par le laboratoire avec une pureté > 98 %. Tous les composés ont été dissous dans le diméthylsulfoxyde (DMSO).

Les plasmides codant pour les différents récepteurs humains ont été transfectés dans les cellules ovariennes de hamster chinois. Après une période de transfection de 3 heures, les cellules ont été incubées avec différentes concentrations des composés testés ou avec 0,1 % de DMSO (pour le groupe contrôle). Pour éviter une cytotoxicité, les concentrations en composés testés dans le milieu de culture n'excédaient pas 10<sup>-5</sup> molaire. Pour la mesure des activités antagonistes, les composés ont été ajoutés avec les hormones endogènes ou des substrats connus des récepteurs (estradiol, dihydrotestostérone...). Après une période d'incubation de 24 heures, les cellules ont été rincées puis lysées. L'activité de la luciférase a été mesurée et normalisée sur l'activité de la bêta-galactosidase pour chaque test. Les résultats correspondent à la moyenne (plus ou moins une déviation standard) d'au moins trois expériences indépendantes. Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide de tests d'analyse de variance (ANOVA). Pour estimer le potentiel agoniste des PBDE aux récepteurs nucléaires, l'intensité lumineuse est représentée par une courbe dose-réponse. On obtient la concentration de composé correspondant à 20 % de la réponse maximale de l'hormone endogène correspondante. Le résultat est exprimé comme une concentration effective relative (REC20). De même pour l'activité antagoniste des PBDE, on obtient une concentration inhibitrice relative (RIC20).

6 des 16 composés testés ont un potentiel de liaison à ER $\alpha$ . Celui qui a l'activité la plus importante, le OH-BDE-17 a une activité 100 000 fois moindre que l'hormone de référence, l'estradiol. De même, 6 des composés ont une activité antagoniste sur le récepteur ER $\alpha$ . À noter que le OH-BDE-17 possède à la fois une activité agoniste et une activité antagoniste. De plus, sur les 16 composés testés, seuls les OH-BDE-17 et OH-BDE-42 ont une activité agoniste des ER $\beta$  supérieure au REC20 de l'estradiol. En revanche, 6 composés ont une activité antagoniste des ER $\beta$ , avec le potentiel le plus élevé pour le OH-BDE-49. Concernant le récepteur aux androgènes, aucun des PBDE n'a une activité agoniste, mais 12 des 16 composés testés présentent une activité antagoniste avec le potentiel le plus élevé pour le OH-BDE-17, qui reste 5 fois plus faible que l'hydroxyflutamide<sup>4</sup>. 7 composés ont également montré une activité antagoniste des récepteurs aux glucocorticoïdes. Enfin, seul le OH-BDE-90 a montré une activité antagoniste des récepteurs thyroïdiens (TR $\alpha$  et  $\beta$ ), mais pas son dérivé méthoxylé. Son activité anti-thyroïdienne semble similaire à celle

du tétrabromobisphénol-A, qui a été testé antérieurement par la même équipe.

Les auteurs concluent qu'excepté les BDE-15 et 209, tous les autres composés ont présenté au moins une activité agoniste ou antagoniste sur un ou plusieurs récepteurs nucléaires. L'activité estrogénique des BDE-28, 47 et 100 sur le récepteur ER $\alpha$  est cohérente avec les études antérieures. L'étude a permis de montrer également que 3 métabolites hydroxylés et méthoxylés avaient une telle activité. Le OH-BDE-17 a montré l'activité estrogénique la plus élevée, alors que les dérivés méthoxylés ont une activité plus faible. De plus, les résultats tendent à montrer que les PBDE substitués par 3 à 5 atomes de brome ont une activité anti-androgénique via l'inhibition du récepteur AR. La position des bromes sur le noyau diphenyléther apparaît également importante. Enfin, les auteurs ont montré pour la première fois un potentiel de liaison de certains congénères aux récepteurs aux glucocorticoïdes. Concernant le potentiel de liaison aux récepteurs thyroïdiens, les auteurs notent un potentiel de liaison du HO-BDE-90 équivalent au tétrabromobisphénol-A. L'étude, qui montre un potentiel de perturbateur endocrinien pour les congénères de PBDE retrouvés dans les tissus humains, conduit les auteurs à conclure sur la nécessité de prendre en compte ces éléments pour l'évaluation des risques des PBDE chez l'homme.

### Commentaires et conclusion du lecteur

L'étude est intéressante car les auteurs ont évalué le potentiel de liaison des PBDE retrouvés dans les tissus humains sur plusieurs récepteurs hormonaux. Il semble néanmoins nécessaire d'acquérir des données complémentaires pour pouvoir prendre en compte ces éléments dans les évaluations des risques futures, en particulier concernant les niveaux de doses utilisés (sont-ils représentatifs d'exposition environnementales ? peut-on le savoir à l'heure actuelle ?) ainsi que les changements d'échelle in vitro – in vivo, qui restent actuellement une problématique majeure d'évaluation des risques.

<sup>3</sup>Les essais d'activation transcriptionnelle sont basés sur la synthèse d'un produit de gènes rapporteurs due à une substance chimique, consécutive à la liaison de cette substance à un récepteur spécifique entraînant une activation transcriptionnelle en aval. Ces essais sont utilisés depuis longtemps comme essais de dépistage pour évaluer l'expression de gènes spécifiques régulés par des récepteurs nucléaires spécifiques, comme les récepteurs estrogéniques par exemple (OCDE, Ligne directrice pour les essais de produits chimiques, essai d'activation transcriptionnelle faisant intervenir le récepteur d'oestrogène a humain transfecté de façon stable pour la détection de l'activité estrogénique agoniste des substances testées, 2009).

<sup>4</sup>Métabolite du flutamide, anti-androgène non stéroïdien, médicament utilisé pour les cancers de la prostate métastatisés. L'hydroxyflutamide est un antagoniste connu du récepteur aux androgènes, utilisé dans cette expérience comme témoin positif.

Source : Kojima H, Takeuchi S, Uramaru N, Sugihara K, Yoshida T, Kitamura S. Nuclear hormone receptor activity of polybrominated diphenyl ethers and their hydroxylated and methoxylated metabolites in transactivation assays using chinese hamster ovary cells. Environmental Health Perspectives. 2009; 117(8):1210-1218.

Article analysé par : Nathalie Bonvallot, EHESP ; [nathalie.bonvallot@ehesp.fr](mailto:nathalie.bonvallot@ehesp.fr)





## L'exposition à des particules grossières (PM<sub>2,5-10</sub>) induit de légers effets cardio-pulmonaires chez des jeunes adultes sains

Des études épidémiologiques et toxicologiques ont montré que l'exposition à une pollution particulaire augmentait la morbidité et la mortalité. Dans un certain nombre d'études, ces effets ont été mis en évidence après exposition à des particules fines (PM<sub>2,5</sub>\*) qui sont généralement émises après combustion. L'objectif de la présente étude était d'évaluer si des particules grossières (PM<sub>2,5-10</sub>), qui résultent de processus mécaniques et se déposent dans une partie plus proximale des poumons, peuvent également provoquer des effets cardio-pulmonaires.

14 jeunes volontaires, sains et non fumeurs, ont été exposés pendant 2 h, selon un design en cross-over et en simple aveugle, soit à des particules grossières (PM<sub>2,5-10</sub> extraites après passage de l'air ambiant prélevé à une hauteur de 30 m à Chapel Hill, US EPA, à travers un concentrateur de particules - facteur de concentration : 4 à 10) - soit à de l'air filtré, avec un intervalle d'au moins 1 mois entre les 2 expositions. Les sujets étaient soumis à un exercice intermittent pendant l'exposition (séquences alternées de 15 min de pédalage et de repos).

La fonction pulmonaire était évaluée et des prélèvements sanguins réalisés avant, juste après et 20 h suivant la fin de chaque exposition. Les sujets subissaient une bronchoscopie avec lavage broncho-alvéolaire 20 h après la fin de l'exposition. Un enregistrement en continu pendant 24 h avec un ECG portatif (Holter) était débuté juste avant l'exposition pour évaluer la variabilité de la fréquence cardiaque.

L'exposition aux PM<sub>2,5-10</sub> provoque une augmentation légère mais significative des polynucléaires neutrophiles (10,7 % par 10 µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>2,5-10</sub>) et des monocytes (2 % par 10 µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>2,5-10</sub>) ainsi que de la concentration en protéines totales (1,8 % par 10 µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>2,5-10</sub> - p = 0,0191) mesurés dans le liquide de lavage broncho-alvéolaire. Les PM<sub>2,5-10</sub> n'induisent aucun changement de la fonction pulmonaire mais ont un impact sur certains facteurs de la coagulation. Parmi ceux-ci, seul l'effet sur le t-PA (activateur tissulaire du plasminogène) 20 h après l'exposition était significatif (diminution de 32,9 % par 10 µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>2,5-10</sub> - p = 0,01). L'exposition aux PM<sub>2,5-10</sub> ne modifie pas les marqueurs sanguins impliqués dans les processus inflammatoires comme les cytokines ainsi que les lipides sanguins (cholestérol et triglycérides). La variabilité de la fréquence cardiaque, n'est modifiée significativement que pour un seul indicateur, le SDNN (standard deviation of normal to normal sinus beat intervals), 20 h après la fin de l'exposition (diminution de 14,4 % par 10 µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>2,5-10</sub> - p = 0,05). L'exposition aiguë pendant 2 h de jeunes adultes sains à une concentration en PM<sub>2,5-10</sub> de 89 µg/m<sup>3</sup> en moyenne a induit des modifications légères mais significatives de certains indicateurs de l'inflammation bronchique, de l'hé-

mostase et du système nerveux autonome. La baisse du t-PA observée peut résulter en un risque accru de thrombose et la diminution de la variabilité de la fréquence cardiaque est un facteur prédictif indépendant de mortalité d'origine cardiaque. Une augmentation des neutrophiles dans le liquide de lavage alvéolaire après exposition aux PM<sub>2,5-10</sub> a également été retrouvée par les auteurs dans une étude en exposition contrôlée à des PM<sub>2,5</sub>. Les particules grossières comme les particules fines pourraient donc induire des modifications cardio-pulmonaires similaires.

### Commentaires et conclusion du lecteur

Cette étude a été conduite avec une méthodologie rigoureuse par une équipe expérimentée. Cependant, certaines limites inhérentes aux propriétés des particules ainsi qu'au protocole n'ont pas été suffisamment relevées et discutées par les auteurs, en particulier, la variabilité des concentrations en particules grossières auxquelles les sujets étaient exposés dans la chambre (de 23,7 µg/m<sup>3</sup> à 196,9 µg/m<sup>3</sup>). De plus, les particules fines n'étaient pas toutes éliminées avant injection dans la chambre (sujets exposés en moyenne à 105,1 +/- 58,3 µg/m<sup>3</sup> de particules totales et 89,0 +/- 49,5 µg/m<sup>3</sup> de particules grossières). La composition des particules n'a pas été recherchée or, les particules extraites d'un air prélevé à 30 m de hauteur sont certainement différentes de celles que les personnes sont susceptibles de respirer dans la rue, à hauteur d'homme, et ont probablement subi des changements tout au long des 6 mois qu'a duré l'étude. Par ailleurs, les critères de jugement étaient nombreux et le fait que seuls certains marqueurs spécifiques de l'inflammation bronchique soient modifiés et pas d'autres comme les éosinophiles et les cytokines mesurés dans le liquide de lavage alvéolaire, doivent inciter à la prudence et à la vérification des résultats par de nouvelles études.

Source : Graff D, Cascio W, Rappold A et al. Exposure to concentrated coarse air pollution particles causes mild cardiopulmonary effects in healthy young adults. ; Environmental Health Perspectives, 117(7) [2009]: 1089-1094.

Article analysé par : Véronique EZRATTY, Service des Etudes Médicales d'EDF [veronique.ezratty@edf.fr](mailto:veronique.ezratty@edf.fr)



## Augmentation des marqueurs de l'inflammation suite à des travaux de rénovation intérieurs : la cohorte LISA

Cette étude a été conduite en Allemagne dans le cadre de la cohorte LISA (Life Style Immune System Allergy) qui a pour objectif d'étudier la maturation du système immunitaire et les risques allergiques dans la petite enfance. L'étude présentée ici porte sur un sous groupe d'enfants âgés de 6 ans et a pour but d'étudier la réponse inflammatoire systémique en lien avec des travaux de rénovation dans le logement, et au final d'identifier des marqueurs sanguins associés à cette réponse.

Les caractéristiques socioéconomiques des parents ont été renseignées dans le contexte de la cohorte. Un auto-questionnaire a été envoyé aux parents au début du mois du 6<sup>ème</sup> anniversaire de l'enfant (565 répondants, soit 77,3 %). Il portait sur les symptômes et maladies de l'enfant, le tabagisme, les conditions d'habitat, les animaux domestiques, l'importance du trafic et sur les rénovations du logement. Les questions sur les rénovations portaient sur celles réalisées l'année passée et concernaient : les travaux de peinture, les changements de revêtement de sol (si oui : parquet ou stratifié ou moquette ou autre), l'ameublement (si oui : bois ou panneau de particules ou autre). Les marqueurs d'inflammation (IL-8, IL-6, IL-10, TNF $\alpha$  et MCP-1) ont été mesurés par cyto fluorométrie à partir de sang prélevé chez 324 enfants (avec accord parental). Dans les analyses, les concentrations en marqueurs d'inflammation ont subi une log-transformation (loi non normale). Les liens entre marqueurs et exposition (rénovations) ont été étudiés en calculant le ratio des moyennes de concentrations entre exposés (réalisation de rénovation) et non exposés (pas de rénovation), avec ajustement sur le sexe, le statut atopique des parents, la présence de frères et sœurs, de chat, le tabagisme passif et le niveau d'éducation des parents.

Au final, des données complètes (questionnaire complet et concentrations de marqueurs) n'ont pu être obtenues que chez 250 enfants. Les auteurs ne mettent pas en évidence de différence sur les principales caractéristiques entre ce groupe et le reste de la cohorte. Chez 40,4 % d'entre eux, aucune rénovation n'a été effectuée lors des 12 derniers mois ; les travaux de rénovation réalisés (59,6 %) se répartissent de la manière suivante : travaux de peinture = 12,4 %, travaux d'ameublement = 16,4 %, travaux de peinture et d'ameublement = 12,4 %, et travaux de peinture et/ou d'ameublement et changements des revêtements de sol = 18,4 %. Les nouveaux revêtements de sol sont avant tout de la moquette (11,2 %), pour les meubles il s'agit surtout de meubles en bois et en panneaux de particules (20,4 % dans les deux cas). Des associations significatives entre les concentrations en IL-8 et MCP-1, et des rénovations (travaux de peinture et/ou de l'ameublement et des changements des revêtements de sol) sont obtenues après prise en compte des variables d'ajustement. Concernant le type de revêtement, des associations significatives entre ces deux mêmes marqueurs et la pose de moquette sont aussi obtenues après la prise en compte des variables d'ajustement.

Les auteurs soulignent l'intérêt du contexte de leur étude, i.e. une large cohorte d'enfants. Selon eux, leurs résultats montrent que des travaux de rénovation (surtout les changements de revêtements de sol et particulièrement pour de la moquette) sont associés à une augmentation des niveaux de certains marqueurs d'inflammation (IL-8 et MCP-1) dans le sang, marqueurs ayant été impliqués dans les mécanismes provoquant de l'hyper réactivité bronchique. Les substances chimiques émises dans l'air intérieur lors de rénovations pourraient donc agir via ces molécules et provoquer les effets respiratoires déjà décrits dans d'autres publications suite à des travaux de rénovation. Ces résultats sont d'autant plus importants à prendre en compte qu'ils ont été obtenus chez des enfants de 6 ans, les effets mesurés pourraient donc avoir un impact ultérieur sur la santé de ces derniers.

Les analyses sont limitées par le faible nombre d'enfants exposés à certaines rénovations (en particulier à certains revêtements de sol). Par ailleurs, des données précises sur le type de peintures ou de moquettes n'ont pas été demandées.

### Commentaires et conclusion du lecteur

Cette étude est intéressante car elle explore dans le contexte d'une cohorte d'enfants, les effets des travaux de rénovation sur des marqueurs sanguins d'inflammation. Les résultats obtenus montrent des augmentations significatives d'IL8 et de MCP-1 chez les enfants exposés à des travaux de rénovation et en particulier à la pose de moquette.

L'une des limites importante est le recueil des données de rénovation par questionnaire à l'âge de 6 ans, alors que dans le cadre d'une cohorte les questionnaires pourraient être recueillis de façon prospective et pas uniquement rétrospective. De plus les rénovations concernées portent sur les 12 derniers mois. Les niveaux de marqueurs sanguins sont donc reliés à des travaux qui selon les cas ont pu être réalisés le mois passé ou 6, 10 etc. mois précédents, or les niveaux d'expositions dans l'air intérieur sont *a priori* différents. Il est dommage qu'aucune mesure environnementale n'ait été faite, ni d'analyse de sensibilité en fonction de la date des travaux. Les auteurs ne discutent pas de ce fait.

Si des variables d'ajustement sont prises en compte, d'autres ne sont pas évoquées, telle la pollution extérieure (alors que les parents étaient interrogés sur l'importance du trafic), les déplacements de l'enfant, le temps passé au domicile, la pollution dans les lieux de garde et d'école, des caractéristiques du logement telles la ventilation/aération.

Si la représentativité du sous-groupe analysé versus le reste de la cohorte est étudiée, il aurait été intéressant de vérifier la comparabilité en ce qui concerne les rénovations entre les enfants dont les parents ont accepté la prise de sang et les autres.

Source : Herberth G., Gubelt R. et al. (2009). Increase of inflammatory markers after indoor renovation activities: The LISA birth cohort study. *Pediatr. Allergy Immunol.* 20 : 563-570.

Article analysé par : Marie-Thérèse Guillam, SEPIA-Santé ; [mtguillam\\_sepia@orange.fr](mailto:mtguillam_sepia@orange.fr)



## Symptômes du type syndrome des bâtiments malsains : une étude longitudinale dans des logements neufs au Japon

Le syndrome des bâtiments malsains (SBM\*), ensemble de symptômes non spécifiques attribués à la fréquentation d'un bâtiment, est le plus souvent étudié ou rapporté dans des immeubles de bureaux. Il renvoie en effet en général à un phénomène collectif. De façon tout à fait nouvelle, Takigawa *et al.* se sont intéressés à des symptômes de type SBM dans des logements neufs. De plus, ils ont suivi ces logements et leurs occupants dans le temps, ce qui constitue également une nouveauté.

L'étude a été menée dans la préfecture de Okayama, à l'ouest du Japon, de septembre à décembre 2004, puis sur la même période en 2005. En 2003, 247 résidents de 91 logements construits depuis moins de cinq ans avaient été contactés. Ils l'étaient à nouveau ensuite fin 2004, puis fin 2005. Au final, 170 personnes de tous âges et résidant dans 48 habitations ont participé à l'étude sur toute sa durée. Des prélèvements, par tubes passifs exposés 24 heures, de 13 aldéhydes et 30 COV\*, ainsi que des mesures de température et d'humidité relative, ont été réalisés dans le salon de chaque logement fin 2004, puis fin 2005. De plus, la flore fongique a été déterminée et des prélèvements de poussières au sol par aspirateur ont permis la mesure des concentrations en allergènes d'acariens. Un questionnaire auto-administré a renseigné la survenue dans les trois mois précédents des symptômes suivants : irritation des yeux, nez qui coule ou congestionné, éternuement, voix enrouée, gorge sèche, toux, sifflement, démangeaison, peau sèche ou rougie, éruption cutanée, fatigue, mal de tête, nausée, vertige et difficulté de concentration. Les modalités de réponse étaient : toujours (i.e. trois fois ou plus par semaine), parfois ou jamais. Enfin, il était demandé aux occupants de préciser si un symptôme leur paraissait venir du logement alors un cas de symptômes de type SBM était comptabilisé. Le comparatif entre 2004 et 2005 a permis de classer les sujets en quatre groupes : les nouvellement malades, les toujours malades, ceux qui n'étaient plus malades et les personnes sans symptômes. La relation entre les quartiles des variations de concentrations entre 2004 et 2005 et les sujets nouvellement ou toujours malades a été étudiée. Une régression logistique a été réalisée pour identifier les déterminants des symptômes de type SBM ; les odd ratios (OR\*) ont été calculés, avec ajustement sur l'âge, le sexe, le niveau de sommeil, le stress au travail, l'utilisation d'antimite et l'historique des pathologies allergiques.

Quelle que soit l'année, les concentrations médianes intérieures les plus élevées étaient celles du formaldéhyde (respectivement 37 et 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2004 et 2005), de l'acétaldéhyde et de l'acétone, suivis du toluène, de l' $\alpha$ -pinène et du limonène. Si la pollution chimique a diminué d'une année à l'autre (de façon statistiquement significative seulement pour les aldéhydes), les concentrations en *Cladosporium* et en allergènes d'acariens ont augmenté (non significativement) ; il

n'a pas été observé de différence pour la température et l'humidité relative. Environ 10 % des sujets (échantillon d'âge médian 34 ans ; 86 hommes et 84 femmes) souffraient de symptômes de type SBM (en 2004 comme en 2005). La contamination fongique a augmenté chez les sujets nouvellement malades ou toujours malades, tandis qu'elle a diminué pour les deux autres groupes. Par ailleurs, les variations de concentration les plus importantes en formaldéhyde (4<sup>ème</sup> quartile) sont associées aux sujets nouvellement malades ou toujours malades ( $\text{OR}_{\text{ajusté}} = 3,27$  ;  $\text{IC}_{95\%} = 0,88 - 12,05$ ). Enfin, d'après la régression logistique, le changement de statut au regard des symptômes de type SBM est associé aux changements des concentrations intérieures des paramètres mesurés, en particulier de benzène ( $\text{OR}_{\text{ajusté}} = 10,91$  ;  $\text{IC}_{95\%} = 1,71 - 69,45$  ;  $p = 0,01$ ) et d'*Aspergillus* ( $\text{OR}_{\text{ajusté}} = 17,36$  ;  $\text{IC}_{95\%} = 2,59 - 116,17$  ;  $p < 0,01$ ).

Les auteurs concluent que les symptômes, dans les logements neufs, de type syndrome des bâtiments malsains sont liés à la pollution chimique. D'autres contaminants de l'air intérieur peuvent y contribuer, comme le benzène, le chloroforme et *Aspergillus*.

### Commentaires et conclusion du lecteur

Cette étude a été bien menée et le protocole en est intéressant. La comparaison d'une année à l'autre a été réalisée sur les mêmes mois pour s'affranchir de la variabilité saisonnière ; la mesure de la température et de l'humidité relative a permis de vérifier que c'était en effet le cas. Des limites en sont manifestes, mais elles sont clairement soulignées par les auteurs. Il s'agit notamment du faible nombre de participants et du biais possible de sélection ; seules les personnes souffrant de symptômes de type SBM ou sensibilisées à la thématique ont pu vouloir participer, les autres se désistant entre deux années. Par ailleurs, la partie subjective de la perception des effets, composante reconnue du SBM, n'a pu être appréhendée ; elle est peut-être moindre d'ailleurs dans le contexte du logement (pas d'effet de groupe, environnement personnel). Au bilan, même si la conclusion peut sembler évidente (symptômes de type SBM accrus dans les logements neufs), cette étude a le mérite de l'objectiver, ce qui avait été rarement montré à ce jour. Pour terminer, on peut s'interroger sur la pertinence d'utiliser la terminologie de SBM dans le contexte des logements, puisque le concept renvoie communément à un groupe d'occupants d'un même bâtiment et que, dans la mesure où les symptômes sont par définition non spécifiques, il n'y a pas lieu de les associer nécessairement au SBM. Plutôt que de symptômes de type SBM, il conviendrait plus simplement d'évoquer une mise en lumière des effets sur la santé des expositions aux pollutions intérieures.

Source : Takigawa, Wang *et al.* (2009) - A longitudinal study of environmental risk factors for subjective symptoms associated with sick building syndrome in new dwellings. *Science of The Total Environment*. 407 (19): 5223-5228.

Article analysé par : Corinne MANDIN, Centre scientifique et technique du bâtiment - CSTB .

[corinne.mandin@cstb.fr](mailto:corinne.mandin@cstb.fr)

### Autres articles d'intérêt sur la thématique EFFETS SANITAIRES :

Bell, Ebisu et al. (2009) - Adverse Health Effects of Particulate Air Pollution Modification by Air Conditioning. *Epidemiology*. 20 (5): 682-686.

Rios, Boechat et al. (2009) - Symptoms prevalence among office workers of a sealed versus a non-sealed building: Associations to indoor air quality. *Environment International*. 35 (8): 1136-1141.

Buters, Oeder et al. (2009) - Toxic and inflammatory effects of particulate matter PM10 sampled during teaching hours in elementary school classrooms. 46th Congress of the European Societies of Toxicology. *Toxicology Letters*, 189, Supplement 1, S35.



## Expologie - évaluation des risques

### Concentrations de NO<sub>2</sub> et déterminants des valeurs extérieures, intérieures et personnelles dans deux cohortes de femmes enceintes espagnoles

Plusieurs études ont mis en évidence un lien entre l'exposition de femmes enceintes à une pollution environnementale et l'apparition chez leurs nouveau-nés d'effets néfastes. Or, très peu se sont intéressées à leur exposition personnelle au NO<sub>2</sub> (dioxyde d'azote).

Cette étude a donc recherché, dans une population de femmes enceintes espagnoles issues de la cohorte de l'étude INMA<sup>5</sup>, les déterminants de leur exposition personnelle au NO<sub>2</sub>, en mesurant en parallèle les concentrations intérieures (au domicile) et extérieures.

50 femmes de l'agglomération de Valence (environnement urbain, semi-urbain et rural) et 58 femmes de la ville de Sabadell (environnement exclusivement urbain) ont été sélectionnées durant leur 3<sup>ème</sup> trimestre de grossesse et incluses dans l'étude.

Les concentrations en NO<sub>2</sub> à leur domicile (living room) et dans leur environnement extérieur immédiat (balcon, fenêtre ...), ainsi que leur exposition personnelle ont été mesurées par tubes Radiello sur une période de 48 heures, durant 4 campagnes de mesure sur Valence (11/2003, 04/2004, 11/2004, 02/2005) et 3 campagnes à Sabadell (04/2005, 10/2005, 03/2006).

Pour des raisons budgétaires, la mesure de l'exposition personnelle au NO<sub>2</sub> n'a pu être réalisée que dans la cohorte des 58 femmes de la ville de Sabadell.

Ces 108 femmes enceintes ont aussi eu à répondre à un questionnaire budget espace-temps-activités (tenant notamment compte de leurs caractéristiques socio-économiques, leur niveau d'études, leur exposition au tabac, de la présence au domicile d'appareils fonctionnant au gaz, du trafic routier près de leur habitation, de l'ouverture des fenêtres ...).

Les niveaux médians intérieurs en NO<sub>2</sub> sont similaires dans les 2 villes, alors que les teneurs médianes extérieures sont plus élevées à Valence (42 µg/m<sup>3</sup>) qu'à Sabadell (29 µg/m<sup>3</sup>). L'exposition

personnelle médiane, disponible uniquement pour la cohorte de Sabadell, était de 40 µg/m<sup>3</sup>.

La période de prélèvement, ainsi que le degré d'urbanisation influencent notablement les concentrations extérieures en NO<sub>2</sub>. Les déterminants des niveaux intérieurs de NO<sub>2</sub> sont les concentrations extérieures, elles-mêmes fortement corrélées au trafic routier, l'utilisation de cuisinières fonctionnant au gaz, puis la durée d'utilisation d'un chauffage au gaz.

Les variables influençant le plus l'exposition personnelle au NO<sub>2</sub> sont les teneurs intérieures puis, plus faiblement, les concentrations extérieures, le temps passé dehors, ainsi que la durée d'utilisation d'une cuisinière au gaz (pas d'association significative avec la durée d'utilisation d'un chauffage au gaz, le niveau d'éducation, le statut professionnel, la durée d'exposition à la fumée de tabac environnementale au domicile, la durée d'ouverture des fenêtres).

L'exposition personnelle est plus dépendante des concentrations intérieures qu'extérieures. Cela s'explique notamment par le fait que durant leur dernier trimestre de grossesse, les femmes enceintes passent beaucoup de temps à leur domicile.

Le fait que les campagnes aient été conduites durant des mois peu froids, et le faible nombre de femmes utilisant un chauffage au gaz peuvent expliquer en partie la faiblesse de l'association entre l'exposition personnelle au NO<sub>2</sub> et l'utilisation de ce type de chauffage.

De même, l'absence d'association significative avec le statut professionnel ainsi qu'avec la durée d'exposition à la fumée de tabac environnementale au domicile s'explique en partie par le fait que moins de la moitié (40 %) de ces femmes, suivies durant leur 3<sup>ème</sup> trimestre de grossesse exerçaient encore une activité professionnelle durant l'étude, et qu'en général, les femmes enceintes ont un comportement d'évitement de la fumée de tabac.

En dépit de ses limites (résultats non généralisables à l'ensemble des femmes enceintes, manque d'informations sur d'autres sources intérieures de NO<sub>2</sub> que le chauffage et la cuisson au gaz, état des bouches de ventilation, échantillons non randomisés...) cette étude contribuera au développement de modèles d'exposition personnelle au NO<sub>2</sub> pour les femmes de l'étude INMA. Ces modèles pourraient ensuite permettre l'évaluation d'une relation entre l'exposition in utero à la pollution de l'air et l'apparition d'effets néfastes durant la petite enfance.

### Commentaires et conclusion du lecteur

Cette étude est intéressante car elle est l'une des rares à s'être intéressée à l'exposition personnelle au NO<sub>2</sub> des femmes enceintes, une population sensible aux effets de la pollution de l'air. Les résultats (concentrations extérieures, intérieures et personnelles) sont cohérents avec ceux d'autres études.

Toutefois, même si les concentrations intérieures et extérieures en NO<sub>2</sub> ont été mesurées pour les 108 femmes enceintes incluses dans l'étude, il est vraiment dommage que l'exposition personnelle de plus de 50 d'entre elles n'ait pu être suivie, faute de moyens financiers.

Les campagnes de mesure du NO<sub>2</sub> n'ayant pas été conduites simultanément, durant les mêmes périodes, pour les deux co-

hortes, les échantillons ne sont pas randomisés, il est donc délicat d'en comparer les résultats, en particulier ceux concernant les concentrations extérieures en NO<sub>2</sub> et ceux concernant l'utilisation du chauffage.

On peut regretter l'absence d'informations, notamment sur le fœtus, l'état de santé de la mère, le déroulement de la grossesse puis, ultérieurement, sur l'état de santé du nouveau né à sa naissance.

<sup>5</sup>The Spanish Environment and Childhood Research Network

<sup>6</sup>Chao C.Y.H. LA. A study of personal exposure to nitrogen dioxide using passive samplers. *Building and Environment*. 2000;35(6):545-53; Simoni M., et al. Indoor exposures and acute respiratory effects in two general population samples from a rural and an urban area in Italy. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*. 2004 Apr;14:5144-552.

Source : Natalia Valero, Inmaculada Aguilera,, Sabrina Llop, Ana Esplugues, Audrey de Nazelle, Ferran Ballester, Jordi Sunyer (2009). Concentrations and determinants of outdoor, indoor and personal nitrogen dioxide in pregnant women from two Spanish birth cohorts. *Environment International* (35) 1196-1201.

Article analysé par : Gaëlle Guillossou, Service des Études Médicales d'EDF. [gaelle.guillossou@edf.fr](mailto:gaelle.guillossou@edf.fr)



## Expologie - évaluation des risques

### Exposition au bisphénol-A, triclosan et tetrabromobisphénol-A par ingestion de poussières intérieures en Belgique

Le bisphénol A (BPA\*), le triclosan (TCS\*) et le tetrabromobisphénol A (TBBPA\*) sont des composés organiques phénoliques. Le BPA est surtout utilisé pour la production de polycarbonate et de résines époxy, présents dans de nombreux produits de construction et de consommation (emballages alimentaires, équipement ménager...). C'est aussi un précurseur du TBBPA. Le TCS est un antimicrobien à large spectre surtout utilisé dans les cosmétiques. Le TBBPA est principalement utilisé comme retardateur de flamme dans les polycarbonates, les résines époxy et phénoliques. Du fait de ces usages très répandus, on les retrouve dans l'urine, le sérum et le lait de la majorité des populations, témoignant ainsi d'une exposition généralisée. Ils ont déjà été détectés dans les aliments, l'air et les poussières mais la contribution relative de ces différents vecteurs d'exposition n'est pas établie. L'objectif de ce travail est d'évaluer l'exposition (enfants et adultes) à ces composés par ingestion de poussière, par leur mesure dans un échantillon de poussières en Belgique.

Les échantillons (n = 20) ont été collectés dans 18 maisons et 2 bureaux (Flandres, Belgique, printemps 2008). Les poussières ont été prélevées dans plusieurs pièces de chaque maison par un aspirateur équipé d'un bas en nylon afin d'éviter un contact des poussières avec le tube d'aspiration. Les échantillons ont été tamisés à 500 µm et homogénéisés. L'analyse a été réalisée par chromatographie liquide et spectrométrie de masse en tandem après extraction solide-liquide. Les expositions par ingestion de poussière ont

été estimées en considérant une ingestion de poussière de 20 (médiane) à 50 mg/j pour les adultes et 50 (médiane) à 200 mg/j pour les enfants. L'ingestion médiane a été multipliée par la médiane des concentrations pour obtenir l'exposition médiane, tandis que l'estimation haute multipliée par le percentile 95 des concentrations a permis d'estimer l'exposition haute.

Les trois composés ont été détectés dans tous les échantillons. Les concentrations médianes en BPA, TCS et TBBPA étaient respectivement de 1460, 220 et 10 ng/g de poussière. Après exclusion des points déviants aucune corrélation n'a été observée, indiquant des sources d'origines différentes. Les concentrations dans les bureaux sont 5 à 10 fois plus importantes pour BPA et TBBPA et du même ordre de grandeur pour TCS, ce qui est cohérent avec l'origine de ces composés (soins corporels pour TCS, équipement électronique et fournitures de bureau pour BPA). Cependant seuls deux bureaux ont été analysés. Les concentrations mesurées ici sont plus du double de celles mesurées en Allemagne en 2005 et aux États-Unis d'Amérique en 1999-2001. Les concentrations en TCS et TBBPA sont inférieures à celles mesurées ailleurs en Europe et au Japon. La dose journalière d'exposition au BPA par ingestion de poussière est de 29 à 100 ng/j pour un adulte, très inférieure à la dose totale estimée à partir de la littérature. Pour le TCS, elle est de 4 ng/j, sans qu'il n'existe d'estimation de dose totale pour la comparer.

Pour le TBBPA, elle est de 0,2 ng/j, très inférieure aux estimations d'apport alimentaire. Les auteurs concluent à une faible contribution de l'ingestion de poussière à la dose totale (< 5 %, pour la médiane), malgré des concentrations importantes mesurées pour la première fois en Belgique dans les poussières de ces 18 maisons.

### Commentaires et conclusion du lecteur

Cette étude porte en fait, malgré son titre, essentiellement sur le prélèvement et la mesure des concentrations dans les poussières, l'estimation des doses ne venant, dans l'article, qu'en discussion. Cette étude ne peut être considérée que comme exploratoire compte tenu du faible nombre de logements et de bureaux investigués. Elle n'est cependant pas inutile dans la mesure où ces composés ont été relativement peu étudiés dans les poussières. Elle permet de penser que ce média d'exposition n'est pas prépondérant pour ces composés, et que donc d'autres polluants pourraient y être analysés prioritairement.

Il est dommage d'ailleurs que les auteurs ne discutent pas de la possibilité de mesurer simultanément d'autres polluants avec ceux considérés ici. Un autre point important qui aurait mérité discussion en termes de représentativité de la poussière par rapport à l'exposition est la fraction granulométrique (diamètre de tamisage) analysée. L'influence possible des conditions de stockage et de tamisage sur les concentrations n'est pas non plus abordée.

Source : Geens T, Roosens L, Neels H, Covaci A. Assessment of human exposure to Bisphenol-A, Triclosan and Tetrabromobisphenol-A through indoor dust intake in Belgium. *Chemosphere* 2009 Aug;76(6):755-60.

Article analysé par : Philippe Glorennec, École des Hautes Études en Santé Publique  
[Philippe.Glorennec@ehesp.fr](mailto:Philippe.Glorennec@ehesp.fr)



## Exposition humaine aux polybromodiphényléthers, résultats d'analyse de repas dupliqués, de l'air intérieur, des poussières de maison et des prélèvements sanguins en Allemagne

L'étude porte sur 50 adultes en bonne santé de 14 à 60 ans (23 hommes et 27 femmes) vivant dans la région de Munich (banlieue et zone rurale) et non exposés professionnellement aux PBDE. Les repas dupliqués (avec boissons) furent collectés entre avril et octobre 2005, pendant 7 jours consécutifs pour chaque participant. Un prélèvement de sang était réalisé dans le même temps. L'air intérieur (salon) des 34 résidences était prélevé pendant 24 h (débit : 4 m<sup>3</sup>/h). Un sac d'aspirateur était recueilli, son contenu homogénéisé et filtré à 2 mm. Un modèle simple de toxicocinétique est utilisé pour estimer à partir des concentrations environnementales, l'absorption et la concentration sérique des congénères BDE 47, 99, 100, 153, 154, 183. Les analyses statistiques sont réalisées à l'aide des logiciels STAT9.1 et SPS13.0. Aux résultats analytiques inférieurs à la limite de quantification analytique (LQA), on assigne une valeur égale à la moitié de la LQA. L'exposition alimentaire est égale à la médiane des 7 résultats d'analyses des repas dupliqués. Les doses d'exposition non alimentaires sont estimées en considérant un débit respiratoire de 13,3 m<sup>3</sup>/j et une ingestion de poussière de 50 mg/j. Le poids corporel de chaque participant est renseigné.

Dans les 350 repas analysés, la fréquence de détection des PBDE est respectivement pour les BDE 47, 99, 100, 153, 154 et 183 de 54 %, 99 %, 47 %, 13 %, 9 % et 76 %. L'exposition médiane alimentaire est plus forte chez les hommes que chez les femmes pour BDE 100 (p = 0,023) et BDE 183 (p = 0,003). Les concentrations sériques varient selon les congénères de 2,7 à 0,75 ng/g<sub>lipides</sub>. Il n'y a pas de différences homme-femme. Les concentrations sanguines sont plus élevées chez les jeunes (14-29). Aucune corrélation significative entre les apports alimentaires et les concentrations sériques n'a été retrouvée. Dans l'air, trois congénères supplémentaires sont détectés (BDE 28, 66, 209).

Tableau 1 : Résultats des mesures d'exposition aux PBDE extrait de plusieurs tableaux de l'article.

		BDE 47	BDE 99	BDE 100	BDE 153	BDE 154	BDE 183	BDE 209
Exposition alimentaire (ng/kg <sub>grc</sub> )	médiane H	0,15	0,18	0,06	0,05	0,05	0,27	nd
	médiane F	0,15	0,25	0,09	0,05	0,05	0,81	nd
Sang (ng/g <sub>lipides</sub> )	Mesurée	1,81	0,75	0,58	2,70	< lqa	< lqa	< lqa
	Prédit	1,05	2,1	0,7	1,36	< lqa	< lqa	< lqa
Air (pg/m <sup>3</sup> )	médiane	9,39	2,65	0,54	0,27	0,2	0,44	9,5
Poussières (ng/g)	médiane	9,08	12,5	2,49	2,69	1,62	4,26	312
Doses, scénario moyen (pg/kg <sub>grc</sub> )	Air intérieur	9,7	1,8	0,5	0,4	0,1	0,5	12
	Air extérieur	0,3	0,1	0,03	0,2	0,01	0,8	0,6
	Poussières	46,9	81,9	13,6	9,4	5,1	18,4	520
	Alimentation	340	501	169	140	140	1367	nc

nd : non détecté, nc : non calculable ; < lqa : inférieur à la limite de quantification analytique.

La somme des congénères dans l'air s'étend de 8,24 à 477 pg/m<sup>3</sup> (max. : BDE 209 = 438 pg/m<sup>3</sup>). Dans les poussières, le BDE 209 (de 30 à 1460 ng/g) domine largement les autres avec 90 % de la médiane totale. Après transformation log normale des valeurs, on observe une corrélation significative entre concentrations dans l'air et dans les poussières pour les BDE 28, 47, 99 et 100. Les doses d'expositions calculées par média montrent que les apports alimentaires représentent 97 % de l'exposition totale. Dans le scénario d'exposition maximale (valeur maximale de chaque média) l'exposition respiratoire devient plus importante pour le BDE 47 (14 %).

Les expositions en Allemagne sont comparables aux autres pays européens mais inférieures à celles des USA. De plus fortes expositions chez les jeunes adultes sont également observées dans l'étude américaine NHANES. De nombreuses autres comparaisons aux données internationales sont présentées et semblent cohérentes avec le fait que les tonnages utilisés sont plus importants aux USA qu'ailleurs. Comparées à des études antérieures les concentrations de PBDE sont relativement stables depuis les années 2000 en Allemagne. En contradiction avec les résultats allemands, les études ayant trouvé des corrélations significatives entre PBDE sériques et alimentaires concernent des populations fortement consommatrices de poissons des mers du Nord. La part prépondérante de l'alimentation dans l'exposition totale est également retrouvée en Angleterre. Comparées au LOAEL\* de 60 µg/kg (BDE 99) pour une altération du comportement, l'exposition totale moyenne et maximale (respectivement 1,2 ng/kg et 2,5 ng/kg) laisse une marge d'exposition de 50 000 et 23 000.

### Commentaires et conclusion du lecteur

Clairement exposés les matériels et méthodes utilisées dans cette étude sont de bonne qualité et cohérents avec l'objectif. Le faible nombre de sujets inclus limite la validité externe des résultats (extrapolation à la population allemande ?). Cette faiblesse est partiellement compensée par la cohérence des résultats avec ceux d'autres études européennes ou occidentaux sauf avec les USA. Les résultats de cette étude sont également comparables aux données utilisées pour la hiérarchisation des polluants d'intérêt sanitaire lors de la campagne nationale de l'Observatoire de la Qualité de l'air intérieur [Mosqueron, 2004]. Dans une étude australienne, publiée ce trimestre, les auteurs trouvent une corrélation entre les concentrations dans l'air et dans le lait maternel pour le BDE99 [Toms, 2009]. Ils indiquent également que plus le nombre de substitution est élevé plus les concentrations dans les poussières augmentent. Exception faite des USA (article publié ce trimestre [Johnson-Restrepo, 2009]) où les poussières contribuent majoritairement à l'exposition totale (50-70 %), les expositions dans les autres pays occidentaux sont largement dominées par les apports alimentaires.

L'explication de cette présence inattendue (les PBDE ne sont pas utilisés dans l'agroalimentaire) reste encore à fournir.

## Articles cités :

Johnson-Restrepo B., Kannan K. An assessment of sources and pathways of human exposure to polybrominated diphenyl ethers in the United States. *Chemosphère*, 2009 ; 76 :542-548.

Toms L-M., Hearn L., Kennedy K., Harden F., Bartkow M., Temme C., Mueller J. F. Concentrations of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in matched samples of human milk, dust and indoor air. *Environment international*, 2009 ; 35 :864-869.

Mosqueron L., Nedellec V. Mise à jour de la hiérarchisation sanitaire des paramètres d'intérêt de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur : Application aux esters de phtalate, Paraffines chlorées à chaîne courte, organo-étains, alkyl phénols et retardateurs de flamme bromés. Rapport de l'Observatoire de la Qualité de l'air Intérieur n° CSTB/DDD/SB-2004- 03, 2004.

indoor air quality. *Environment International*. 35 (8): 1136-1141.

Buters, Oeder et al. (2009) - Toxic and inflammatory effects of particulate matter PM10 sampled during teaching hours in elementary school classrooms. 46th Congress of the European Societies of Toxicology. *Toxicology Letters*, 189, Supplement 1, S35.

Source : Fromme H., Körner W., Shahin N., Wanner A., Albrecht M., Boehmer S., Parlar H., Mayer R., Liebl B., Bolte G. Human exposure to polybrominated diphenyl ethers (PBDE), as evidenced by data from a duplicate diet study, indoor air, house dust, and biomonitoring in Germany. *Environment International*, 35 ; 2009 :1125-1135.

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

## Autres articles d'intérêt sur la thématique EXPOLOGIE / ÉVALUATION DES RISQUES :

Adams, Riggs et al. (2009) - Development of a method for personal, spatiotemporal exposure assessment. *Journal of Environmental Monitoring*. 11 (7): 1331-1339.

Thiriart, Paulus et al. (2009) - Exposure to inhaled THM: Comparison of continuous and event-specific exposure assessment for epidemiologic purposes. *Environment International*. 35 (7): 1086-1089.

Gerharz, Krüger et al. (2009) - Applying indoor and outdoor modeling techniques to estimate individual exposure to PM2.5 from personal GPS profiles and diaries: A pilot study. *Science of The Total Environment*. 407 (18): 5184-5193.

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

Salthammer and Bahadir (2009) - Occurrence, Dynamics and Reactions of Organic Pollutants in the Indoor Environment. *CLEAN - Soil, Air, Water*. 37 (6): 417-435.

Byrne and Kasper (2009) - Chapter 3 Airborne Contamination Inside Dwellings. *Radioactivity in the Environment*. Volume 15 55-75.

El-Fadel and Abi-Esber (2009) - In-vehicle Exposure to Carbon Monoxide Emissions from Vehicular Exhaust: A Critical Review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 39 (8): 585-621.

Édito : de Blay (2009) - Les pathologies respiratoires de l'environnement intérieur. *Revue Française d'Allergologie*. 49 (5): 401-402.

Sheldon and Huba (2009) - Exposure as Part of a Systems Approach for Assessing Risk. *Environmental Health Perspectives*. 117 (8): 1181-1184.

Sly, Eskenazi et al. (2009) - Ethical Issues in Measuring Biomarkers in Children's Environmental Health. *Environmental Health Perspectives*. 117 (8): 1185-1190.

Bennett (2009) - Strategies and technologies: Controlling indoor air quality. *Filtration & Separation*. 46 (4): 14 -17.

Paz (2009) - Photocatalytic Treatment of Air: From Basic Aspects to Reactors. *Advances in Chemical Engineering*. Volume 36 289-336.

Rahman and Tracy (2009) - Radon control systems in existing and new construction: a review. *Radiation Protection Dosimetry*. 135 (4): 243-255.

## Informations diverses

### Comptes-rendus de congrès

**Conférence Healthy Buildings 2009, 13-17 septembre 2009**  
Compte-rendu rédigé par Claire Delahaye et Luc Mosqueron, Veolia Environnement Recherche et Innovation, Pôle Évaluation et Veille Sanitaire, Rueil-Malmaison.

La 9<sup>ème</sup> édition de la conférence Healthy Buildings s'est déroulée à Syracuse (USA) ; elle a réuni près de 850 congressistes en provenance de 43 pays, avec une forte participation américaine (environ 50 %), et des délégations scandinaves et asiatiques importantes. Une vingtaine de représentants français était présente, principalement des institutionnels (AFSSET\*, INERIS\*) et des universitaires (LEPTIAB de la Rochelle, Écoles des Mines de Nantes et Douai). Veolia était le seul représentant industriel français aux côtés d'EDF. 366 communications orales et 154 posters ont été présentés durant les séances plénières (4), les séances parallèles (49) et les forums (11).

Les principales thématiques abordées ont été :

- Qualité Environnementale des Bâtiments (Indoor Environment Quality ou IEQ) ;
- Confort thermique et systèmes de ventilation ; Modélisation – simulation (et notamment approche CFD = Computational Fluid Dynamics ou Mécanique des Fluides Numérique) ;

- Caractérisation de la QAI dans les micro-environnements intérieurs avec deux axes principaux : a) exposition et mesure de la qualité de l'air intérieur (QAI) et b) émissions chimiques des matériaux.

**Qualité Environnementale des Bâtiments / Bâtiments « Durables »** : cet axe constituait une thématique majeure avec 6 sessions dédiées. Si les sujets abordés étaient très diversifiés (performances énergétiques, indicateurs de performance environnementale des bâtiments, performances humaines et productivité...), on retiendra que bon nombre des travaux présentés reposent sur un schéma d'étude identique visant à comparer un ou plusieurs bâtiments « durables » et des bâtiments « conventionnels ».

Système d'évaluation ou indicateurs de performance environnementale : une session consacrée à cet axe a permis de confronter les outils de certification utilisés notamment au Japon (CASBEE), en Amérique du Nord (LEED aux États-Unis et Canada) ou en Grande-Bretagne (BREEAM). Une communication a montré comment les systèmes nord-américain et britannique intégraient la qualité de l'environnement intérieur dans leur classification ; le « crédit » IEQ intégré dans le système BREEAM est plus grand que celui accordé dans le système LEED (qui ne prend pas en compte par exemple les problèmes acoustiques), ce qui rend difficile une comparaison directe des performances évaluées selon les deux systèmes. Une autre présentation de la Commission LEED<sup>7</sup> justement rapporte qu'il existe aujourd'hui dans le système américain différents modèles de certification correspondant à plusieurs types de bâtiments (écoles, bureaux...). La commission américaine travaille actuellement sur une harmonisation de ces approches. Il est rappelé en conclusion que « Bâtiment vert » ne signifie pas « Bâtiment sain ».

QAI et performances humaines (productivité) : après qu'aient été présentés en séance plénière les guides du REHVA<sup>8</sup> (association européenne de professionnels du domaine de l'ingénierie des bâtiments –chauffage, ventilation, air conditionné) et la publication récente (juin 2009) par l'US Department of Health & Human Services d'un plan d'action «Maisons Saines»<sup>9</sup>, plusieurs communications orales ont présenté des travaux, majoritairement réalisés dans les pays asiatiques, ciblés sur la relation entre qualité de l'environnement intérieur (dans les bureaux principalement) et les niveaux de performance des occupants (deux sessions parallèles dédiées). La qualité et le contenu de ces présentations étaient assez hétérogènes. Il ressort globalement que les indicateurs de performance présentés ne semblent pas pouvoir faire l'objet d'une application directe ou être intégrés dans un outil opérationnel.

<sup>7</sup>La commission LEED s'appuie notamment sur les guidelines et outils de l'ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers).

<sup>8</sup>Guide Book 6 (2006) « IAQ & Performance (Indoor Climate and Productivity in Offices – How to integrate productivity in life-cycle cost analysis of building services ».

<sup>9</sup>Surgeons General's Call to Action to Promote Healthy Homes (<http://www.surgeongeneral.gov/topics/healthyhomes/index.html>).

En effet, les indicateurs de performance présentés restent des outils du domaine de la recherche (mesures d'indicateurs biologiques ou physiologiques par exemple), des indicateurs assez peu robustes ou difficiles à mesurer (mesures du nombre de clics de souris effectués par exemple !) ou des estimateurs très subjectifs (sensation de fatigue...). Ils constituent toutefois des éléments de communication ou de sensibilisation.

**Confort thermique et systèmes de ventilation** : un nombre important de présentations abordait les questions de stratégies mises en œuvre, mesures, ventilation naturelle, ventilation hybride...

Parmi les présentations sur le confort thermique, une approche originale nommée « Cool Biz » développée par une équipe japonaise et consistant notamment à maintenir une température de 28 °C dans les bureaux et fournir aux occupants des vêtements légers, indique que ces conditions semblent améliorer le niveau de satisfaction thermique des sujets, ce qui conduit à une amélioration des performances et une diminution de la sensation de fatigue.

Concernant les techniques de traitement de l'air, les travaux présentés au cours de deux sessions « filtration et épurateurs » et une session « bioaérosols » étaient axés principalement sur : l'évaluation de techniques de traitement d'air (ouverts/fermés) en laboratoire, avec en particulier l'évaluation de la filtration classique (efficacité, relargage de particules, microorganismes et émissions d'odeur) et sa comparaison à la filtration combinée (filtre classique et charbon actif). Au cours d'un forum, les principaux challenges qu'il reste à investiguer ont été soulignés. On peut citer notamment le traitement de la pollution multiple, la formation de sous-produits, l'évaluation des performances à long terme des techniques utilisées (efficacité et perte de charge) ainsi que l'harmonisation des outils d'évaluation et de labellisation.

Ventilation et QAI dans les écoles : cette thématique a été traitée à la fois au cours des sessions concernant la ventilation et à la fois au cours d'une session et d'un forum spécifiques aux écoles. Les études consistent en général à la caractérisation de la qualité environnementale des écoles par des mesures sur site. L'influence de la conception, en particulier de l'isolation (simple vitrage, double vitrage, type de d'encadrement de fenêtre) et du type de ventilation (naturelle, mécanique et hybride) est évaluée par des mesures sur site. Une étude, menée par l'institut allemand pour l'efficacité énergétique du bâtiment et le climat intérieur, a combiné l'approche des mesures sur site à la modélisation pour évaluer l'impact de l'installation d'une ventilation hybride combinée à un système automatique d'ouverture de fenêtres et développer une stratégie de contrôle.

Un outil simplifié et rapide d'évaluation de la performance énergétique et de la QAI des écoles (ABCD tool) a aussi été présenté par le bureau d'étude Néerlandais BBA. Accessible en ligne ([http://www.binnenmilieu.nl/abcd\\_en/](http://www.binnenmilieu.nl/abcd_en/)), cet outil fournit un score final



ressemblant au score énergétique défini pour les appareils électriques et électroménagers.

### Caractérisation des micro-environnements intérieurs

Qualité de l'Air Intérieur (QAI) : 8 sessions ont été consacrées à cette thématique, avec une majorité de présentations sur les COV (25) et dans une moindre mesure sur les particules (6). Deux présentations de l'US-EPA ont décrit les initiatives de l'agence américaine dans le domaine (Label de QAI pour les maisons neuves et Construction d'une base de données sur les concentrations en COV généralement rencontrées dans les milieux intérieurs).

A noter que dans les études comparant des bâtiments « verts » et des bâtiments « conventionnels », il reste globalement assez difficile de mettre en évidence une différence nette entre les deux types de bâtiments vis-à-vis de la QAI (notamment concernant la pollution par les moisissures et le Sick Building Syndrom).

Si l'habitat et les bureaux restent les deux lieux de vie les plus étudiés, on notera qu'une dizaine de travaux, quasiment tous réalisés en Europe, étaient ciblées sur les hôpitaux (étude finlandaise sur le management de cycle de vie des hôpitaux ; étude portugaise sur l'efficacité des filtres vis-à-vis de l'aérobiocontamination dans des salles propres, deux études italiennes, l'une sur la pollution par les gaz anesthésiants halogénés, l'autre sur un programme de suivi ou contrôle infectieux par monitoring de la pollution particulaire dans une unité de nutrition parentérale ; étude suédoise sur la relation entre transmission d'agents infectieux résistants et systèmes de ventilation, étude anglaise sur une modélisation de la contamination en bioaérosols et une étude japonaise sur le recours à un système d'air conditionné personnalisé).

Au cours d'une séance plénière consacrée aux Politiques et stratégies européennes en matière de QAI (Eduardo de Oliveira Fernandes, Université de Porto), ont été rappelés :

- les guidelines de l'OMS (une présentation spécifique a ensuite été faite par l'OMS axée principalement sur la publication durant l'été 2009 du dernier guide « Air intérieur » sur les risques biologiques qui conclut principalement que la priorité demeure le risque lié aux moisissures)
- les activités du ECA JRC (Ispra)
- le projet INDEX
- les Directives de la Commission Européenne (CPD 89/106/EEC ; EPBD 2002/91 EC ; GPSD 2001/95/EC)
- l'action 12 du programme SCALE
- le projet ENVIE (2004-2008) (<http://www.envie.iaq.eu>) : il est rappelé que l'outil de mesure mis en avant dans ce projet pour évaluer les impacts de la QAI est l'approche DALY. Par ailleurs, un «IAQ Green Paper» devrait prochainement être publié.

Émissions des matériaux : plusieurs sessions ont été consac-

rées aux émissions de composés chimiques par les matériaux et principalement : émissions de formaldéhyde (et COV) à partir des panneaux de particules orientés (OSB)<sup>10</sup>, comparaisons inter laboratoires des méthodes et tests de mesures, COSV (composés organiques semi volatils)... La conclusion essentielle est que les tests utilisés aujourd'hui présentent parfois suffisamment de différences pour empêcher toute comparaison directe des résultats obtenus (mesures sur des cibles différentes, à des périodes de temps différentes...). Concernant les émissions de COV à partir des matériaux, des présentations européennes et nord-américaines ont montré que les procédures de tests appliquées de part et d'autre de l'Atlantique ne sont pas totalement comparables. Concernant l'Europe, une présentation détaillée du programme BUMA, financé par la DG Sanco, a rappelé qu'aujourd'hui près de 400 matériaux et 400 substances avaient été testées par le centre JRC à Ispra (données disponibles sur le site internet du BUMA<sup>11</sup>). Dans l'approche européenne, les composés cibles prioritaires sont les composés pour lesquels 1) il existe des « valeurs limites » sanitaires ou de confort, 2) les niveaux usuels rapportés dans les environnements intérieurs se rapprochent le plus des valeurs limites et 3) des matériaux sont suspectés d'être de forts émetteurs. Selon l'approche du BUMA, il convient ainsi de mesurer a minima le formaldéhyde et les COV totaux. Cette thématique a également donné lieu à un forum de discussion suite à de nombreuses présentations sur les différents Labels américains et européens : une harmonisation des procédures US et européennes s'impose notamment sur la durée des essais et sur les composés recherchés. Les points qui semblent les plus faciles à accorder concernent la taille de la chambre d'émission et les niveaux de ventilation ; les points durs concernent la fixation des concentrations limites pour les COV individuellement et pour les COVt. Enfin, un des challenges qui demeure est de mieux connaître les mécanismes à l'origine des émissions des matériaux.

A souligner que les effets sanitaires liés à la QAI n'ont été que peu abordés (une session seulement). Lors d'une session plénière consacrée à «Expositions et pathologies modernes», Carl-Kustav Bornehad (Danemark) a présenté deux projets épidémiologiques réalisés dans les pays scandinaves axés sur la relation entre exposition intérieure et impacts chez les enfants : l'étude «Dampness in Buildings and Health» (DBH) (2000-2010), étude multicentrique (6 pays) articulée en 4 volets<sup>12</sup> et ciblée principalement sur moisissures et asthme/maladies allergiques chez les enfants, et l'étude «Indoor Environment and Children's Health» (IECH) (plusieurs communications orales ont présenté plus en détail ces projets). Les 1<sup>ers</sup> éléments d'information indiquent que les études longitudinales montrent une tendance à une diminution des risques sanitaires liés à une exposition aux mois-

<sup>10</sup>Panneaux composés de copeaux de bois encollés avec de la cire et de la résine (95 % de bois et 5 % de cire et de résine).

<sup>11</sup>BUMA : Prioritization of Building Materials as indoor pollution sources. <http://www.enman.uowm.gr/bumaproject/>

<sup>12</sup>1) Enquête de prévalence, 2) Etude Cas-Témoins 3) Etude de cohorte 4) Etudes d'exposition contrôlée.

sure. Concernant les risques biologiques, le risque principal est une exacerbation de l'asthme chez les enfants.

Concernant les risques chimiques, diverses substances issues notamment de l'industrie pétrolière ont des structures similaires aux hormones et sont suspectées d'agir comme des perturbateurs endocriniens (phtalates, Bisphénol A, éther de glycol...). L'exposition intérieure aux éthers de glycol est d'ailleurs peut-être trop rarement prise en compte dans les études. Il rappelle également que les fenêtres d'exposition jouent un rôle essentiel en termes de risque et qu'une exposition précoce dans la vie (durant la grossesse et les premiers mois de la vie) joue un rôle important sur la survenue de troubles se déclarant à distance de l'exposition, parfois même durant la vie adulte. Si les troubles respiratoires restent la cible d'étude privilégiée, la relation entre QAI et d'autres types de pathologies commence à être de plus en plus fréquemment investiguée (autisme ? diabète ? obésité ?). Il est conclu que les maladies ou troubles observés reposent le plus souvent sur des phénomènes inflammatoires.

### Annonces des prochains congrès :

- **Clima 2010** : 10<sup>th</sup> REHVA World Congress ("Sustainable Energy Use in Buildings"), 9-12 mai Antalya (Turquie)
- **IAQVEC 2010**, 7<sup>th</sup> International Conference on Indoor Air Quality, Ventilation & Energy Conservation in Buildings, 15-18 Aout, Syracuse (USA)
- **Indoor Air 2011**, 5-10 juin 2011, Austin (USA)
- **Healthy Buildings 2012**, 10th International Conference 8-12 juillet 2012, Brisbane (Australie)

## Normatif et Législatif

### Le Grenelle II au Sénat

Le 8 octobre 2009, le Sénat a adopté le projet de loi dit Grenelle II, avec les seules voix de la majorité. L'opposition a voté contre, estimant que les mesures sont globalement trop timides.

Concernant la qualité de l'air intérieur, la surveillance et la mesure de certains polluants deviendraient obligatoires dans certains établissements publics déterminés par décret. Un nouvel article prévoit la mise en place d'un cadre de certification et d'agrément pour les éco-matériaux.

[http://www.developpement-durable.gouv.fr/artide.php3?id\\_article=6047](http://www.developpement-durable.gouv.fr/artide.php3?id_article=6047)

La petite loi et le dossier législatif sont disponibles en ligne sur le site Internet du Sénat

<http://www.senat.fr/dossierleg/pjl08-155.html>

## Publications

### Formaldéhyde: le HCSP publie des valeurs d'aide à la gestion

Dans un communiqué du 16 novembre, les ministres de l'environnement et de la santé, ainsi que la secrétaire d'État à l'écologie, ont salué la publication de l'avis du Haut Conseil de santé publique (HCSP) sur les valeurs-repères d'aide à la gestion dans l'air intérieur pour le formaldéhyde.

[http://www.developpement-durable.gouv.fr/article.php3?id\\_article=6306](http://www.developpement-durable.gouv.fr/article.php3?id_article=6306)

### Chauffage à bois : les impacts sur la qualité de l'air

L'influence du chauffage à bois sur la qualité de l'air intérieur et extérieur en milieu rural est confirmée, selon un rapport de l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS) mis en ligne le 21 septembre. Co-financée par l'ADEME\* et le MEEDDM\*, une étude a été conduite par l'INERIS, en partenariat avec le LCME\*, le CSTB\* et le Citepa, dans 6 habitations en milieu rural équipées de dispositifs de chauffage à bois. Concernant l'air intérieur, l'influence du chauffage à bois s'est révélée « mineure » sur les concentrations en dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et monoxyde de carbone (CO), mais « notable » pour les particules fines (PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>10</sub>), et « majeure » pour le benzène et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). En revanche les taux en formaldéhyde n'ont pas été affectés par le chauffage à bois. Une fiche résumé est disponible sur le site de l'INERIS.

[http://www.ineris.fr/index.php?module=doc&action=get\\_doc&id\\_doc\\_object=3981](http://www.ineris.fr/index.php?module=doc&action=get_doc&id_doc_object=3981)

### Les pressings sèchent-ils toujours sur les niveaux de perchlo ?

Même s'il respecte la réglementation, un pressing peut toujours être à l'origine d'importantes concentrations de perchloroéthylène (ou tétrachloroéthylène) néfastes pour la santé des riverains, et dépasser les niveaux jugés admissibles par l'Organisation mondiale de la santé pour une exposition continue du public, conclut une étude de l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS) publiée le 2 octobre.

«Les conditions d'exploitation du pressing et la configuration du point de rejet de la VMC\* semblent jouer un rôle important sur les niveaux de concentration mesurés dans l'atmosphère», relève l'INERIS.

Ainsi, la machine du pressing de la campagne 2008 réalise plus de cycles quotidiens que celle de la campagne 2007, est plus vieille (10 ans d'ancienneté en 2008 contre 1 en 2007) et le point de rejet de la VMC donne au rez-de-chaussée de la cour intérieure de l'immeuble du premier pressing, alors que celui de la campagne 2007 était situé à 3 mètres au-dessus de l'immeuble...

<http://www.journaldelenvironnement.net/fr/document/detail.asp?id=1985&idThema=3&idSousThema=14&type=JDE&ctx=259>

### Nouvel outil de mesure des COV émis dans l'air intérieur

L'AFSSET\* a publié jeudi 29 octobre un nouveau protocole permettant de qualifier les émissions de 165 composés organiques volatils (COV) des matériaux de construction et de décoration et d'identifier les produits « faiblement émissifs ».

Ce protocole vise à encourager l'étiquetage de tels produits de construction, d'ameublement et de décoration relatif à leurs émissions et contenu en polluants volatils, qui sera rendu obligatoire au 1er janvier 2012, en vertu d'une disposition de la loi « Grenelle I » et du Plan national santé environnement 2 (PNSE 2).

L'Allemagne, le Japon et la Suède disposent déjà de dispositifs d'étiquetage. Au Japon, ces mesures ont ainsi permis en 5 ans de supprimer presque totalement (de 30 à 1 %) le nombre de logements dépassant la référence japonaise sur le formaldéhyde, indique l'Afsset dans son communiqué.

«Le niveau requis pour satisfaire aux exigences du protocole est élevé, mais accessible», fait valoir l'AFSSET. Sur 34 produits de construction et de décoration testés, entre un tiers et la moitié ont ainsi satisfait à ses exigences.

Ce protocole qui met à jour une version antérieure publiée en 2006, sera lui-même ultérieurement élargi aux produits d'ameublement et de consommation (produits d'entretien, désodorisants, encens...).

<http://www.afsset.fr/index.php?pageid=714&parentid=424>

### Évaluation des risques sanitaires liés aux composés de traitement du bois

L'INVS\* et l'AFSSET publient un rapport d'expertise collective intitulé Groupe scolaire des Bourdenières de la commune de Chenôve (21300) - Évaluation des risques sanitaires.

Ce rapport est le fruit du travail réalisé par le Comité Scientifique et Technique chargé, à la demande de la DGS\* en octobre 2007 d'apporter une expertise sanitaire sur le dossier de l'exposition à des produits de traitement du bois, des usagers de l'école des Bourdenières à Chenove

<http://www.afsset.fr/index.php?pageid=452&newsid=503&MLCODE=news>

[http://www.invs.sante.fr/publications/2009/risques\\_sanitaires\\_composes\\_bois\\_eqrs/index.html](http://www.invs.sante.fr/publications/2009/risques_sanitaires_composes_bois_eqrs/index.html)

### Pour une bonne qualité de l'air chez soi

Une brochure de sensibilisation à la qualité de l'air intérieur vient de paraître. Réalisée par l'APPA\*, l'UNAF\* et GDF-SUEZ, elle traite des enjeux de la qualité de l'air intérieur pour informer et apporter des conseils pratiques aux particuliers. Découvrir cette brochure :

[http://www.appanpc2.fr/Newsletter/News\\_45/Brochure\\_QAI.pdf](http://www.appanpc2.fr/Newsletter/News_45/Brochure_QAI.pdf)

### La fusion AFSSA-AFSSET devrait être effective en juillet 2010

La nouvelle entité issue de la fusion entre l'AFSSA\* et l'AFSSET devrait être créée par ordonnance d'ici le 21 janvier 2010 pour être opérationnelle au 1er juillet après publication du décret d'application. Le projet d'ordonnance, contesté par les syndicats et associations, est actuellement entre les mains du gouvernement, la phase de concertation s'étant achevée le 9 novembre. Après arbitrage, le texte devrait passer au Conseil d'État le 1er décembre afin d'être adopté avant le 21 janvier [...].

Le projet, envisagé depuis un an dans le cadre de la révision générale des politiques publiques (RGPP), a fait l'objet d'une disposition dans la loi portant réforme de l'hôpital publiée le 22 juillet. Celle-ci permet au gouvernement, dans les 6 mois suivant la publication de la loi, de procéder au regroupement des deux agences sanitaires, par voie d'ordonnance.

<http://www.journaldelenvironnement.net/fr/document/detail.asp?id=1891&idThema=5&idSousThema=27&type=JDE&tx=259>

### Attention au formaldéhyde émis par les lits de bébé

Le sommeil des nourrissons pourrait bien ne pas être si réparateur que ça. Une étude de l'Association santé environnement France (ASEF) montre en effet que tous les lits de bébé, quel que soit leur prix, émettent du formaldéhyde, une substance reconnue cancérigène depuis 2004, présente dans la colle, le vernis ou la peinture. Si les taux émis ne représentent qu'environ un quart de la valeur toxique de référence, l'Asef indique toutefois qu'il ne faut pas sous-estimer le danger (risque), arguant que les nourrissons sont plus sensibles à ce type de pollution que la population moyenne, et que de surcroît, ils restent en moyenne 20 heures par jour dans leur lit. L'étude a été réalisée par le laboratoire d'analyses de contaminations chimiques Tera Environnement, et a porté sur 4 sortes de lit, allant de 50 à 200 euros, en bois massif ou avec des parties en plaquage. Au final, alors que la valeur-guide de qualité d'air intérieur fixée par l'AFSSET est de 10 microgrammes par mètre cube ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), les lits relâchent entre 2,24 et 2,70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

« Notre but n'est pas de faire peur mais de trouver des solutions. Comme la toxicité décroît avec le temps, nous recommandons aux futurs parents d'acheter le lit dès le troisième mois de grossesse et de le laisser à l'extérieur (balcon, jardin...) jusqu'à la naissance », explique l'un des médecins de l'ASEF dans un communiqué. Avec cette étude, l'association espère aussi inciter les industriels à commercialiser des produits moins polluants, et les politiques à rendre obligatoire l'étiquetage des matériaux d'ameublement, une mesure inscrite dans la loi dite Grenelle I et qui prendra effet à partir de 2012.

<http://www.journaldelenvironnement.net/fr/document/detail.asp?id=2034&idThema=3&idSousThema=14&type=JDE&tx=259>

## PNSE II : le groupe de suivi est installé

La ministre de la santé Roselyne Bachelot et la secrétaire d'État à l'écologie Chantal Jouanno ont installé jeudi 22 octobre le groupe de suivi du deuxième Plan national santé-environnement (PNSE II) présidé par la députée Bérange Poletti (UMP, Ardennes).

Ce groupe est chargé de suivre et d'orienter la mise en œuvre du PNSE II aux niveaux national et régional. Il dressera chaque année un bilan de l'avancée du plan et adressera des recommandations au gouvernement.

<http://www.journaldelenvironnement.net/fr/document/detail.asp?id=2044&idThema=5&idSousThema=29&type=JDE&ctx=259>

## Aller au travail peut être dangereux pour la santé

Avec le soutien financier de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET), l'association Airparif a mesuré la qualité de l'air respirée par les automobilistes franciliens durant leur trajet domicile-travail. Concernant le dioxyde d'azote, 7 % des trajets dépassent la valeur guide de l'OMS ajustée par l'AFSSET. Les teneurs moyennes les plus importantes ont été relevées sur des parcours entre la petite couronne et Paris et la grande couronne et Paris, à cause de la densité du trafic des grands axes. Le dioxyde d'azote peut provoquer des effets toxiques au niveau des voies respiratoires.

Airparif a également quantifié le nombre de particules ultrafines (de diamètre inférieur à 1 micromètre). C'est sur les trajets grande couronne-Paris et petite couronne-Paris que les automobilistes en respirent le plus, avec respectivement 88 000 et 91 000 particules par centimètre cube. Si ces données ne sont pas comparables avec les normes de qualité de l'air (car mesurées en concentration massique), elles sont à relier à une précédente étude d'Airparif qui montrait que l'air respiré par les cyclistes parisiens contenait en moyenne 40 000 particules par cm<sup>3</sup>.

L'étude a été réalisée à bord d'un véhicule qui a effectué à plusieurs reprises 88 trajets domicile-travail différents, avec une distance moyenne de 16 km pour une durée de 31 minutes. Elle a également mis en évidence une pollution plus importante dans les tunnels et dans le sillage d'un poids lourd. Un trajet derrière un véhicule équipé d'un filtre à particules a divisé par 4 le nombre de particules dans l'habitacle de l'automobile, mais multiplié par 2 la concentration en dioxyde d'azote.

<http://www.journaldelenvironnement.net/fr/document/detail.asp?id=2073&idThema=3&idSousThema=15&type=JDE&ctx=259>

## Chantal JOUANNO lance un appel à projets pour la création de postes de conseillers en environnement intérieur / habitat-santé

Cet appel à projets est une des douze actions phare du deuxième plan national santé-environnement adopté en conseil des ministres le 24 juin 2009. Un budget d'un million d'euros a été prévu pour cette opération.

[http://www.developpement-durable.gouv.fr/article.php?id\\_article=6556](http://www.developpement-durable.gouv.fr/article.php?id_article=6556)

## Les épurateurs d'air

Dans une interview du 25/11/2009 (journal Actu-Environnement), le Docteur Fabien Squinazi, directeur du Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris, revient sur l'utilisation des épurateurs d'air dans les environnements intérieurs.

Il rappelle que ces appareils ne sont pour l'instant soumis à aucune réglementation en ce qui concerne la mesure des polluants en sortie de l'appareil (ozone, COV dégradés...). En effet, pour les épurateurs d'air qui fonctionnent par « destruction » des polluants, les procédés utilisés tels que le plasma froid, les UV ou la photocatalyse ont une incidence sur la composition de l'air après traitement. Ainsi, les procédés par plasma froids sont générateurs d'ozone et doivent donc avoir un système d'épuration supplémentaire à base de charbon actif. Pour les techniques basées sur les UV\* ou la photocatalyse, la dégradation lors du passage dans l'appareil est rarement complète et d'autres polluants nouvellement formés peuvent alors être émis. Un groupe de travail à l'AFNOR\* est sur le point de sortir une norme technique afin de tester les épurateurs d'air mis sur le marché.

[http://www.actu-environnement.com/ae/news/epurateur\\_air\\_interieur\\_8989.php4](http://www.actu-environnement.com/ae/news/epurateur_air_interieur_8989.php4)

## PANDORE : Une base de données des émissions des polluants des sources intérieures

Une des principales difficultés de la modélisation dynamique de configurations réelles en Qualité de l'Air Intérieur est le manque de données sur les concentrations extérieures en polluants d'une part, et les taux d'émission des sources internes d'autre part. PANDORE (une compilation des émissions des polluants de l'air intérieur) est le nom de la base de données des émissions des polluants de l'air intérieur développée dans le cadre du projet REGENAIR, financé par l'ANR et dont le but est d'étudier, via la modélisation, des systèmes innovants combinant récupération de chaleur et épuration de l'air dans les installations de ventilation / conditionnement d'air. Elle vise à rassembler les données de la littérature concernant les taux d'émission des polluants gazeux (en particulier les Composés Organiques Volatiles) et particulaires générés par les sources rencontrées à l'intérieur des bâtiments.

Une version internet de PANDORE est accessible sur la page du Laboratoire d'Étude des Phénomènes de Transfert et de l'Instantanéité : Agro-industrie et Bâtiment (LEPTIAB) :

<http://leptiab.univ-larochelle.fr/Presentation-PANDORE.html>

Pour en savoir plus : Marc ABADIE, Laboratoire d'étude des phénomènes de transfert et de l'instantanéité : Agro-industrie et bâtiment – LEPTIAB, Université de La Rochelle  
[marc.abadie@univ-lr.fr](mailto:marc.abadie@univ-lr.fr)

## Appels à communication / Congrès

L'APPA et ses partenaires organisent les **4 et 5 février 2010** la sixième édition des « **Journées Interdisciplinaires de la Qualité de l'Air** » (JIQA).

L'objectif de ces journées est de permettre à de jeunes chercheurs de présenter leurs travaux relatifs à la qualité de l'air, dans des domaines aussi différents que la métrologie, les sciences humaines, la bioindication... de façon compréhensible par l'ensemble des participants.

Vous pouvez télécharger l'appel à communication sur le site des JIQA ; soumission avant le 07 novembre

[www.jiqa.fr/doc/Appel\\_com\\_JIQA2010.pdf](http://www.jiqa.fr/doc/Appel_com_JIQA2010.pdf)

**10<sup>ème</sup> Congrès mondial REHVA – CLIMA 2010 - 9 - 12 mai 2010, Antalya, Turkey.**

Les soumissions de participation sont encore possibles :

[www.clima2010.org](http://www.clima2010.org)

<http://www.clima2010.org/announcement.pdf>

## Glossaire

**ADEME** : Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie  
**AFNOR** : Association Française de Normalisation  
**AFSSA** : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments  
**AFSSET** : Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail  
**APPA** : Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique  
**BPA** : Bisphénol A  
**Glossaire**  
**COV** : Composés Organiques Volatils  
**COVT** : Composés Organiques Volatils Totaux  
**CSTB** : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment  
**INERIS** : Institut National pour l'Environnement industriel et des Risques  
**INVS** : Institut de Veille Sanitaire  
**LCME** : Laboratoire de Chimie Moléculaire et Environnement  
**LOAEL** : Lowest Observed Adverse Effect Level  
**MEEDDM** : Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer  
**OR** : Odd Ratio  
**OQAI** : Observatoire de la QAI  
**PBDE** : PolyBromo Diphényle Éthers  
**PM<sub>2,5/10</sub>** : Particules de diamètre aérodynamique médian inférieur à 2,5/10 µm  
**QAI** : Qualité de l'Air Intérieur  
**RSP** : Respirable Suspended Particles  
**SBM** : Syndrome des Bâtiments Malsains  
**SRI** : Soil Radon Index  
**TBBPA** : Tétrabromobisphénol A  
**TCS** : Triclosan  
**UNAF** : Union Nationale des Associations Familiales  
**UV** : Ultra-Violet  
**VMC** : Ventilation Mécanique Contrôlée

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

Directeur de la publication : Vincent Lafèche

Directeur de la rédaction : André Cicoella

Comité de rédaction du N°29 : H. Desqueyrou, F. Dor, G. Guillosoy, J. Larbre, avec la participation de Festy B.

Maquette : Patrick Bodu

Coordination et contact : Juliette Larbre [juliette.larbre@ineris.fr](mailto:juliette.larbre@ineris.fr)  
 INERIS, Parc Technologique ALATA, BP 2, 60550 Verneuil-en-Halatte, France

ISSN 1760-5407

**Le réseau RSEIN**, en relation avec l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur, est constitué de représentants des structures suivantes : Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail, 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 PACA représentant les Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air, Bureau Véritas, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Complexe de Recherche Interprofessionnel en Aérothermochimie, École des Hautes Études en Santé Publique, Faculté de Pharmacie de Marseille, Faculté de Pharmacie de Paris V, Hôpitaux de Marseille, Hôpitaux de Rouen, Hôpitaux de Strasbourg, Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, Institut Technologique Forêt, Cellulose, Bois et Ameublement, Institut de Veille Sanitaire, Laboratoire Central de la Préfecture de Police de Paris, Laboratoire d'Étude des Phénomènes de Transfert et de l'Instantanéité : Agro-industrie et 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, Observatoire Régional de Santé d'Ile-de-France, SEPIA-Santé, Service des Études Médicales de EDF, Université Bordeaux II – Équipe EA 3672 Santé Travail Environnement, Université de Caen, Véolia Environnement, Vincent Nedellec Conseils.

Pour tout abonnement à la version électronique du bulletin, adressez vos coordonnées par email à : [juliette.larbre@ineris.fr](mailto:juliette.larbre@ineris.fr)

ou inscrivez vous à partir du site internet : <http://rsein.ineris.fr/bullinfo/abonnement.html>