

## Edito

### La contamination des logements français au plomb et autres métaux : état des lieux

Le plomb est un polluant historique des bâtiments, puisqu'il a été largement utilisé dès le 18<sup>ème</sup> siècle dans les peintures intérieures. Néanmoins, malgré le constat de risque d'exposition au plomb (CREP) obligatoire lors de toute transaction immobilière impliquant un logement construit avant 1949, il n'existe pas de données centralisées permettant de connaître la contamination des logements français. De façon générale, dans la littérature internationale, en comparaison d'autres polluants, relativement peu d'études se sont intéressées aux métaux dans les environnements intérieurs. Parallèlement, les publications récentes sur la toxicité du plomb sont en faveur d'effets à des niveaux d'exposition très faibles. Le plomb dans les bâtiments demeure donc un enjeu de santé publique, en particulier pour les jeunes enfants.

Dans ce contexte, le projet Plomb-Habitat<sup>(1)</sup> a permis en particulier de déterminer la contamination en plomb des logements français accueillant des enfants âgés de 6 mois à 6 ans. Un sous-groupe d'enfants de l'étude Saturn'Inf<sup>(2)</sup> a participé à une enquête à domicile lors de laquelle des prélèvements de poussières au sol de plusieurs pièces et des parties communes dans l'habitat collectif, d'eau du robinet et de sols extérieurs (aires de jeux des enfants) étaient réalisés. Il a également été réalisé, des mesures de plomb dans les revêtements muraux, les écailles de peintures, voire des sources spécifiques (plats à tajine, cosmétiques, etc...). Outre le plomb, huit autres éléments ont été analysés : arsenic, cadmium, chrome, cuivre, manganèse, antimoine, strontium et vanadium. Pour l'ensemble des éléments étudiés et des matrices analysées, la fraction acido-soluble, considérée assimilable par l'organisme après ingestion, a été déterminée.

484 logements ont été enquêtés entre octobre 2008 et août 2009, représentant 1 834 pièces. Les résultats ont été extrapolés par analyse statistique aux 3,6 millions de logements de France métropolitaine abritant au moins un enfant âgé de 6 mois à 6 ans.

La moyenne géométrique et le percentile 95 des concentrations moyennes (à l'échelle du logement) en plomb total dans

les poussières au sol étaient respectivement égaux à 8,8 et 63  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ . Dans 0,2 % des logements, cette concentration était supérieure à la limite de 430  $\mu\text{g}/\text{m}^2$  fixée aux Etats-Unis pour les sols (U.S. EPA, 2001). Sur les aires de jeux extérieures des enfants, cette concentration était nettement plus élevée : moyenne géométrique égale à 44  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ . Dans l'eau du robinet, la moyenne géométrique des concentrations en plomb était inférieure à 1  $\mu\text{g}/\text{L}$ , tandis que 3 % des logements présentaient une concentration supérieure à 10  $\mu\text{g}/\text{L}$ , valeur limite qui sera en vigueur à compter du 25 décembre 2013 (Directive européenne 98/83). L'analyse des mesures XRF a montré que 19 % des logements possédaient au moins une unité de diagnostic<sup>(3)</sup> dont le revêtement sur support non métallique (céruse notamment) contenait au moins 1  $\text{mg}/\text{cm}^2$  de plomb. Ce pourcentage était égal à 11 % lorsqu'il s'agissait de support métallique (minium). Tandis que la date de 1949 est considérée comme marquant l'interdiction des peintures au plomb en France, les résultats ont montré que de telles peintures existaient de manière résiduelle dans les logements construits jusqu'au début des années 1970.

Concernant les autres éléments étudiés, les médianes des concentrations (fractions totales) dans les poussières intérieures étaient toutes inférieures aux limites de quantification, sauf pour le strontium (10  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ). Des différences de contamination entre zones rurales et urbaines, variables selon les métaux, ont été observées. Ces concentrations étaient du même ordre de grandeur que celles observées dans d'autres pays. Enfin, on peut mentionner que les fractions acido-solubles sont apparues relativement différentes entre métaux (pour les poussières intérieures : voisine de 100 % pour le cadmium et égale à 30 % pour l'antimoine par exemple) et entre les poussières intérieures et les poussières et sols extérieurs (excepté pour le cadmium).

Outre une première photographie de la contamination du parc de logements français en métaux, ces résultats fournissent des éléments utiles aux évaluateurs de risque (concentrations

## Sommaire

Métrologie : p 2 ; Concentrations environnementales et expositions : p5 ; Risque et impact sur la santé : p 7 ;  
Gestion technique : p 11 ; Publication : 13 ; News : p 14; Normalisation / réglementation : p15 ;

*Le présent bulletin rassemble les analyses faites par les experts du réseau RSEIN, de travaux scientifiques récents sélectionnés pour leur intérêt scientifique. Le lecteur est invité à se reporter à la liste de tous les articles recueillis pour l'élaboration de ce numéro disponible sur le site Internet du réseau RSEIN : <http://rsein.ineris.fr>*

*Le lecteur est également invité à consulter le texte intégral de chaque article analysé.*

utilisables par défaut ou pour mise en perspective de mesures, fractions acido-solubles pour estimer les quantités biodisponibles, etc.) et aux gestionnaires de risque en vue de la fixation de valeurs limites de concentration en plomb dans les poussières ou à des fins d'analyses coûts-bénéfices des actions de réduction des expositions.

Ces résultats ont fait l'objet de deux publications<sup>(4)</sup> : Lucas J-P, Le Bot B, Glorennec P, Etchevers A et al. Environmental Research 116 (2012) : 58-65 et Glorennec P, Lucas J-P, Le Bot B, Mandin C. Environment International 45 (2012) : 129-134.

L'exploitation des données se poursuit pour identifier les déterminants de la contamination des poussières domestiques et ceux des plombémies modérées, et examiner dans quelle mesure le CREP est prédictif de la contamination en plomb d'un logement.

**Corinne MANDIN**

Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB)  
Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI)

Financements de l'étude : Ministères en charge du Logement, de la Santé et de l'Écologie, ANSES, fonds propres des partenaires

> Pour plus d'informations, contacter [jean-paul.lucas@cstb.fr](mailto:jean-paul.lucas@cstb.fr) et [philippe.glorennec@ehesp.fr](mailto:philippe.glorennec@ehesp.fr)

(1) Le projet Plomb-Habitat réunit le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), l'École des hautes études en santé publique (EHESP), l'Institut de veille sanitaire (InVS), l'Institut supérieur d'agriculture de Lille (ISA) et l'Hôpital Lariboisière, AP-HP.

(2) Étude de prévalence du saturnisme infantile réalisée en 2008-2009 par l'Institut de veille sanitaire. Résultats disponibles à l'adresse : <http://www.invs.sante.fr/behweb/2010/02/pdf/n2.pdf>

(3) Une unité de diagnostic est définie comme étant un élément de construction ou un ensemble d'éléments de construction étant a priori homogène en termes de type et d'historique de revêtement.

(4) On peut également mentionner deux publications antérieures à celles sur la contamination des logements. La première décrit les méthodes analytiques mises en œuvre dans Plomb-Habitat (Le Bot B, Arcelin C, Briand E, Glorennec P. Sequential digestion for measuring leachable and total lead in the same sample of dust or paint chips by ICP-MS. J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng 46 (2012) : 63-69). La seconde publication concerne l'identification des sources d'exposition au plomb grâce à la détermination des ratios isotopiques de ce dernier dans les matrices environnementales d'une part et dans le sang d'autre part (Oulhote Y, Le Bot, Poupon J, Lucas J-P et al. Identification of sources of lead exposure in French children by lead isotope analysis: a cross-sectional study. Environmental Health 10 (2011)).



## Un nouveau capteur pour déterminer l'exposition personnelle aux composés organiques volatils

Pouvoir manipuler des données avec des résolutions spatiale et temporelle fines représente le rêve de tout chercheur dans le domaine de la pollution atmosphérique, mais également dans celui plus restreint de la qualité de l'air intérieur. L'expologie relative aux composés organiques volatils (COV) dans les environnements

intérieurs repose la plupart du temps sur quelques rares données intégrées, faute de dispositifs de mesures portables fournissant des données avec des pas de temps très courts. Une équipe de chercheurs de l'université de l'état d'Arizona a mis au point un instrument de mesure portable permettant de mesurer toutes les 3 minutes la concentration en COV totaux entre 4 ppb et 1000 ppm.

L'instrument pèse 300 grammes et a les dimensions d'un smartphone. Il communique par Bluetooth® avec une application installée sur un smartphone jusqu'à 180 m de distance. Il fonctionne sur batteries rechargeables avec une autonomie de 10 heures. L'interface utilisateur permet de sélectionner les conditions d'utilisation : environnement industriel, extérieur ou intérieur, et de les coupler avec des coordonnées GPS. Le module de détection prélève l'air en continu selon un cycle de mesure (1 min) puis de purge (2 min) permettant de réaliser une mesure toutes les 3 minutes. Un filtre à particules protège le capteur au niveau de la voie de mesure et un filtre zéro est installé sur la voie de purge permettant de ramener le signal des capteurs à la ligne de base. Un tube de Nafion déshumidifie l'air prélevé et élimine les aldéhydes de l'échantillon. Cela permet de réduire les interférences et d'améliorer la sensibilité de l'instrument.

Le principe de détection est basé sur le changement de la fréquence de résonance de micro-diapasons en cristal de quartz recouverts de polymères à empreintes moléculaires (MIP) spécifiques des hydrocarbures (aliphatiques, aromatiques et chlorés). Un capteur de température intégré permet de moduler le signal des capteurs et ainsi de compenser les fluctuations de température de l'air prélevé. Le résultat est exprimé en hydrocarbures totaux mesurés en ppbC (ppb x nombre de carbones). Le facteur de réponse de l'instrument dépend de l'environnement considéré. C'est le produit des facteurs de réponse de COV individuels avec la fraction volumique de ce composé au sein d'un mélange typique. Pour l'air extérieur, une distribution des COV émis par les gaz d'échappement a été utilisée. Pour les environnements intérieurs, ce sont les résultats de l'étude américaine RIOPA (Relationships of Indoor, Outdoor, and Personal Air) qui ont été pris en compte.

L'instrument doit être étalonné une à deux fois par mois typiquement au moyen d'un gaz étalon (1 ppm de xylènes). Il présente une précision de 4 % de la valeur mesurée pour une substance testée seule et une répétabilité du signal de l'ordre de 3 %. Il n'y a pas d'interférence autre que la présence d'autres hydrocarbures. Par exemple, 42 ppm de cyclohexane représentent 42 ppm d'équivalent xylène.

Les résultats de mesures ont été comparés à des mesures classiques en GC-MS, en SIFT-MS (Selective Ion-Flow Tube – Mass spectrometry), et en PID (détecteur à photoionisation). En dehors du PID qui n'était pas suffisamment sensible, les mesures sont comparables avec une précision de plus de 81 % pour des niveaux autour de 200 ppb et jusqu'à 20 ppmC.

Des mesures en situations réelles ont également été réalisées : dans un garage nouvellement peint, en mesure personnelle en suivant le trafic routier, au cours de l'épisode de marée noire BP de 2010, ou encore lors de l'utilisation d'une lampe à pétrole. Les résultats allaient de quelques centaines de ppbC à quelques milliers de ppbC.

L'instrument de mesure présente une facilité d'utilisation qui permet à des non-spécialistes de s'en servir sans difficulté. Les performances de cet instrument de poche sont comparables voire supérieures aux techniques de mesures classiques. Son association avec des données de géolocalisation en temps réel permet d'aller plus loin dans la résolution spatio-temporelle des mesures et d'améliorer nos connaissances en termes d'exposition des populations aussi bien dans les environnements extérieurs qu'intérieurs.

### Commentaires et conclusion du lecteur

L'article ne détaille pas précisément le capteur utilisé dans l'instrument et apparaît d'ailleurs plus comme une plaquette d'information technique à visée commerciale. Il est nécessaire de se référer aux deux autres articles<sup>1</sup> et <sup>2</sup> de l'équipe pour obtenir plus de détails. Les quelques tests réalisés et les exemples d'application ne suffisent pas à apporter un intérêt scientifique à cet article au regard de leurs précédents articles bien plus riches.

Le titre de l'article est d'ailleurs trompeur car l'instrument ne mesure pas les COV mais plus spécifiquement les hydrocarbures. Les COV oxygénés comme les aldéhydes sont d'ailleurs écartés. Les facteurs de réponse sont basés sur des distributions typiques de COV. Le résultat va alors dépendre de la distribution effective des COV individuels dans le mélange réel. Une variation du signal peut aussi bien représenter une variation de la concentration totale en hydrocarbures qu'un simple changement dans les proportions.

Finalement, l'instrument de mesure développé par cette équipe américaine a la même fonction que des détecteurs à photoionisation (PID) déjà commercialisés, avec comme avantage une meilleure sensibilité au niveau du ppb et une meilleure précision, donc mieux adapté aux mesures environnementales. Pour des applications industrielles, un PID reste compétitif. Il reste encore des progrès à accomplir en termes de sensibilité, car une limite de détection de 4 ppb représente 13 µg/m<sup>3</sup> en benzène équivalent et jusqu'à 28 µg/m<sup>3</sup> en tétrachloroéthylène équivalent, des niveaux qui dépassent ceux habituellement rencontrés dans les environnements intérieurs.

Le développement des applications sur smartphone et notamment le couplage des mesures en temps réel avec des données de géolocalisation est très prometteur pour l'avenir.

**Source** : Chen C, Campbell KD, Negi I, Iglesias RA, Owens P, Tao N, Tsow F, Forzani ES. A new sensor for the assessment of personal exposure to volatile organic compounds, *Atmospheric Environment*, 54(2012), 679-687

**Article analysé par** : Olivier Ramalho, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Direction Santé-Confort, Division Expologie;  
[olivier.ramalho@cstb.fr](mailto:olivier.ramalho@cstb.fr)

<sup>1</sup> : Iglesias RA, Tsow F, Wang R, Forzani ES, Tao N. Hybrid separation and detection device for analysis of benzene, toluene, ethylbenzene and xylenes in complex samples, *Analytical Chemistry*, 81(21), 2009: 8930-8935.

<sup>2</sup> : Negi I, Tsow F, Tanwar K, Wang L, Iglesias RA, Cheng C, Rai A, Forzani E, Tao N. Novel monitor paradigm for real-time exposure assessment, *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 21(4), 419-426.

## Métrologie

### Utilisation de l'HS-PTR-MS pour la mesure en continu d'insecticides pyréthrénoïdes appliqués en milieu confiné

Une méthode très sensible utilisant la réaction de transfert de protons couplée à la spectrométrie de masse (HS-PTR-MS : High-Sensitivity Proton Transfer Reaction Mass Spectrometry) a été utilisée pour étudier l'évolution temporelle des concentrations en pesticides dans des environnements intérieurs. En raison de la très importante variabilité des concentrations pendant les applications domestiques de pesticides, cette technique de mesure en ligne s'est montrée justifiée.

Quatre insecticides de dernière génération communément retrouvés dans les diffuseurs électriques (transfluthrine, empenhrine, tetraméthrine et pralléthrine) ont ainsi été étudiés. Pour cela, une calibration basée sur les fragmentations des molécules protonées a été réalisée à l'aide d'une génération contrôlée de vapeurs de pesticides. Cette méthode a ensuite été appliquée en conditions réelles dans une chambre dont les échanges d'air ont été contrôlés.

Cette étude montre que la mesure « en ligne » à l'aide d'un PTR-MS permet des mesures résolues dans le temps de composés organiques semi-volatils comme les insecticides pyréthrénoïdes.

L'objectif de cette étude est de tenter de montrer que l'analyse en ligne à l'aide d'un système analytique utilisant une réaction de transfert de protons couplée à un spectromètre de masse est une méthode efficace pour mesurer de manière rapide des composés semi-volatils en phase gazeuse dans des atmosphères confinées en comparaison à des méthodes conventionnelles qui fournissent des données moyennées sur des périodes plus ou moins longues.

Le système analytique utilisé provient de chez Ionicon Analytik (Autriche).

Pour calibrer le spectromètre avant son application sur le terrain, un générateur d'atmosphère étalon des pesticides en phase gazeuse à étudier a été utilisé. Il utilise un banc de perméation adapté à partir de celui existant pour les HAPs et pesticides non pyréthrénoïdes et un système de dilution permettant de générer des vapeurs de pesticides à différents débits.

Les pyréthrénoïdes sont détectés en mode scan avec un « dwell time » de 1 sec. La gamme de m/z choisie varie entre 21, correspondant à la masse de l'ion précurseur (H<sub>3</sub><sup>18</sup>O<sup>+</sup>) et utilisé comme ion de référence, et la masse pseudo-moléculaire du composé étudié (MH<sup>+</sup>, par ex M+1).

La calibration a été réalisée du plus dilué au plus concentré des débits de vapeurs de manière à réduire au maximum l'effet mémoire éventuel.

Avec cette méthode, il a été possible de détecter les molécules de pyréthrénoïdes transfluthrine, empenhrine et pralléthrine mais la tétraméthrine n'as pu être identifiée probablement du

fait de sa très faible pression de vapeur ne permettant donc pas de générer des concentrations élevées en phase gazeuse à la pression atmosphérique.

La technique d'ionisation par transfert de protons est une méthode d'ionisation douce ne générant pas ou une très faible fragmentation des molécules protonées. Néanmoins, pour les insecticides étudiés, plusieurs fragmentations de la molécule protonée ont été observées. De plus, le signal  $MH^+$  n'est pas le plus intense contrairement à ce qui est généralement observé en HS-PTR-MS. La calibration est donc réalisée sur la somme des  $m/z$  de chaque molécule. Cependant, ceci peut poser des problèmes lors de l'analyse de solutions commerciales ou de mélanges de pyréthrénoïdes car ces derniers contiennent des  $m/z$  identiques. Ainsi, la calibration est réalisée sur des ions  $m/z$  spécifiques de chaque molécule.

La méthode a été utilisée pour la mesure de transfluthrine émise dans une pièce par un vaporisateur électrique (13,4% de transfluthrin). Dès que le vaporisateur est mis en marche, on observe une augmentation des vapeurs qui diminuent ensuite dès son arrêt.

### Conclusion et discussion des auteurs

La technique HS-PTR-MS apparaît comme étant une technique efficace pour l'analyse de composés semi-volatils dans l'atmosphère. L'absence de couplage chromatographique permet l'obtention de mesures en temps réel. De plus, grâce à cette technique, les composés qui ont une affinité pour les protons supérieure à l'eau peuvent potentiellement être analysés.

Néanmoins, du fait que les composés sont identifiés avec un très faible nombre de  $m/z$ , l'analyse de mélanges gazeux complexes peut s'avérer difficile à cause de superpositions de  $m/z$  conduisant à une surestimation des concentrations. Le couplage avec un spectromètre en temps de vol permettait de résoudre ce problème.

La plus grande limite de cette technique pour la mesure de pyréthrénoïdes est certainement la faible sensibilité de cette méthode par rapport aux autres techniques. Elle n'est donc pas adaptée aux mesures de concentrations proches du bruit de fond en milieu intérieur. Néanmoins, le principe de la mesure rapide ne s'appliquant pas aux concentrations proches du bruit de fond, la technique présente des perspectives intéressantes pour étudier l'évolution temporelle des pesticides pendant une application commerciale. De plus la mesure en ligne permet de limiter les incertitudes liées aux étapes souvent nombreuses des autres méthodes.

### Commentaires et conclusion du lecteur

La technique développée dans cet article est très intéressante et prometteuse en terme d'application potentielle au suivi des variations temporelles de niveaux de concentration de pesticides appliqués en milieu confiné. Elle permet d'étudier à la fois des molécules volatiles et semi-volatiles même si le critère de volatilité semble être un facteur important dans la capacité d'utilisation de la technique comme l'ont bien démontré les auteurs pour la tétraméthrine par exemple.

Cette technique est tout de même lourde car elle nécessite une calibration en laboratoire du système avec les molécules à étudier, un dispositif expérimental imposant sur le site et une évaluation des interférences potentielles lors de l'application de mélanges. Elle ne permet pas de s'intéresser à la sédimentation des molécules appliquées ni à leur adsorption sur les surfaces et les poussières. De par sa sensibilité, elle ne semble pas non plus adaptée à la mise en évidence du relargage potentiel de ces molécules à partir des surfaces ou de la poussière.

Cette technique est bien adaptée à l'étude du comportement des pesticides lors de leur application (sprays, diffuseurs électriques, fumigation), en particulier l'évaluation de la variabilité temporelle des niveaux de concentrations dans l'air. L'évaluation de la pollution diffuse de l'air intérieur sera plutôt faite à l'aide des techniques conventionnelles de prélèvement et d'analyse chromatographique.

**Source :** Vesin, A., Bouchoux, G., Quivet, E., Termine-Roussel, B., Wortham, H., 2012. Use of HS-PTR-MS for online measurements of pyrethroids during indoor insecticide treatments. *Anal Bioanal Chem.* 403:1907-1921. Université d'Aix-Marseille, LCE-IRA, et CNRS UMR 7651, Ecole Polytechnique. Article analysé par : Maurice MILLET, Université de Strasbourg, mmillet@unistra.fr



## Métrologie

### Evaluation des environnements domestiques par un indice fongique utilisant des moisissures hydrophiles et xérophiles comme capteurs biologiques

L'auteur, rattaché à l'institut de Biologie environnementale de Aikou-gun Kanagawa au Japon, rappelle les risques liés au développement des moisissures dans les environnements intérieurs et la nécessité de disposer d'un capteur permettant de prévenir cette croissance microbienne délétère. Ainsi K. Abe rappelle l'élaboration d'un dispositif encapsulant des spores fongiques de moisissures de tolérances aux conditions thermohydriques variables tels *Eurotium herbariorum* et *Aspergillus penicillioides*, espèces fongiques xérophiles. Le présent article vise à étendre l'application de cet indice aux environnements extrêmement humides en recourant à des espèces fongiques hydrophiles.

Trois espèces fongiques de sensibilité différente à l'humidité relative (HR) ont été utilisées : *Eurotium herbariorum* J-183, modérément xérophile, *Aspergillus penicillioides* K-712, fortement xérophile et *Alternaria alternata* S-78, hydrophile.

Le capteur fongique proprement dit consiste en une plaque de plastique transparent rectangulaire comportant deux à trois trous dans lesquels sont déposés les suspensions fongiques d'intérêt et des nutriments. Le système est perméable à l'air mais imperméable à l'eau liquide.

La procédure d'essai consiste à exposer le capteur à un environnement test, déterminer la longueur des hyphes traduite en unité de réponse (ru) par comparaison avec une courbe standard. L'indice est exprimé en ru par semaine d'exposition. Le comportement du capteur a été étudié :

- Dans des ambiances à HR maîtrisée à 25 et 5°C (HR allant de 100% à 75,8% et 70,8% respectivement pour 5 et 25°C). Les trois espèces fongiques ont été utilisées :
- en environnements réels à savoir 15 habitations. Des tests ont été menés dans des pièces d'eau avec Alt. a et Eur. h, et des pièces « sèches » avec les trois espèces fongiques ;
- dans une chambre climatique simulant une ambiance de salle de bain ventilée. Les tests ont été menés avec Alt. a et Eur. h.

Pour les tests menés en ambiance stable, les indices les plus élevés ont été obtenus pour les HR les plus fortes, avec des valeurs plus élevées à 25°C qu'à 5°C (310 ru/semaine contre 40 à 100%). L'espèce fongique donnant les meilleurs développements diffère selon l'HR. La durée d'exposition n'influe pas sur la valeur de l'indice.

Pour les essais menés dans les pièces d'eau la valeur maximale obtenue est de 82,8 ru/semaine pour Alt. a, cette espèce donnant les meilleurs résultats pour la quasi-totalité des essais. Pour les pièces « sèches » investiguées de juillet à novembre, les espèces xérophiles répondent bien, une réponse des trois espèces n'ayant été obtenue que dans une pièce. La comparaison des données mensuelles met en évidence des variations saisonnières, les valeurs obtenues en juillet étant généralement plus fortes que celles obtenues en novembre. Pour les essais visant à simuler des salles de bain ventilées, Alt. a s'avère le meilleur capteur quelles que soient les conditions de ventilation avec néanmoins une valeur de l'indice d'autant plus faible que la ventilation est importante.

### Conclusion et discussion des auteurs

Cet article propose la mise au point d'un indice fongique qui évalue les climats domestiques à partir de trois espèces fongiques. Selon l'espèce fongique répondant le mieux, il permet d'orienter les recherches vers le type de moisissures susceptibles de proliférer dans l'environnement investigué. Cet outil qui pourrait être utilisé comme indicateur d'humidité pourrait également constituer un bon moyen pour évaluer l'efficacité de méthodes destinées à empêcher la contamination fongique ou encore les actions de remédiation.

### Commentaires et conclusion du lecteur

L'approche biomarqueur adoptée par l'auteur qui utilise la tolérance des moisissures aux conditions thermo-hydriques pour déterminer les ambiances propices au développement fongique est originale.

Néanmoins, il aurait été intéressant que l'auteur discute de l'intérêt apporté par cette approche par rapport à une mesure de l'humidité relative ambiante classique voire de la teneur en eau des matériaux reconnue comme un des facteurs clé de la croissance fongique.

Enfin, l'auteur considère la croissance d'une espèce fongique isolée et néglige les interactions microbiennes dans un écosystème (prédation, coopération...) qui conditionnent largement leur développement.

En conclusion, la prise en compte du substrat et de l'écosystème

susceptible de s'y trouver permettrait d'affiner les résultats de cette étude.

**Source :** Abe, K., Assessment of home environments with a fungal index using hydrophilic and xerophilic fungi as biologic sensors (2012) ; *Indoor Air*; 22: 173-185.

**Article analysé par :** DRAGHI Marjorie, CSTB ; marjorie.draghi@cstb.fr



## Concentrations environnementales et expositions

### Matériaux et produits sources de naphtalène dans les logements au Canada et leur contribution aux concentrations dans l'air intérieur

Les effets toxiques du naphtalène ont été reconnus comme un problème de santé publique. Le naphtalène est classé depuis 2002 dans la catégorie des cancérigènes probables par le Centre International pour la Recherche contre le Cancer (CIRC). L'exposition au naphtalène se produit majoritairement dans les environnements intérieurs via la voie pulmonaire. Bien que des études aient identifié plusieurs sources d'émission affectant les concentrations intérieures comme la fumée de cigarettes, la combustion du bois et l'usage de produits anti-mites, il existe peu d'éléments sur les contributions respectives de ces sources aux teneurs intérieures. L'objet de cette étude est d'évaluer les émissions de naphtalène pour une large gamme de matériaux et produits de consommation disponibles au Canada afin d'identifier les sources majoritaires en air intérieur.

44 matériaux de construction (peintures, mastics, colles, revêtements de sol,...), 11 matériaux d'ameublement (meubles à base de bois et en vinyle) et 44 produits de consommation (produits de nettoyage, cosmétiques, désodorisants, produits anti-mites,...) ont été sélectionnés en croisant différentes bases de données sur les matériaux de manière à identifier ceux pouvant potentiellement contenir du naphtalène dans leur formulation ou comme additif ou utilisé comme intermédiaire chimique. L'émission de naphtalène a été estimée dans une micro-chambre de 3,14 mL ( $\mu$ -CTE) à 23°C sous un flux d'air épuré (de 0 % d'humidité relative) avec un taux de renouvellement de 1000 h<sup>-1</sup> et un taux de charge de 400 m<sup>2</sup>.m<sup>-3</sup>. Ces conditions ont été retenues sur la base de travaux antérieurs ayant montré des concentrations d'émission comparables entre la  $\mu$ CTE et une chambre de plus grand volume (0,05 m<sup>3</sup>) pour un même débit d'air de balayage. Le choix de la micro-chambre est également justifié par le fait que l'outil permet de réaliser rapidement un grand nombre d'essais et d'appliquer lors du test un débit d'air élevé à la surface du produit sensé réduire les effets de puits et être plus adapté aux prélèvements des composés organiques semi-volatils comme le naphtalène.

Pour ce test d'émission, les échantillons solides et liquides sont préalablement placés dans une boîte de pétri de 44 mm de diamètre et de 10 mm de hauteur. 3 prélèvements d'air de 0,5L ont été réalisés sur des tubes d'adsorbant Tenax TA à la

sortie de la micro-chambre après stabilisation de l'émission. Les prélèvements actifs furent analysés par couplage TD-GC/MS pour un dosage du naphthalène collecté sur le tube. La quantité de naphthalène a été ensuite convertie en facteur d'émission (en  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$  ou en  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ ).

Un calcul de la concentration intérieure de naphthalène a été réalisé pour comparer les contributions respectives des différents matériaux et produits à la teneur intérieure, en supposant un environnement intérieur soumis aux apports des émissions intérieures et à un taux de renouvellement de l'air de  $0,3 \text{ h}^{-1}$  et selon 4 scénarios de présence/absence des matériaux et produits.

Parmi les différents matériaux et produits testés, les anti-mites présentent les facteurs d'émission les plus élevés (de 841 à  $1015 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ), ce qui ne constitue pas une surprise pour les auteurs étant donné que ces matériaux contiennent du naphthalène cristallisé. En revanche, les blocs désodorisants désignés également comme matériaux sources ont des niveaux d'émission très faibles suggérant que le naphthalène a été totalement substitué par le 1,4-dichlorobenzène dans cette catégorie de produits. L'étude révèle surtout des matériaux qui n'avaient pas ou peu été identifiés auparavant comme des sources de naphthalène : des matériaux d'ameublement en vinyle (de 10 à  $1660 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ ), un revêtement de sol en PVC ( $78 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ ), les produits de traitement, de teinture et de vernis pour le bois (de 12 à  $95 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ ) et un mastic ( $55 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ ). Les auteurs donnent quelques éléments d'explication sur la présence de naphthalène dans ces matériaux et produits sources. Le naphthalène serait ajouté dans la formulation de certains produits liquides ou utilisé comme intermédiaire de synthèse dans la fabrication de matériaux plastiques. Ramenée aux quantités et surfaces présentes des produits dans un logement, la part d'émission provenant de l'ameublement en vinyle et en bois atteindrait, voire dépasserait dans certains cas de figure, celle des anti-mites.

Les concentrations en naphthalène prédites à partir des émissions des matériaux et produits et selon 4 scénarios différents (de 4,9 à  $220 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) seraient en accord avec les teneurs enregistrées au Canada (de 0,27 à  $4,1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  dans des maisons de non-fumeurs et un maximum de  $144 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ).

### Conclusion et discussion des auteurs

Cette étude pointe un certain nombre de matériaux et produits qui avaient été peu référencés comme des sources effectives de naphthalène dans l'air intérieur et dont les émissions n'avaient pas fait l'objet d'une étude de hiérarchisation. Les résultats suggèrent que des matériaux de construction et d'ameublement, particulièrement ceux en vinyle, peuvent dans certains cas être les sources majoritaires de naphthalène dans les environnements intérieurs. Dans ces produits, le naphthalène peut être un composé présent dans la formulation ou être utilisé comme intermédiaire chimique dans la fabrication. Cette étude montre clairement qu'une sélection de matériaux avec de faibles taux d'émission pourrait être une voie efficace de réduction des concentrations intérieures en naphthalène.

### Commentaires et conclusion du lecteur

Les résultats présentés dans cet article apportent de nouvelles connaissances sur les sources intérieures de naphthalène et sur leur contribution potentielle aux teneurs trouvées dans les environnements intérieurs. Cette étude offre une base intéressante pour la définition d'actions de réduction du risque liée à l'exposition au naphthalène. Les conditions d'évaluation choisies pour ces tests en  $\mu\text{CTE}$  (0% d'humidité relative, taux de renouvellement élevé) restent éloignées de celles rencontrées en air intérieur, ce qui peut constituer une source d'erreurs importantes dans l'estimation des facteurs d'émission. Il aurait également été intéressant de confronter les émissions venant des matériaux et produits avec celles de combustion (tabagisme, chauffage au bois) trouvées dans la littérature. Une autre faiblesse de l'étude concerne l'approche utilisée pour calculer la concentration intérieure de naphthalène à partir des taux d'émission. Le cas traité (basé uniquement sur l'apport des sources intérieures) est trop peu réaliste pour que les concentrations prédites puissent être comparées à des teneurs intérieures observées dans des campagnes de mesures. Les contributions des processus d'élimination et de l'air extérieur via la ventilation ne sont pas intégrées dans l'équation du calcul de la concentration. Par ailleurs, il est à noter qu'en France, seuls les produits répulsifs contenant du naphthalène ne sont plus autorisés à la vente depuis la fin des années 2001.

**Source :** Kang et al. (2012), Household materials as emission sources of naphthalene in Canadian homes and their contribution to indoor air, Atmospheric Environment 50, 79-87.

**Article analysé par :** H. Plaisance, Affiliation : Ecole des Mines d'Alès ; email : herveplaisance.dubois@sfr.fr



Concentrations environnementales  
et expologie

### Retardateurs de flamme alternatifs dans les poussières d'habitat en Nouvelle Zélande : sources intérieures et évaluation de l'exposition.

Les retardateurs de flamme sont couramment utilisés dans les produits de consommation tels que meubles, équipements électroniques, plastiques, textiles, ... Les plus courants sont les polybromodiphényléthers (PBDEs), et le tetrabromobisphénol A (TBBP-A). Du fait des restrictions d'usage des PBDEs, l'utilisation d'alternatives<sup>2</sup> comme les organophosphates (OPFRs), les nouveaux retardateurs de flamme bromés (NBFRs) et les hexabromocyclododécane (HBCDs) a récemment augmenté. Les contaminations et expositions sont très peu documentées. Cette étude vise à :

- Mesurer les concentrations de cinq NBFRs majeurs, dix OPFRs et de trois isomères d'HBCD dans la poussière intérieure de logements néozélandais ;
- Estimer l'exposition par ingestion de poussières aux retardateurs de flamme alternatifs (AFRs) ;

- Comparer les concentrations à celles de PBDEs mesurées pour évaluer leur remplacement ;
- Comparer les concentrations dans les poussières au sol et celles des matelas.

34 sols de salon et 16 matelas ont été aspirés (1 à 4 m<sup>2</sup> pendant 2 à 4 min selon la nature du substrat). Les procédures d'extraction, de purification et d'analyse par GC/MS sont décrites dans d'autres publications des auteurs. Les valeurs inférieures aux limites de quantification (LQ) ont été remplacées par LQ x fréquence de quantification.

## Résultats et discussion des auteurs

Le HCDBCO (hexachlorocyclopentadienyl-dibromocyclooctane) et TnPP (tri-n-propyl-phosphate) n'ont pas été détectés, contrairement aux OPFRs, NBFRs et HBCDs, détectés pour la plupart dans plus de la moitié des prélèvements. Les niveaux de NBFRs sont globalement plus faibles que ceux mesurés dans d'autres pays, ceux des OPFRs plus faibles ou équivalents, et ceux des HBCDs équivalents. Cela suggère un usage moindre des retardateurs de flamme alternatifs mais repose sur un faible nombre d'observations et ne peut être représentatif de la situation néo-zélandaise.

Des corrélations positives ont été observées entre les matelas (n = 16) et les poussières déposées au sol (n = 16) correspondantes pour le TnBP (p = 0.003 ; r = 0.68), le TBEP (p = 0.019 ; r = 0.52), le TPhP (p = 0.001 ; r = 0.71), le BTBPE (p = 0.000 ; r = 0.88), et le TBB (p = 0.046 ; r = 0.39) suggérant des sources communes. Les niveaux de TnBP, TPhP, TCP, BTBPE, et TBB n'étaient pas différents (p > 0.05) entre les poussières de matelas et au sol des mêmes logements. Par contre ces niveaux étaient différents (p < 0.05) pour le TBPH, DBDPE, TEP, TCEP, TBEP, TDCPP et le HBCDs. Les deux types de poussières étaient constitués à plus de 90% par les OPFRs (TBEP, TCPP, TDCPP, TPhP) tandis que les NBFRs en constituaient moins de 1%. Malgré les restrictions d'usage des Penta-BDE, les concentrations de PBDEs associées à cette formulation demeurent plus élevées que celles de TBB et TBPH, en lien avec l'introduction relativement récente (2003) de la formulation FM<sup>®</sup> 550. Les doses par ingestion de poussières (de 20 à 200 mg/j selon les scénarios) sont très inférieures aux doses de référence publiées ou calculées pour l'occasion, et dont les auteurs soulignent la fragilité liée au peu de données de toxicité chronique. Les auteurs concluent que leurs données confirment l'exposition aux AFRs dont les conséquences sanitaires potentielles mériteraient d'être étudiées.

## Commentaires et conclusion du lecteur

L'intérêt de cette étude est de documenter la contamination des poussières par de nombreux retardateurs de flamme dont des nouveaux et d'en interpréter les résultats en relation avec les usages et leurs évolutions. Les résultats sont nombreux et clairement présentés. La comparaison des résultats inclut d'utiles tableaux de revue de littérature. Les auteurs ont aussi fait l'effort de développer des valeurs toxicologiques de référence à partir de données toxicologiques pour les

composés sans valeur toxicologique de référence publiée. Il faut savoir gré aux auteurs d'avoir inclus cette perspective de conséquence sanitaire dans leur article ; cela réduit la place consacrée aux résultats de contamination au sujet desquels quelques précisions auraient été bienvenues. Ainsi le diamètre de tamisage n'est pas indiqué ; on aurait aussi apprécié de connaître l'influence du choix de traitement des valeurs <LQ sur les comparaisons des concentrations.

**Article analysé par :** Philippe Glorennec, École des Hautes Études en Santé Publique, Inserm U1085 Institut de Recherche sur la Santé, l'Environnement et le Travail. [Philippe.Glorennec@ehesp.fr](mailto:Philippe.Glorennec@ehesp.fr)

**Source :** Ali, N., Dirtu, A. C., Van den Eede, N., Goosey, E., Harrad, S., Neels, H., 't Mannetje, A., et al. (2012). Occurrence of alternative flame retardants in indoor dust from New Zealand: indoor sources and human exposure assessment. *Chemosphere*, 88(11), 1276–82. doi:10.1016/j.chemosphere.2012.03.100

<sup>1</sup> Rapport d'expertise collective de l'AFSSET relatif à la proposition de valeur guide de qualité de l'air intérieur pour le naphthalène - mars 2009

<sup>2</sup> Les retardateurs de flammes alternatifs ne sont ni produits ni importés en Nouvelle-Zélande



## Risque et impact sur la santé

### Carbone-suie dans les logements et fraction exhalée de monoxyde d'azote chez des enfants new-yorkais

À New-York, la prévalence de l'asthme chez l'enfant oscille entre 3 % et 18 %, selon les quartiers. Les disparités des expositions environnementales pourraient expliquer la variabilité de cette prévalence.

Les principaux objectifs de cette étude sont de quantifier les niveaux domestiques en carbone-suie, de documenter l'effet des sources de proximité sur les niveaux et d'évaluer l'association entre ces niveaux et la fraction exhalée de monoxyde d'azote (FeNO), considéré comme un bon marqueur de l'inflammation des voies aériennes.

Dans le cadre de l'étude cas-témoins new-yorkaise NAAS « Neighborhood Asthma and Allergy Study », des enfants de 7-8 ans de quartiers à haute et faible prévalence d'asthme ont été recrutés à partir du système d'assurance maladie. Les enfants sont classés comme cas d'asthme (n=132) ou témoins (n=108) selon les symptômes déclarés par les parents en réponse au questionnaire ISAAC « International Study of Asthma and Allergy in Childhood ».

Le NO expiré est mesuré par une technique indirecte « offline ». Le NO ambiant est collecté en parallèle. Les modifications de la fonction respiratoire sont évaluées par spirométrie. Les immunoglobulines E (IgE) sériques spécifiques (blattes, acariens, souris, chats, chiens, pollens d'arbres, d'ambroisie et graminées) sont dosées.

Après la mesure du FeNO, les particules de diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 µm (PM<sub>2,5</sub>) sont prélevées dans les logements pendant 7 jours, à un débit de 1,5 L/min. Le carbone-suie présent au sein de ces PM<sub>2,5</sub> est collecté sur filtres et quantifié par une méthode optique. Pour un sous-échantillon (n=161),

les concentrations obtenues sont comparées à celles mesurées par un analyseur automatique d'une station de surveillance voisine. Les niveaux fournis par cette station sont moyennés sur les 7 jours précédant l'investigation environnementale et moyennés sur la semaine de mesures. Les allergènes (acariens, chats, chiens, souris, blattes) sont également dosés dans la poussière de lit recueillie.

Une densité des axes de circulation pour les poids lourds et de l'utilisation de résidus de fioul lourd pour le chauffage résidentiel et industriel dans un périmètre de 500 m (et de 250 m) des logements sont définies à l'aide d'un système d'information géographique (SIG).

Les niveaux de carbone-suie sont plus élevés dans les quartiers à haute prévalence d'asthme (11-18 %) que dans les quartiers à faible prévalence (3-9 %) avec une moyenne géométrique (intervalle de confiance à 95 %) de 1,59 (1,45-1,73)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  contre 1,16 (1,06-1,27)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivement ;  $p < 0,001$ . Après ajustement, les niveaux augmentent significativement avec la densité de chauffage au fioul lourd, la densité des axes routiers, en présence d'un fumeur dans le logement et en période de chauffe.

Les enfants asthmatiques ont une FeNO plus élevée que les enfants témoins. Une relation positive est observée entre la récurrence des sifflements ( $\geq 4$  épisodes au cours des 12 derniers mois) et les valeurs de FeNO. Les mesures de FeNO sont plus élevées pour les enfants atopiques (IgE  $\geq 0,35$  UI/mL pour au moins un des allergènes testés) par rapport aux enfants non atopiques.

Les niveaux en carbone-suie et en allergènes d'acariens sont positivement associés aux mesures de FeNO dans le modèle multivarié. Après stratification sur le statut atopique, l'association pour le carbone-suie n'est maintenue que chez les enfants non atopiques ( $p=0,012$ ), alors que l'association pour les allergènes d'acariens n'apparaît que chez les enfants atopiques ( $p=0,020$ ).

La FeNO étant associée d'une part aux symptômes d'asthme et au statut atopique de l'enfant et d'autre part, à l'exposition à des facteurs environnementaux, la FeNO est un marqueur d'intérêt pour évaluer les effets des polluants sur l'inflammation des voies aériennes. L'équipe de Cornell confirme ainsi que la distribution inégale des expositions environnementales affecte l'inflammation des voies aériennes et la morbidité de l'asthme chez l'enfant. Les quartiers à haute prévalence d'asthme ont des niveaux domestiques en carbone-suie plus élevés. Les niveaux intérieurs sont liés aux sources de proximité en air ambiant : chauffage et trafic. L'effet des facteurs environnementaux peut être modifié selon le statut atopique de l'enfant.

### Commentaires et conclusion du lecteur

L'étude apporte des informations intéressantes sur les niveaux domestiques en carbone-suie, sur les sources de proximité et sur l'effet de cette exposition sur la santé respiratoire de l'enfant. La généralisation des résultats paraît cependant limitée ; les familles recrutées à partir du système d'assurance maladie new-yorkais sont principalement de niveau socio-économique intermédiaire.

Une des limites de cette étude est la mesure postérieure du carbone-suie par rapport à la mesure du FeNO. En étudiant la corrélation des niveaux extérieurs moyennés sur la semaine précédant et suivant la mesure de la FeNO, les auteurs considèrent que l'exposition est similaire. Mais, les niveaux extérieurs sont recueillis auprès d'une station unique et aucune donnée sur la dispersion du polluant n'est fournie. La corrélation entre les  $\text{PM}_{2,5}$  et le carbone-suie n'est pas présentée. Il serait intéressant de mieux caractériser l'exposition des individus aux particules fines. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques et les métaux comme le nickel et le vanadium, co-polluants du carbone-suie non considérés dans cette étude, pourraient être des facteurs de confusion dans la relation entre le carbone-suie et la FeNO.

Les résultats de cette étude originale suggèrent l'adoption de mesures préventives pour limiter l'exposition aux particules fines et la mise en place de mesures de réduction des émissions de carbone-suie. Un intérêt est actuellement porté sur ce polluant pour différentes raisons :

- politiques : il est intéressant pour les pays émettant du  $\text{CO}_2$  de déplacer l'attention sur ce polluant pour lequel ils sont moins émetteurs ;
- environnementales : le carbone-suie est le deuxième composé à effet de serre ;
- sanitaires : un nombre croissant d'études (dont celle-ci) documentent des effets sanitaires associés à l'exposition au carbone-suie.

Les enjeux climatiques et sanitaires du carbone-suie devraient interpeller les décideurs pour que des mesures soient prises pour limiter les émissions et par conséquent, les expositions des individus.

**Article analysé par :** Céline RODA, EA4064, Epidémiologie environnementale : impact sanitaire des pollutions, Université Paris Descartes, celina.roda@parisdescartes.fr

**Source :** A.G. Cornell, S. N. Chillrud, R.B. Mellins et coll. Domestic airborne black carbon and exhaled nitric oxide in children in NYC. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*. 2012;22(3):258-66.



## Risque et impact sur la santé

### Exposition prénatale à l'acide perfluorooctanoïque et risque de surpoids à l'âge de 20 ans : une cohorte prospective

L'acide perfluorooctanoïque ou PFOA est un composé très persistant entrant dans la composition de nombreux produits. Selon une étude chez la souris, l'exposition *in utero* au PFOA aurait des effets sur le poids des femelles post-pubères. L'objectif de cette étude danoise était d'étudier cette hypothèse dans le contexte d'une cohorte mère-enfant. Un prélèvement sanguin a été réalisé chez 665 femmes à la 30<sup>ème</sup> semaine de gestation entre 1988 et 1989. Leurs enfants ont été contactés 20 ans plus tard pour un examen standardisé des paramètres anthropométriques ( $n=423$ ), un questionnaire en ligne sur ces mêmes paramètres ( $n=242$ ) et une analyse de biomarqueurs sanguins d'adiposité ( $n=422$ ).



Les associations entre IMC, tour de taille et concentrations en PFOA (catégorisées en quartiles) ont été étudiées dans des modèles statistiques ajustés sur de nombreux facteurs (IMC de la mère pendant la grossesse, niveau d'éducation de la mère, poids de naissance de l'enfant, etc.). Le risque d'être en surpoids ( $IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$ ) ou en excès de tour de taille ( $> 88 \text{ cm}$  pour les femmes) est trois fois plus élevés chez les femmes les plus exposées (dernier quartile :  $5,8 \text{ ng/mL}$ ) au PFOA *in utero* que chez les moins exposées (premier quartile :  $2,3 \text{ ng/mL}$ ). Ces associations ne sont pas observées chez les descendants masculins. Par ailleurs, chez les descendantes féminines, les concentrations en PFOA sont associées significativement et positivement aux niveaux d'insuline et de leptine sérique et négativement aux niveaux d'adiponectine sérique. Chez les hommes, ces associations sont aussi présentes mais non significatives. Les associations avec d'autres composés perfluorés ont été étudiées mais elles ne sont pas indépendantes (prédominance de l'effet du PFOA). Cette étude montre donc un effet de l'exposition environnementale *in utero* au PFOA sur le surpoids et l'obésité de la descendance féminine à l'âge de 20 ans et vient ainsi appuyer les résultats d'études animales.

965 femmes enceintes (grossesses multiples exclues), recrutées entre avril 1988 et janvier 1989 ont subi un prélèvement sanguin à la 30<sup>ième</sup> semaine de gestation et ont renseigné un questionnaire sur leurs caractéristiques socio économiques, leur mode de vie y compris habitudes alimentaires, etc. Les enfants ont été contactés 20 ans plus tard soit entre 2008 et 2009. 423 ont accepté (44%) un prélèvement sanguin sur des biomarqueurs d'adiposité, un examen standardisé des paramètres anthropométriques, et ont rempli un questionnaire en ligne sur ces paramètres, 242 jeunes ont uniquement rempli ce questionnaire et 209 n'ont pas participé. Sur les 423 sujets, on constate de bonnes corrélations entre les valeurs d'IMC mesurées et déclarées. Par contre, lorsque les valeurs sont catégorisées par rapport au surpoids ( $IMC > 25 \text{ kg/m}^2$ ), le nombre de sujets en surpoids est sous-estimé lors des déclarations. La quantification des composés perfluorés a été réalisée selon des procédures déjà décrites, intégrant des échantillons témoins et des comparaisons inter-laboratoires.

Pour l'étude des liens statistiques entre IMC, tour de taille et PFOA, les concentrations de PFOA ont été classées en quartile. Des modèles de régression linéaire ont exploré la relation entre variables anthropométriques chez le jeune et PFOA chez la mère sans et avec ajustement sur âge maternel, niveau d'éducation de la mère, IMC pendant la grossesse, tabagisme et parité de la mère, poids de naissance de l'enfant et âge au suivi. Des modèles de régression de Poisson (avec prise en compte de l'autocorrélation mère-enfant) ont étudié la relation entre être en surpoids/obésité ( $IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$ ) et en excès de tour de taille (défini par le « niveau d'action II » : tour de taille  $> 88$  pour les femmes et  $> 102$  pour les hommes), et les niveaux maternels de PFOA. Ces modèles, fournissant des risques relatifs, ont été ajustés sur les mêmes facteurs que les modèles linéaires. Des modèles de régression linéaire ont ensuite étudié la relation entre les biomarqueurs (après transformation log) et

les concentrations en PFOA en continu, avec ajustement sur l'heure du prélèvement et l'âge du jeune à la date du suivi.

Les concentrations en PFOA, l'IMC durant la grossesse ou la parité chez les mères ne diffèrent pas significativement entre participants et non-participants. Les mères des enfants n'ayant pas participé étaient par contre significativement plus fumeuses durant la grossesse.

La concentration médiane en PFOA est de  $3,7 \text{ ng/mL}$ , les différents quartiles ( $\text{ng/mL}$ ) sont les suivants :  $2,3 (0,1-2,8)$ ;  $3,2 (2,8-3,7)$ ;  $4,2 (3,7-4,8)$ ;  $5,8 (4,8-19,8)$ .

Les prévalences de surpoids/obésité sont similaires selon le sexe (19 % chez les hommes, 18 % chez les femmes). Par contre, l'excès de tour de taille est plus fréquent chez les femmes, 16,2 % contre 3,5 % chez les hommes.

Chez les femmes, les concentrations maternelles en PFOA sont positivement et significativement associées à l'IMC et au tour de taille : l'augmentation entre le dernier et le premier quartile de PFOA est de  $1,6 \text{ kg/m}^2$  pour l'IMC et  $4,3 \text{ cm}$  pour le tour de taille. Par ailleurs, toujours chez les femmes, il existe un risque significatif d'être en surpoids/obésité ( $RR=3,1$ ) et en excès de tour de taille ( $RR=3,0$ ) lorsque les concentrations maternelles en PFOA sont dans le dernier quartile.

Aucun de ces résultats n'est observé chez les hommes. Outre le fait, qu'ils ne soient pas significatifs, ils ne montrent pas non plus de tendance allant dans le sens de ceux observés chez les femmes.

Les concentrations en biomarqueurs chez les femmes sont significativement associées à celles en PFOA. L'insuline, la leptine, le rapport leptine/adiponectine augmentent entre 4 et 7 % pour une augmentation de  $1 \text{ ng/mL}$  de PFOA. L'adiponectine diminue de 2 %. Les résultats vont dans le même sens chez les hommes, mais ils ne sont pas significatifs. Le nombre d'enfants ayant participé à ces études sur les biomarqueurs est plus réduit (422 enfants seulement). Cependant, ces résultats peuvent être confortés par le fait que les modèles statistiques donnent des valeurs d'augmentation d'IMC et de tour de taille pour le dernier quartile de PFOA similaires entre ceux ayant participé et les autres. L'utilisation d'autres composés perfluorés a été testée. Pour certains, les associations avec les paramètres anthropométriques sont à peine significatives (PFOSA), pour d'autres elles le sont (PFNA, PFOS), mais disparaissent après ajustement sur le PFOA. L'inclusion d'autres composés que le PFOA, influence significativement les modèles, par exemple, l'IMC chez les femmes augmente de  $0,46 \text{ kg/m}^2$  pour  $+1 \text{ ng/ml}$  de PFOA, au lieu de  $0,43 \text{ kg/m}^2$  si le PFOS, PFOSA et le PFNA sont introduits.

#### Conclusion et discussion des auteurs

Dans cette cohorte de femmes enceintes, une association positive est observée entre l'exposition environnementale *in utero* au PFOA et la prévalence de surpoids et l'excès de tour de taille chez les filles à l'âge de 20 ans (âge choisi car arrêté de la croissance de taille). Cette association n'est pas observée chez les garçons. Cette exposition *in utero* est aussi associée à une augmentation de biomarqueurs d'adiposité, qui n'est significative statistiquement que chez les filles.

Des études animales montrent en début de vie que l'exposition

à des xénoestrogènes (notamment à faible dose) perturbe les fonctions endocriniennes qui régulent le tissu adipeux, elles sont en partie corroborées chez l'homme. D'autres montrent chez l'homme des effets cardio-métaboliques des composés perfluorés, par contre des effets anthropométriques n'ont pu être démontrés. Les études animales sur des effets anthropométriques *in utero* du PFOA ne s'accordent pas ; l'une d'entre elles montre, comme ici, une augmentation du poids pour des expositions à faible dose (pas d'effet à forte dose). La spécificité vis-à-vis de la descendance féminine est retrouvée dans des études animales (expositions aux xénoestrogène et aux composés perfluorés). Elle pourrait s'expliquer par le fait que le gain de masse grasseuse est plus précoce lors de l'adolescence chez les filles que chez les garçons, l'effet chez ces derniers pourraient être retardés.

Une des forces importantes de cette étude est le suivi prospectif sur le long terme avec d'une part, la mise en relation avec le surpoids mais aussi des biomarqueurs d'adiposité, et d'autre part la capacité d'intégrer dans les modèles statistiques de nombreux facteurs d'ajustement. Des limites existent : le nombre de perdus de vue, l'impossibilité de prendre en compte de manière exhaustive tous les facteurs potentiels de confusion, les expositions (et les voies) potentielles chez les mères au PFOA, le fait que les concentrations en PFOA chez les femmes enceintes sont influencées par certains facteurs dont l'expansion du volume sanguin, la captation par le fœtus, etc. Cependant, ces résultats confortent l'hypothèse que l'exposition à faible dose *in utero* de perturbateurs endocriniens, pourrait jouer un rôle dans l'actuelle épidémie d'obésité. Il apparaît important de prendre des mesures vis à vis du PFOA.

### Commentaires et conclusion du lecteur

L'apport de cette étude est important notamment du fait qu'il s'agit d'une étude longitudinale, type d'étude épidémiologique qui a la capacité de fournir des arguments essentiels en faveur ou à l'encontre d'une hypothèse sur les effets d'une exposition (à la différence des études transversales). Ce type d'étude est difficile à mettre en œuvre, tant du fait des coûts que des difficultés à suivre les personnes incluses (20 ans dans le cas présent).

Une précédente cohorte mère enfant au Danemark avait montré des associations négatives entre les concentrations *in utero* de PFOA et le poids de naissance des enfants danois<sup>3</sup>. Ici, l'étude de cohorte montre une augmentation de l'IMC et du tour de taille chez les femmes dans le contexte d'exposition à faible dose de PFOA *in utero*. Elle contribue aussi certainement, de manière importante aux recherches sur les effets des perturbateurs endocriniens en général, et du PFOA en particulier. Les risques relatifs sont importants : 3 fois plus de risques d'être en surpoids et en excès de tour de taille entre les filles les moins et les plus exposées *in utero*. Comme le disent les auteurs, des limites existent avec 30 % de perdus de vue, et sur les facteurs d'ajustement. A noter que ces composés sont réputés avoir des effets potentiels à faible dose, des effets sont observés ici pour le dernier quartile de concentration (5,8 (4,8-19,8)), mais les auteurs ne discutent pas de ces niveaux de concentrations.

**Source :** Thorhallur I. Halldorsson, Dorte Rytter, Line Småstuen Haug, Bodil Hammer Bech, Inge Danielsen, Georg Becher, Tine Brink Henriksen, and Sjurður F. Olsen. Prenatal Exposure to Perfluorooctanoate and Risk of Overweight at 20 Years of Age: A Prospective Cohort Study. *Environ Health Perspect* 120:668–673 (2012). <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1104034> [Online 3 February 2012]

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

<sup>3</sup>*Environ Health Perspect* 115:1677–1682 (2007). doi:10.1289/ehp.10506 available via <http://dx.doi.org/> [Online 16 August 2007]



## Risque et impact sur la santé

### Qualité de l'air et fonction respiratoire d'écoliers autrichiens

L'OMS considère que les enfants doivent bénéficier à l'école d'un air de bonne qualité. Si les études sur la qualité de l'air dans les écoles sont nombreuses, peu d'entre elles ont corrélé cette dernière avec la santé respiratoire. L'objectif de cette étude était d'une part de prendre en compte un grand nombre de polluants chimiques de l'air intérieur, d'autre part de corrélés leurs taux avec les performances spirométriques de ces enfants.

L'étude, de type épidémiologique transversale, a porté sur 596 enfants fréquentant les classes de CP et CE1 de 19 écoles primaires de zones urbaines (Vienne, Graz, St Polten) et rurales (Carinthie).

Le protocole a comporté :

- Un questionnaire rempli par les parents portant sur les caractéristiques socio-démographiques, les symptômes, les traitements en cours, les antécédents, le logement et les conditions de vie.
- Un second questionnaire, rempli par les enquêteurs portait sur les caractéristiques du bâtiment scolaire, les matériaux de construction et d'aménagement et les produits d'entretien utilisés.
- Un échantillonnage de l'air de la salle de classe effectué à 2 reprises (automne et printemps) durant une semaine pour le recueil des composés organiques volatils (COV) et durant 48 heures pour le recueil des particules en suspension.
- Un échantillonnage de la poussière par aspiration pour mesure des composés organiques semi-volatils (PCBs, phtalates, pesticides).
- Une spirométrie effectuée selon les recommandations de l'American Thoracic Society.

Du fait du très grand nombre de polluants mesurés, préalablement à l'analyse statistique, seuls ont été pris en compte les polluants intérieurs qui montraient une variabilité suffisante d'une salle de classe à l'autre. Les analyses statistiques ont été ajustées sur les facteurs de confusion potentiels (niveau socio-économique, lieu de résidence, tabagisme passif).

La teneur médiane en PM<sub>10</sub> a été de 29 µg/m<sup>3</sup>, la teneur médiane en PM<sub>2,5</sub> de 12 µg/m<sup>3</sup>. Les teneurs en COV et aldéhydes ont été, pour la plupart d'entre elles, au-delà de la limite de quantification. Les

auteurs ont mis en évidence une relation négative, statistiquement significative, entre le taux d'aldéhydes et les débits expiratoires concernant les voies aériennes de moyens et de petits calibres.

Des corrélations négatives ont aussi été mises en évidence en ce qui concerne le benzylbutylphthalate et le tri (1,3-dichloro-2-propyl)-phosphate dans la poussière de sol et les paramètres spirométriques. Par contre, une telle corrélation n'apparaissait pas avec le diphényléther polybromé.

### Conclusion et discussion des auteurs

Les auteurs concluent que les niveaux relativement faibles de COV trouvés dans les écoles primaires ont un effet délétère sur la fonction ventilatoire des jeunes écoliers. Ils préconisent d'avoir une attention toute particulière lors du choix des matériaux de construction et d'aménagement du bâtiment, du choix des techniques et produits d'entretien et de l'intérêt majeur de veiller à une bonne ventilation de ces locaux.

### Commentaires et conclusion du lecteur

Cette étude épidémiologique a l'intérêt de montrer l'impact de la qualité de l'air intérieur des écoles primaires sur les paramètres spirométriques, après prise en compte des facteurs de confusion potentiels. Il n'existe en effet que très peu d'études qui montrent l'influence de la qualité de l'air intérieur sur des paramètres objectifs de santé respiratoire. Nos connaissances sur le sujet restent encore très parcellaires, avec une quinzaine d'études portant sur l'asthme, la rhinite allergique et la sensibilisation vis-à-vis des pneumallergènes. En dehors du domaine de l'asthme et de l'allergie, les seules études évaluant l'impact de la pollution chimique intérieure concernent la combustion de la biomasse ou les cuisinières à gaz.

On aurait aimé trouver dans cette étude une quantification de cet impact spirométrique qui n'apparaît ni dans le texte ni sur les tableaux. S'agit-il d'un effet médicalement significatif ? Pourrait-il être considéré comme un facteur de risque pour le développement ultérieur d'une pathologie chronique des voies aériennes ? Il y a par ailleurs apparemment une contradiction entre le texte qui précise que les niveaux des polluants sont, pour la plupart, « au-dessus des limites de quantification » et la conclusion qui fait état de niveaux « relativement bas ».

**Source :** P. Wallner, M. Kundi, H. Moshhammer, K. Piegl, P. Hohenblum, S. Scharf, M. Frolich, B. Damberger, P. Tappler, HP Hutter. Indoor air in schools and lung function of Austrian school children. J Environ Monit 2012; 14: 1976-1982

**Article analysé par :** Denis CHARPIN, Clinique des bronches, allergie et sommeil, hôpital Nord et Inserm U 1067/CNRS UMR 7333, Marseille; denis-andre.charpin@ap-hm.fr

matériaux d'étanchéité notamment, dans les années 50-70. Désormais interdits, les PCB sont néanmoins encore présents et émis dans les environnements intérieurs. On en mesure dans l'air des bâtiments en concentration de l'ordre du ng/m<sup>3</sup> (somme des congénères), ainsi que dans les poussières déposées au sol ou sur le mobilier (quelques ng/g de poussières). De nombreuses actions de remédiation sont actuellement à l'étude aux États-Unis. Environ 55 000 écoles publiques et privées sont susceptibles de contenir des PCB, représentant 46 % du parc de ces établissements. L'étude de MacIntosh et al. visait à étudier l'efficacité sur le long terme (16 mois) de trois mesures successives de réduction des expositions aux PCB dans une école contaminée.

L'étude a été menée dans une école de 6 000 m<sup>2</sup> (24 classes), de plain-pied, non climatisée et équipée d'un système de ventilation double-flux avec recyclage d'air. Des analyses selon la méthode de référence de l'US-EPA ont confirmé la présence de PCB (mélange commercial Aroclor 1260) dans les revêtements muraux de toutes les classes. Des dalles de plafond, des plinthes en plastique et du mastic des dalles de sol contenaient aussi des PCB, en concentrations plus faibles.

La première action consistait à augmenter le débit du système de ventilation pour obtenir un taux de renouvellement d'air allant de 2,7 à 12 h<sup>-1</sup>, au lieu de 0,4 à 5,9 h<sup>-1</sup> au préalable. Des filtres haute-efficacité ont été placés au niveau des prises d'air pour limiter la pénétration des particules de l'air extérieur. Puis, les revêtements muraux ont été filmés au moyen d'adhésifs, scellés avec des joints en silicone. Enfin, la troisième mesure était la pose, sur les murs existants, de plaques de plâtre peintes et posées sur un isolant en laine de verre, scellées par des joints en silicone.

Dix-huit séries de prélèvements d'air, dans trois à dix classes à chaque fois, se sont succédées, d'août 2010 (référence avant intervention) à décembre 2011. Les prélèvements d'air étaient réalisés à un mètre du sol à un débit de 4 L/min, pendant 6,5 heures pour correspondre à la durée d'une journée scolaire. Un prélèvement extérieur était réalisé simultanément. Le taux de renouvellement d'air des pièces était évalué au moyen d'un gaz traceur et la température intérieure mesurée. Pour comparer les résultats et évaluer l'efficacité des mesures de remédiation, les concentrations dans l'air ont été normalisées sur la température (20°C) et le débit d'air de la ventilation mécanique. Un modèle mixte a été utilisé pour étudier la variabilité temporelle. Les relations entre température et concentration en PCB totaux dans l'air ont été établies par des modèles de régression.

Les résultats montrent que toutes les mesures de réduction des expositions sont efficaces et que dans l'ensemble le reste sur la période d'étude. Les concentrations intérieures normalisées diminuent au fur et à mesure des interventions, qu'il s'agisse de la médiane des concentrations dans l'air des classes instrumentées ou des concentrations avant/après pour chaque classe. La médiane normalisée des concentrations en PCB totaux dans l'air intérieur avant les mesures de réduction était égale à 432 ng/m<sup>3</sup> ; elle passe à 76 ng/m<sup>3</sup> après l'installation des nouveaux murs (décembre 2010). Les concentrations en PCB totaux dans l'air des classes restent du même ordre de grandeur tout au long de l'année 2011, autour de 100 ng/m<sup>3</sup>,



## Gestion Technique / Divers

### Evaluation de l'efficacité des mesures de réduction des expositions aux polychlorobiphényles (PCB) dans une école américaine

Les polychlorobiphényles (PCB) sont des substances chimiques de synthèse largement utilisées dans les bâtiments, dans les

sauf en période estivale (mai à juillet) où elles doublent. Elles sont significativement corrélées aux températures ambiantes ( $p < 0,0001$ ).

La réduction des expositions des occupants de locaux contaminés par des PCB par le retrait des matériaux, solution plus coûteuse, plus délicate du fait des émissions possibles lors des opérations de retrait et plus sensible car nécessitant une relocalisation temporaire des occupants, n'est donc pas indispensable.

### Commentaires et conclusion du lecteur

Cette étude a été bien conduite et fournit des résultats intéressants. Elle montre l'efficacité de mesures relativement simples de réduction des expositions aux PCB dans un bâtiment en contenant. Il convient néanmoins de rester vigilant sur les émissions des nouveaux matériaux mis en place afin de ne pas remplacer une pollution par une autre éventuellement plus nocive. Par ailleurs, l'historique de la contamination doit être conservée afin de ne pas réexposer les occupants lors de travaux ultérieurs (perçage, démolition de cloisons par exemple) sur les matériaux contenant des PCB et dont on aurait oublié l'existence. Enfin, l'augmentation du débit de ventilation peut poser des questions en termes de consommations énergétiques, qui ne sont pas évoquées par les auteurs.

Malgré l'efficacité des mesures mises en œuvre, les concentrations intérieures résiduelles restent plus élevées que celles rapportées dans la littérature pour des bâtiments ne contenant pas nécessairement des PCB, et plus élevées que le fond extérieur (de 3,8 à 10,4 ng/m<sup>3</sup>). Ces concentrations intérieures sont liées aux sources qui n'ont pas été « neutralisées » (mastic de dalles de sol, dalles de plafond, etc...), qui s'avèrent toujours émettrices mêmes si les teneurs en PCB y sont faibles. L'étude pourrait se poursuivre pour examiner la faisabilité de l'élimination complète des sources de PCB.

**Source :** MacIntosh, Minegishi et al. (2012) Mitigation of building-related polychlorinated biphenyls in indoor air of a school. *Environmental Health*, 11, 24.

**Article analysé par :** Corinne MANDIN, Centre scientifique et technique du bâtiment – CSTB ; corinne.mandin@cstb.fr

d'une prise d'air située sur le toit), systèmes déjà installés dans plus de 1100 écoles en Angleterre.

Seize salles de classe de cinq écoles différentes du sud de l'Angleterre (construites après 2003 en zones urbaines) ont été étudiées. Les capteurs de vent (qui fonctionnent sous l'action de la pression du vent) sont raccordés à un conduit pour l'introduction de l'air neuf et l'extraction de l'air vicié, au plafond, via un diffuseur. Des registres régulent le débit d'air en fonction de la température de l'air à l'intérieur (lorsque la température de consigne est atteinte – 22 °C en hiver et 16 °C en été – les registres s'ouvrent de 20 % par degré supplémentaire). Le free cooling nocturne est pratiqué entre 0h00 et 6h00 (tant que la température de l'air n'est pas inférieure à 15 °C). Dans certaines salles, des fenêtres peuvent être ouvertes. Il n'y a pas de système de ventilation mécanique ni d'extraction mécanique de l'air. L'étude s'est déroulée en été et en hiver (5 jours ouvrés). La concentration en CO<sub>2</sub>, la température et l'humidité relative de l'air ont été mesurées. La température extérieure a également été mesurée. Les débits de renouvellement d'air ont été mesurés par gaz traceur (SF<sub>6</sub>), ce qui inclut le débit d'air des systèmes de ventilation ainsi que les échanges entre les salles de classes et les zones adjacentes (extérieur et autres locaux).

Les résultats concernent des valeurs moyennes prenant en compte les périodes de 9h00 à 15h30 en semaine de classe. Les résultats ont été comparés aux exigences réglementaires en Angleterre, dictées par le Building Bulletin 101 (concentration moyenne en CO<sub>2</sub> inférieure à 1500 ppm et concentration maximum inférieure à 5000 ppm ; différence de température intérieur/extérieur en hiver : 5 °C maximum ; humidité relative de l'air comprise entre 30 et 70 %). En été (conduit complètement ouvert plus de 60 % du temps), les concentrations moyennes en CO<sub>2</sub> sont comprises entre 600 et 850 ppm (catégorie 1 selon NF EN 15251) alors qu'elles sont comprises entre 1000 et 1750 ppm en hiver (catégorie 4 selon NF EN 13779, conduit complètement fermé 92 % du temps). Les températures de l'air en été étaient comprises entre 19 et 23 °C (dans 4 salles de la même école la différence de température avec l'extérieur était supérieure à 5 °C). L'humidité relative de l'air était comprise entre 30 et 70 %, en été comme en hiver. L'utilisation des capteurs de vent et/ou l'ouverture des fenêtres permet d'augmenter les débits de renouvellement d'air et d'être généralement (mais pas pour toutes les salles de classe) en accord avec les minima (3 L/s/pers) et exigences (5 L/s/pers) réglementaires en Angleterre, en été. Le débit de purge (8 L/s/pers), débit maximum, peut également être généralement obtenu.

### Conclusion et discussion des auteurs

Les auteurs affirment qu'en hiver il serait préférable d'asservir l'ouverture des conduits non seulement aux valeurs de la température de l'air intérieur, mais aussi, de manière associée, aux concentrations en CO<sub>2</sub> car, en hiver, les débits de ventilation sont insuffisants. Les auteurs recommandent aussi de purger les salles de classe en périodes inoccupées de manière à abaisser les concentrations en CO<sub>2</sub> au niveau des valeurs ambiantes (extérieur). Les systèmes de ventilation utilisés permettent d'améliorer la



## Gestion Technique / Divers

### Qualité de l'air intérieur dans des salles de classe ventilées naturellement à l'aide de capteurs de vent

Les salles de classe dans les écoles sont souvent sous-ventilées (en référence aux normes en vigueur), ce qui a pour conséquence des valeurs élevées de concentrations en CO<sub>2</sub> et autres polluants dans l'air. Les débits d'air sont par ailleurs plus faibles dans les écoles ventilées naturellement que dans celles ventilées mécaniquement. Une mauvaise qualité de l'air intérieur peut avoir des effets négatifs sur le confort des élèves ainsi que sur leurs performances. Les auteurs ont étudié *in-situ* les performances de « windcatcher » (« capteurs de vent » : introduction d'air en partie haute d'une salle de classe à l'aide

ventilation naturelle des salles de classe en été en l'associant au besoin à l'ouverture des fenêtres et d'ainsi être en accord avec les exigences du Building Bulletin 101 en Angleterre.

### Commentaires et conclusion du lecteur

Le système décrit peut s'appeler en français «ventilateur de toit à fentes» ou «capteur de vent». Un schéma de ces systèmes aurait permis une meilleure compréhension de sa conception. Des informations beaucoup plus précises sont disponibles dans la thèse de l'un des auteurs, téléchargeable gratuitement à l'adresse Internet suivante :

<http://bura.brunel.ac.uk/bitstream/2438/4713/1/Fulltext.pdf>.

Les salles de classes sont, comme l'affirment les auteurs, généralement sous ventilées et la seule ouverture des fenêtres (difficile à recommander en zones urbaines comme c'est le cas dans cette étude) ne permet pas d'obtenir le confort et la qualité de l'air souhaités. Le système présenté est intéressant, en particulier en été lorsque les exigences de confort et de qualité de l'air intérieur sont respectées, car il ne consomme pas beaucoup d'énergie (point non abordé dans l'article). Ses limites sont atteintes en hiver (débits trop faibles) car la stratégie d'asservissement à la température de l'air intérieur n'est pas bonne (la ventilation est utilisée pour évacuer l'humidité et les polluants de l'air intérieur, pas pour réguler la température de l'air).

Les auteurs ne précisent pas de quelle(s) manière(s) les salles de classes sont chauffées en hiver ni selon quelle(s) stratégie(s).

**Source :** B.-M. Jones, R. Kirby (2012). Indoor air quality in U.K. school classrooms ventilated by natural ventilation windcatchers, *International Journal of Ventilation*, Vol. 10, No. 4, 323-337.

**Article analysé par :** Alain GINESTET, CETIAT ; [alain.ginestet@cetiat.fr](mailto:alain.ginestet@cetiat.fr)

## Publications

### Retour sur la conférence Healthy Buildings été 2012 : sujets marquants

La 10<sup>ème</sup> conférence internationale Healthy Buildings a eu lieu à Brisbane en Australie du 8 au 12 juillet 2012.

Découpée en dix sessions, elle s'est focalisée sur les thématiques suivantes :

- Ventilation
- Polluants chimiques
- Problèmes et solutions locales
- Réglementations et politiques publiques
- Développement durable
- Particules
- Impact sanitaire des polluants chimiques
- Moisissures et microbes

Chaque session était introduite par deux conférences plénières et comportait des sous-sessions parallèles abordant les différents thèmes cités ci-dessus ainsi que des groupes de travail sur des sujets spécifiques.

Deux sujets ont particulièrement été mis en exergue du fait des enjeux sanitaires associés et de leur influence majeure sur les orientations des travaux futurs :

- 1 L'impact du changement climatique, de l'urbanisation et de

la surpopulation sur la qualité de l'air intérieur, les habitudes de vie, l'organisation de l'habitat et de la ville

- 2 Les nouvelles études sur les voies et sources d'exposition aux composés organiques semi-volatils (COSV)

**1-** Le changement climatique, l'urbanisation grandissante, laissent présager des impacts forts mais encore peu caractérisés sur la qualité de l'air intérieur. D'importantes modifications de l'habitat seront indispensables pour réduire les émissions en CO<sub>2</sub> qui en découlent. Ces modifications auront des répercussions sur l'architecture et le dimensionnement de l'habitat, les sources intérieures de polluants, l'utilisation de la climatisation et du chauffage, les taux de ventilation, ... A ces modifications viennent s'ajouter les événements climatiques extrêmes de plus en plus nombreux ainsi que la surconsommation énergétique, qui laissent entrevoir de nouvelles sources d'exposition et de nouveaux risques sanitaires pour les populations, imposant de repenser les paysages urbains et les habitudes de vie.

Ainsi, un groupe de travail s'est tenu pour identifier les axes de recherche prioritaires et, quel que soit le sujet, les conclusions convergent vers un manque patent de données et la nécessité de caractériser leur impact sur la qualité des environnements intérieurs :

- Augmentation des bâtiments « verts, zéro énergie et zéro carbone » et nécessité de les intégrer dans les modèles d'évaluation de la qualité de l'air intérieur
- Urbanisation et accroissement de la population et amélioration des connaissances pour orienter les politiques de gestion de la ville et du trafic, évaluer les impacts socio-économiques pour changer les habitudes de vie et les comportements. ...
- Usage accru de la climatisation et des matériaux synthétiques et développement de technologies nouvelles

### Références bibliographiques :

Climate Change, the Indoor Environment, and Health" Institute of Medicine (IOM), 2001<sup>4</sup>.

Tham et al. Editorial Priorities for ISIAQ in addressing climate change and sustainability challenges. *Indoor Air* 2013; 23: 1-3<sup>5</sup>

**2-** Concernant le sujet de l'exposition aux COSV, un groupe de travail s'est tenu sur l'exposition par inhalation pendant le sommeil. Si un individu passe environ 80-90% de son temps dans des environnements intérieurs, il passe également environ 1/3 de son temps à dormir. De ce fait, le micro-environnement que représente le matelas (et plus globalement le lit) de la chambre à coucher est un lieu d'étude à privilégier en terme d'exposition, d'autant plus que ce dernier n'a pas fait l'objet d'un focus particulier jusqu'à présent. Dans ce contexte, les composés organiques semi-volatils représentent un sujet d'intérêt tout particulier étant donné leurs propriétés physico-chimiques (exposition par inhalation ainsi que par contact, présence en phases gaz et particulaire).

En effet, la température et l'humidité relative dans un lit occupé sont plus élevées qu'en ambiance intérieure, ce qui crée une situation spécifique et propice à la migration de ces substances du matelas vers l'air ambiant. Par ailleurs, dans un lit, la zone de respiration de l'individu est au plus proche de la source.

De plus, au cours du sommeil, les mouvements de l'individu sont également un facteur de remise en suspension des composés en

phase particulière, tout comme le fait d'aérer, faire son lit. Enfin, le lit est un lieu privilégié d'exposition par voie cutanée étant donné les surfaces de contact potentielles ainsi que les conditions de température et d'humidité relative que l'on peut y retrouver.

Autant d'éléments qui peuvent conduire à se poser les questions suivantes :

- Vaut-il mieux aérer son lit pour réduire la présence des acariens, au détriment de l'exposition aux substances en phase particulière ?
- Faut-il maintenir une faible température dans la chambre à coucher, impliquant l'utilisation de couvertures/couettes contribuant à augmenter la température du matelas ?
- Des bonnes pratiques du sommeil sont-elles à recommander ? Dormir avec le bras/le coude sous la tête afin d'avoir une zone de protection vis-à-vis de l'exposition par inhalation liée au matelas, ne pas dormir avec le nez sous la couette, ... [Laverge et al. 2012].

Concernant l'exposition par voie cutanée, C.J. Weschler (2012), lors d'une conférence plénière, a notamment présenté la revue bibliographique qu'il a co-écrite avec W.W. Nazaroff sur les mécanismes d'exposition cutanée aux COSV dans les environnements intérieurs. Il a notamment souligné les besoins relatifs à une meilleure compréhension de l'influence des particules et des poussières dans l'exposition cutanée, des habitudes d'habillement et de sommeil comme vecteurs de transport.

Par Caroline Marchand et Laura Chiappini,  
Institut national de l'environnement industriel et des risques  
(INERIS), Parc Technologique ALATA, Verneuil-en-Halatte

### Références bibliographiques :

Laverge J., Novoselac A., Corsi R. and Janssens A. Experimental assessment of exposure to gaseous pollutants from mattresses and pillows while asleep. 10th International conference, Healthy Buildings 2012 Proceedings (session 10B.7)  
Weschler C.J. and Nazaroff W.W. Review Article: SVOC exposure indoors: fresh look at dermal pathways. *Indoor Air* 2012; 22: 356–377.

<sup>4</sup> Disponible sur <http://www.iom.edu/Reports/2011/Climate-Change-the-Indoor-Environment-and-Health.aspx>

<sup>5</sup> <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ina.12014/pdf>

## News

### Qualité de l'air dans les écoles : point sur les connaissances nouvelles et démarrage de la campagne nationale de l'OQAI

Le 13 juin 2013, au CSTB Paris, à l'occasion du démarrage de sa campagne nationale dans 300 écoles maternelles et élémentaires de toute la France, l'OQAI présente les connaissances les plus récentes sur la qualité de l'air et la santé dans ces bâtiments : Emissions des fournitures scolaires, présence de phtalates et d'autres composés organiques semi-volatils dans l'air et les poussières... réservez votre après-midi du 13 juin pour venir assister à la présentation des derniers résultats de l'OQAI sur ces thématiques. Cet atelier sera aussi l'occasion de présenter les résultats de l'étude européenne SINFONIE, Schools Indoor

Pollution and Health: Observatory Network in Europe, qui vient de se terminer. Un point sera également fait sur la surveillance obligatoire de l'air intérieur qui se met en place dans les écoles.

### Conférence du Centre d'études techniques de l'Équipement (CETE) Nord-Picardie : Qualité de l'air intérieur : pour une approche globale

Le 08 avril 2013, le CETE Nord-Picardie organise une conférence sur le thème « Qualité de l'air intérieur : pour une approche globale ». Cette conférence technique appartient au cycle des rendez-vous du CETE et s'adresse aux gestionnaires et occupants de bâtiments de bureaux de locaux scolaires ou d'habitation.

## Normalisation / Réglementation

### Nouvelle Valeur Guide de la Qualité de l'Air Intérieur

Parution de Valeurs Guides de la Qualité de l'Air Intérieur (VGAI) par l'ANSES en février 2013 pour le dioxyde d'azote.

Avis relatif à la proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur pour le dioxyde d'azote.

- effet court terme 1h : 200 µg/m<sup>3</sup>

- effet long terme > 1 an : 20 µg/m<sup>3</sup>

Le document pdf est disponible à l'adresse ci-dessous :

<http://www.anses.fr/fr/documents/AIR2011sa0021Ra.pdf>

### 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 : Philippe Hubert

Comité de rédaction du N°36 : O. Ramalho, M-A. Kerautret, H. Baysson, E. Revelat, C. Nicolle, L. Mosqueron, V. Nedellec, G. Boulanger, R. Robichon, C. Marchand, J. Dalvai.

Maquette : Patrick Bodu

Coordination et contact : Julien Dalvai - [julien.dalvai@ineris.fr](mailto:julien.dalvai@ineris.fr)  
ISSN 1760-5407

INERIS, Parc Technologique ALATA, BP 2, 60550 Verneuil-en-Halatte, France

Le réseau RSEIN, en relation avec l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur, est constitué de représentants des structures suivantes : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, 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 Sécurité 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 : [julien.dalvai@ineris.fr](mailto:julien.dalvai@ineris.fr)

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