

## Edito

### Coûts de la pollution de l'air intérieur : de quelles données dispose-t-on ?

L'évaluation des coûts économiques liés aux pollutions environnementales est un exercice complexe mais pourtant indispensable pour hiérarchiser les priorités d'actions et dimensionner ces dernières. Dans le domaine de l'air intérieur, même si les travaux restent très peu nombreux, ce sujet est traité depuis plusieurs années dans les autres pays, notamment aux Etats-Unis et en Europe du Nord.

La Californie a chiffré en 2005 un coût annuel de la pollution de l'air intérieur de 45 milliards de dollars environ pour ce seul État, pour l'année 2000 prise en référence<sup>1</sup>. Une large part (\$25 milliards) correspond au coût sanitaire du tabagisme passif ; il a probablement aujourd'hui diminué du fait de l'interdiction de fumer dans de nombreux lieux aux Etats-Unis.

Toujours aux Etats-Unis, Fisk et al.<sup>2</sup> se sont intéressés aux environnements de bureaux. Ils ont évalué le coût d'un environnement intérieur non optimisé dans les bâtiments de bureaux, puis les coûts associés aux mesures de remédiation et, en conséquence, les bénéfices économiques globaux. Par exemple, ils ont quantifié, pour l'ensemble du parc des immeubles de bureaux aux Etats-Unis, les bénéfices d'une augmentation du débit d'air neuf permettant d'atteindre la valeur recommandée quand celle-ci n'était pas respectée. L'augmentation des débits d'air a un coût pour les bâtiments ne respectant pas la valeur cible, mais permet par ailleurs de réduire l'absentéisme, le syndrome des bâtiments malsains et d'augmenter la performance des travailleurs, dont le coût global est évalué à 5,6 milliards de dollars annuellement. Les différents scénarios étudiés conduisent à des bénéfices qui pourraient atteindre 17 milliards de dollars annuellement.

Les études conduites en Europe récemment<sup>3,4,5</sup> ont évalué les



impacts sanitaires de la pollution de l'air intérieur en utilisant la méthode des DALY (Disability Adjusted Life Years) proposée par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) pour calculer le « fardeau des maladies ». Le DALY est une métrique correspondant à un nombre cumulé d'années perdues du fait d'une mauvaise santé, d'un handicap ou d'une mort prématurée. La conversion des DALY en termes monétaires n'a pas été réalisée dans ces études.

Jusqu'alors limitées aux logements et aux bureaux, les études ont été récemment élargies aux écoles. Lors de la conférence internationale Indoor Air qui s'est tenue en juillet 2014, des chercheurs danois (Wargocki et al.) ont présenté une étude visant à évaluer l'augmentation respective du produit intérieur brut (PIB) et des finances publiques qui serait associée à une amélioration de la ventilation dans toutes les écoles du pays. L'apport d'air neuf à hauteur d'un débit de 8,4 L/s/personne diminuerait le taux d'absentéisme d'une demi-journée par an et par enseignant et ferait gagner 10 points supplémentaires au test PISA (Programme of International Student Assessment). Au final, ces bénéfices pour l'apprentissage des enfants conduiraient à une augmentation annuelle de 173 millions d'euros du PIB et de 37 millions d'euros des finances publiques.

En France, des éléments sont également disponibles pour certains polluants : amiante, plomb, radon, benzène, etc. Pour l'amiante<sup>6</sup>, la problématique est très complexe car les impacts sanitaires actuels et futurs (par exemple, 18 000 à 25 000 décès par mésothéliome attendus d'ici 2050 selon l'Institut de veille sanitaire) sont en partie liés à une situation professionnelle passée, avant l'interdiction de l'utilisation d'amiante au 1er janvier 1997. On ne peut donc mettre en regard les coûts actuels liés au désamiantage, évalués à 2,3 milliards d'euros dans le parc des logements sociaux par l'Union sociale pour l'habitat (6), aux « gains sanitaires » qui pourraient être obtenus en contrepartie.

S'agissant du plomb<sup>7</sup>, dans son rapport paru en juillet 2014 proposant de nouveaux objectifs de gestion, le Haut

## Sommaire

Météorologie : p 2 ; Concentrations environnementales et expositions : p 3 ; Risque et impact sur la santé : p7 ;

Gestion technique : p 9 ; News : p 10;

*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.*

Conseil de la santé publique (HCSP) a évalué les coûts et les bénéfices marginaux (i.e. par rapport à la situation actuelle si elle reste inchangée) associés à la mise en place de nouvelles valeurs définissant le saturnisme infantile (25 ou 50 µg/L). Les coûts sont liés au dépistage à mettre en place ; trois stratégies sont évaluées. Les gains correspondent notamment à l'évitement des frais d'éducation spécialisée des enfants ayant des troubles du comportement liés à leur plombémie. Au final, les bénéfices sont positifs et vont de 7,5 à 182 millions d'euros annuellement.

Enfin, une première estimation du coût socio-économique de la pollution de l'air intérieur en France a été publiée en 2014 par l'Agence nationale de sécurité sanitaire en charge de l'alimentation, de l'environnement et du travail, le Centre scientifique et technique du bâtiment dans le cadre de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur et Pierre Kopp, Professeur en économie<sup>8</sup>. Six polluants pour lesquels les impacts sanitaires liés aux expositions de la population française dans les bâtiments étaient soit disponibles, soit calculables, ont été retenus (le benzène, le radon, le trichloréthylène, le monoxyde de carbone, les particules et la fumée de tabac environnementale). La monétarisation de ces impacts (coûts des décès prématurés, de la prise en charge des soins, des pertes de production, de la recherche, etc.) a conduit à un total de 19 milliards d'euros par an.

Ces études diffèrent toutes selon la méthode suivie, les polluants et effets sanitaires considérés, les transpositions en termes économiques. Néanmoins, elles restent globalement cohérentes dans les ordres de grandeur avancés pour le coût de la pollution dans les bâtiments. Les très nombreuses hypothèses posées pour mener les calculs appellent à un approfondissement de ces travaux pour des évaluations plus précises et plus complètes, et pour pouvoir réaliser, à terme, des analyses coûts-bénéfices permettant d'orienter et de dimensionner l'action des acteurs.

**Corinne Mandin**

**Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB)**  
corinne.mandin@cstb.fr

<sup>1</sup> CARB (2005) Report on indoor air pollution in California. US-California: 363 p.

<sup>2</sup> Fisk WJ, Black D, Brunner G (2011) Benefits and costs of improved IEQ in U.S. offices. *Indoor Air*, 21: 357-67.

<sup>3</sup> Hänninen O, Knol A (2011) EBoDE-Report. Environmental Perspectives on Environmental Burden of Disease. Estimates for Nine Stressors in Six European Countries. National Institute for Health and Welfare (THL), Helsinki, Finland: 86 p.

<sup>4</sup> Jantunen M, Oliveira Fernandes E, Carrer P, Kephelopoulos S (2011) Promoting actions for healthy indoor air (IAIAQ). European Commission Directorate General for Health and Consumers. Luxembourg: 52 p.

<sup>5</sup> Schram-Bijkerk D, van Kempen EE, Knol AB (2013) The burden of disease related to indoor air in the Netherlands: do different methods lead to different results? *Occupational and Environmental Medicine*, 70: 126-32.

<sup>6</sup> Sénat (2014) Amiante: des enjeux toujours actuels, relever le défi du désamiantage. Rapport d'information de Mme Aline Archimbaud, MM. Gilbert Barbier, Gérard Dériot, Mme Catherine Deroche, MM. Jean-Pierre Godefroy, Ronan Kerdraon, Jean-Marie Vanlerenberghe et Dominique Watrin, fait au nom de la commission des affaires sociales n° 668 (2013-2014) : 149 p.

<sup>7</sup> HCSP (2014) Expositions au plomb : détermination de nouveaux objectifs de gestion. Haut Conseil de la santé publique : 99 p.

<sup>8</sup> Kopp et al. (2014) Étude exploratoire du coût socio-économique des polluants de l'air intérieur : 96p

[http://www.oqai.fr/userdata/documents/449\\_Rapport\\_Cout\\_economique\\_PAI\\_Avril2014.pdf](http://www.oqai.fr/userdata/documents/449_Rapport_Cout_economique_PAI_Avril2014.pdf)

## Métrologie

### **L'utilisation de produits de nettoyage en environnement intérieur conduit à la formation de composés oxygénés polaires et d'Aérosols Organiques Secondaires (AOS) : Caractérisation chimique de la phase gazeuse et particulaire**

Ce travail effectué en France a pour objectif d'étudier la formation d'Aérosols Organiques Secondaires (SOA, ou Secondary Organic Aerosol) à partir de l'ozonolyse du limonène contenu dans des produits de nettoyage dans des atmosphères intérieures. Cette étude combine à la fois des expérimentations d'ozonolyse en chambre de simulation atmosphérique et des études de terrain, incluant différents scénarios d'utilisation de produits d'entretien en conditions réelles, dans une maison expérimentale. Les travaux effectués font partie du projet « Activités Domestiques et Qualité de l'air intérieur (ADOQ) » dont les objectifs sont de quantifier et d'identifier les COVs et les particules émises ou formées secondairement suite à l'utilisation de produits ménagers.

Pour ce travail, les émissions de 54 produits de nettoyage ont été caractérisées et quantifiées à l'aide d'une chambre d'émissions. Parmi ces produits, ceux qui présentaient les taux d'émissions les plus élevés (15), en particulier le limonène, ont été évalués sur le terrain (COVs, COVs oxygénés, taille et nombre de particules). Dans cette publication, seul le produit qui présente le plus fort taux d'émissions de limonène et de formation de particules secondaires est abordé. Les essais d'émissions ont été réalisés par dépôt du produit sur une surface en verre placée dans une chambre régulée en température, humidité et ventilation selon la norme ISO 16000-9. Les COVs et aldéhydes ont été mesurés entre 0 et 30 minutes et entre 30 et 60 minutes après l'application du produit. Leurs analyses ont suivi les normes ISO 16000-6 et 16000-3.

Le prélèvement des phases gazeuse et particulaire a été effectué à l'aide d'un tube en Tenax® préalablement imprégné de PFBHA (O-(2,3,4,5,6-Pentafluorobenzyl)hydroxylamine hydrochloride) pour les composés carbonylés et de MtBSTFA (N-Methyl-N-tert-butyl dimethylsilyl-trifluoroacetamide) pour les composés hydroxylés et d'un filtre (dérivé après l'échantillonnage) respectivement pour les phases gazeuse et particulaire. Les deux pièges ont ensuite été désorbés thermiquement et analysés par chromatographie en phase gazeuse équipée d'un spectromètre de masse quadripolaire. Les mesures de terrain ont été réalisées entre juillet 2010 et février 2011 dans la maison expérimentale MARIA.

Les mesures d'émissions réalisées dans la chambre ont montré que les produits émis en plus grande quantité sont le 1-butoxy-2-propanol et le dipropylène glycol monométhyle éther. Parmi les COVs réactifs par ozonolyse, le limonène est le composé le plus émis. Cependant le dihydromyrcénol et le terpinéol, du fait de leur double liaison, peuvent également réagir avec l'ozone.

Concernant les mesures dans la maison MARIA, les COVs présentant les plus fortes concentrations sont : le 1-butoxy-2-propanol, le di-sec-Butyl éther, le 1-(2-méthoxypropoxy)-2-propanol et le dipropylène glycol monométhyle éther. S'ajoutent le limonène, molécule la plus réactive, le dihydromyrcénol, un parfum largement

utilisé, l'eucalyptol et le 6-méthyl-heptène-2-one. Ces composés peuvent réagir avec l'ozone et former des aérosols secondaires. Le 6-méthyl-heptène-2-one a par exemple été identifié comme un produit secondaire d'ozonolyse de surfaces végétales.

Concernant les particules, une augmentation du nombre de particules a été observée en présence d'ozone, ainsi qu'une décroissance concomitante des concentrations en ozone et en limonène. Ceci montre le rôle de l'ozone dans la formation de particules et suggère une formation secondaire de particules.

Dans l'optique de confirmer l'origine secondaire des particules, une étude simultanée des phases gazeuse et particulaire dans le but de rechercher les produits formés lors de l'ozonolyse du limonène a été entreprise. Différentes molécules ont été observées essentiellement des aldéhydes (kétolimonène, limononaldéhyde,...) et des acides (acides lévulinique, kétolimonique,...).

En présence d'ozone, il y a formation d'Aérosols Organiques Secondaires consécutifs à l'émission de limonène, substance hautement réactive. Ceci a pu être mis en évidence expérimentalement par le suivi de l'évolution des précurseurs et des particules avant, pendant et après l'application du produit. Des mécanismes réactionnels ont pu être proposés notamment pour les acides carboxyliques qui sont formés lors de l'ozonolyse du limonène. Ces produits ont pu être identifiés pour la première fois par ce travail.

Les résultats obtenus lors de l'application de produit d'entretien en conditions réelles sont très utiles pour évaluer qualitativement et quantitativement l'exposition des populations à la fois aux particules ultra-fines et aux composés oxygénés dans l'air intérieur.

### Commentaires et conclusion du lecteur

Cet article n'est pas spécifique à la qualité de l'air intérieur car il ne présente pas, par exemple, des résultats analytiques consécutifs à un « monitoring » de l'air intérieur. En effet, il présente de manière très complète une série de résultats expérimentaux, réalisés à la fois dans une chambre d'exposition et en conditions réelles, sur l'effet de l'ozonolyse du limonène émis par des produits d'entretien et sur la formation d'aérosols secondaires et la production de molécules oxygénées.

Cette étude est originale dans le sens où elle est la première qui tente d'identifier les produits issus de la réaction d'ozonolyse et de proposer certains mécanismes réactionnels responsables de leur production. Elle présente également l'intérêt de mettre en évidence la nécessité d'étudier non pas uniquement les molécules primaires qui sont émises mais également leurs produits de dégradation.

Il est à noter que les auteurs ont également utilisé une méthode originale d'analyse des fractions gazeuse et particulaire de l'air qui a été échantillonné.

Source : S. Rossignol, C. Rio, A. Ustache, S. Fable, J. Nicolle, A. Mème, B. D'Anna, M. Nicolas, E. Leoz, L. Chiappini (2013) The use of a housecleaning product in an indoor environment leading to oxygenated polar compounds and SOA formation: Gas and particulate phase chemical characterization. Atmospheric Environment 75, 196-205.

Article analysé par : Maurice Millet, Université de Strasbourg ; mmillet@unistra.fr



## Concentrations environnementales et expositions

### Tendances à long terme des Composés Organiques Volatils (COV) dans les environnements intérieurs - 15 ans de suivi avec la prise en compte des conditions des lieux de vie

Plusieurs études épidémiologiques ont montré ces dernières années qu'il existait des relations entre l'exposition aux COV dans les espaces intérieurs et des signes et symptômes de dégradation de l'état de santé de la population. L'hypothèse développée par les auteurs est de considérer que des changements dans le temps du profil des COV présents dans les environnements intérieurs (concentrations et proportions relatives de ces composés) pourraient être à l'origine d'effets négatifs ou positifs sur la santé. En conséquence, l'objectif de cette étude est d'examiner si les niveaux de concentration de différentes familles de COV et leurs proportions relatives ont connu des changements au cours d'une période passée de 15 ans. L'évaluation fut conduite dans la ville allemande de Leipzig et se base sur l'exploitation d'une longue série temporelle de mesures de COV réalisées de 1994 à 2008.

Les données comprennent 2679 mesures individuelles (4725 participants) qui sont issues de différentes études épidémiologiques de cohortes dont le suivi débute à la naissance de l'individu. Des mesures de COV par échantillonnage passif sont réalisées à la naissance de l'individu dans la pièce de l'habitat où il passe le plus de temps dans une journée (chambre ou salle de séjour) puis dans les années suivantes à l'anniversaire de la personne (avec des interruptions : mesure annuelle non systématique). Le recrutement s'étant déroulé sur une période d'une à deux années, les mesures sont réparties de façon homogène sur l'année, aucune saison n'est sous ou sur représentée. Le nombre de mesures par an est en moyenne de 268 avec un minimum de 88 la première année du suivi (1994) et un maximum de 556. Le badge 3M comprenant un média de piégeage à base de charbon actif est le système d'échantillonnage passif utilisé avec une durée de prélèvement de 4 semaines. Les composés échantillonnés sur le charbon actif sont extraits avec du disulfure de carbone et analysés par chromatographie en phase gazeuse avec un détecteur à capture d'électrons (pour les halogénés) et un détecteur à ionisation de flamme (pour les autres composés). 26 COV sont mesurés ; ils appartiennent à cinq groupes : les alcanes de 7 à 13 atomes de carbone, les cycloalcanes, les aromatiques dont le benzène et le toluène, les composés chlorés dont le tétrachloroéthylène et les terpènes. Les limites de détection sont comprises entre 0,1 et  $1\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  selon les composés visés.

L'analyse des variations temporelles des concentrations de COV dans la période 1994 – 2008 montre des décroissances significatives pour la somme totale des COV et pour les aromatiques et une tendance à la baisse (non significative) des concentrations d'alcanes. A l'inverse, aucun changement temporel n'est observé pour les cycloalcanes, les hydrocarbures chlorés et les terpènes. L'analyse portant sur les COV pris individuellement montre une réduction marquée et significative des composés suivants : le toluène, l'o-xylène, le 3-éthyltoluène et le tétrachloroéthylène.

Avec cette évolution globale à la baisse des COV totaux et de certains de ses groupes, la proportion des substances individuelles dans le total des COV montre une nette évolution. Alors que les proportions des alcanes et des aromatiques diminuent de -4,1 et de -4,7  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  par an respectivement, la proportion des terpènes augmente sensiblement de +0,3  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  par an. Des hypothèses sont données par les auteurs pour expliquer les tendances observées. À partir du milieu des années 1990, les solvants à faible point d'ébullition entrant dans la composition de différents produits comme les peintures et les laques ont été remplacés par des glycols et des alcanes de poids moléculaire élevé beaucoup moins volatils (non quantifiés dans la présente étude). Par ailleurs, une réglementation pour limiter l'usage du toluène a été mise en place en Allemagne à partir de 1996. Ces deux changements peuvent potentiellement être la cause des tendances observées.

L'article examine les changements des niveaux intérieurs de différentes familles de COV et les proportions relatives de ces groupes à partir d'une série de mesures réalisées dans des logements de la ville allemande de Leipzig de 1994 à 2008. Une nette réduction de la somme des COV et des aromatiques ainsi qu'une orientation à la baisse des alcanes ont pu être démontrées et mises en relation avec l'application de réglementations nationales et des choix volontaires faits par les industriels visant à réduire voire remplacer certains COV dans les produits présents dans les environnements intérieurs. L'accent est mis sur les terpènes dont l'exposition tend à légèrement augmenter. Ces derniers sont associés à des effets sanitaires assez spécifiques qui pourraient dans l'avenir apparaître dans les études épidémiologiques. Les auteurs concluent que l'effort de réduction des émissions anthropiques de COV dans l'air ambiant devrait être dans l'avenir associé à une limitation de COV à impact sanitaire avéré dans les environnements intérieurs.

### Commentaires et conclusion du lecteur

L'intérêt principal de l'étude est qu'elle s'appuie sur une longue série temporelle de mesures ce qui consolide les tendances identifiées. Il est à noter que la tendance à la baisse de l'exposition aux aromatiques est également relevée dans le suivi de la cohorte américaine NHANES (Su et al., Atmos. Environ., 2011) et dans la surveillance mise en place au Japon sur la qualité de l'air dans les habitations nouvellement construites (Osawa et Hayashi, Building and Environ., 2009). Le point faible de l'étude est l'absence dans la sélection des COV mesurés, des aldéhydes et cétones, des alcanes à plus de 13 atomes de carbone, des alcènes comme le 1,3-butadiène et de composés oxygénés comme les éthers et les alcools. Une analyse élargie à ces autres familles de composés aurait permis d'approfondir les causes des tendances et de conduire à des conclusions sur l'évolution des proportions relatives des groupes de COV sans doute très différentes. La détection par spectrométrie de masse aurait également permis une identification des composés majoritaires présents dans l'air.

Source : O. Herbarth and S. Matysik (2013), Long-term trend of indoor Volatile Organic Compounds – A 15-year follow-up considering real living conditions, Indoor and Built Environment 4 (2013) 669–677.

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



## Concentrations environnementales et expositions

### Benzotriazole, benzothiazole, benzophénone et leurs dérivés : de nouveaux composés dans les poussières de logements et de bureaux

Le benzotriazole, le benzothiazole et la benzophénone, et leurs dérivés, sont des agents anticorrosion, qui sont notamment ajoutés dans les revêtements (peintures) et les plastiques. Certains sont suspectés d'être cancérigènes, mutagènes ou perturbateurs endocriniens. Leur mesure dans les environnements intérieurs a fait l'objet de très peu d'études à ce jour (deux recensées par les auteurs, en Espagne et aux Philippines). Les objectifs de Wang et al. étaient ainsi i) de documenter la présence de ces composés dans les poussières intérieures, en examinant les éventuelles différences entre zones urbaines et rurales, et ii) de quantifier l'exposition à ces substances via l'ingestion de poussières.

158 échantillons de poussières au sol ont été collectés entre 2006 et 2012 dans 14 localités de 4 pays. Aux Etats-Unis, au Japon et en Corée du Sud, les poussières ont été collectées dans des logements à l'aide d'un aspirateur, tandis qu'en Chine, les poussières ont été collectées par balayage du sol dans des logements et des bureaux. Tous les échantillons ont été tamisés à 2 mm. Après extraction, purification, puis concentration, les extraits ont été analysés par chromatographie liquide haute performance couplée à un spectromètre de masse en tandem (HPLC/MS-MS). Les médianes et les gammes des concentrations mesurées sont reportées dans le Tableau ci-dessous.

Concentrations en benzotriazoles, benzothiazoles et benzophénones dans les poussières au sol de logements et de bureaux

	$\Sigma$ benzotriazole	$\Sigma$ benzothiazole	$\Sigma$ benzophenone
<b>Etats-Unis</b>			
Médiane (ng/g)	36	1 290	612
Min-Max (ng/g)	2,0-186	277-13 800	121-37 400
Fréquence de détection (%)	100 %	100 %	100 %
<b>Chine (n=55)</b>			
Médiane (ng/g)	19	857	79
Min-Max (ng/g)	1,6-1 980	119-6 540	9,2-3 870
Fréquence de détection (%)	100 %	100 %	100 %

	Σ benzotriazole	Σ benzothiazole	Σ benzophenone
<b>Japon (n=22)</b>			
Médiane (ng/g)	34	605	138
Min-Max (ng/g)	11-1 090	158-5 900	37-3 360
Fréquence de détection (%)	100 %	100 %	100 %
<b>Corée du Sud</b>			
Médiane (ng/g)	87	2 000	176
Min-Max (ng/g)	19-415	222-9 420	32-8 950
Fréquence de détection (%)	100 %	100 %	100 %

Les ordres de grandeur des concentrations diffèrent selon les pays, tout comme les proportions relatives de chaque composé dans les trois groupes considérés varient selon les pays. Ces proportions apparaissent systématiquement différentes en Chine par rapport aux autres pays (bureaux exclus).

La comparaison des concentrations mesurées dans les logements chinois en zones urbaines (n=38) et en zones rurales (n=5) montre des concentrations totales significativement inférieures ( $p < 0,05$ ) en zones rurales, pour chaque groupe de composés. Par ailleurs, la comparaison des concentrations en benzotriazoles dans les poussières de maisons (n=38) et de bureaux (n=12) montre des concentrations significativement plus élevées dans les bureaux, possiblement en lien avec l'utilisation de ces substances dans les encres pour imprimantes et photocopieurs afin de protéger les pièces métalliques de ces appareils. A contrario, les concentrations en benzophénones sont significativement plus élevées dans les logements, ce que les auteurs expliquent par l'utilisation de ces composés dans les cosmétiques, en particulier les crèmes solaires. Aucune différence de niveaux de concentrations dans les poussières entre logements et bureaux n'est observée pour les benzothiazoles.

Les auteurs terminent par le calcul des doses journalières d'exposition par ingestion de poussières, pour les enfants et les adultes respectivement, à partir des moyennes géométriques des concentrations. En l'absence de données sur les doses journalières d'exposition totales pour les benzotriazoles et les benzothiazoles, la contribution de l'exposition par ingestion de poussières ne peut pas être déterminée pour ces familles chimiques. Pour les benzophénones, les auteurs mettent en perspective la dose journalière d'exposition calculée pour les adultes américains avec la valeur de 300 ng/kg/jour calculée pour les femmes américaines à partir des concentrations urinaires dans l'une de leurs précédentes études. Pour cette population, la contribution de l'exposition aux benzophénones par ingestion de poussières est de l'ordre de 0,1 %.

## Commentaires et conclusion du lecteur

Cette étude est très intéressante dans le sens où elle documente les concentrations dans les poussières de logements et de bureaux de composés quasiment jamais recherchés dans ce média à ce jour et dont les effets sanitaires ne semblent pas négligeables. Elle confirme leur caractère ubiquitaire comme c'est le cas pour de nombreux autres composés organiques semi-volatils (COSV) dans les poussières déposées. Il aurait été intéressant que les auteurs comparent les ordres de grandeur des concentrations mesurées avec ceux des concentrations d'autres COSV. Cette comparaison réalisée pour les hydrocarbures aromatiques polycycliques, les retardateurs de flamme bromés, les muscs de synthèse ou encore le bisphénol-A montre des ordres de grandeur équivalents. L'étude de ces composés reste à poursuivre, notamment par une évaluation de la contribution de l'exposition par ingestion de poussières pour les enfants, généralement plus exposés que les adultes à ce média, et par des mesures de concentrations dans l'air intérieur afin de compléter la connaissance de la contamination des bâtiments.

**Source :** Wang L. et al. (2013) Benzotriazole, Benzothiazole, and Benzophenone Compounds in Indoor Dust from the United States and East Asian Countries. Environ. Sci. Technol., state University of New York at Albany. 47, 4752-4759.

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

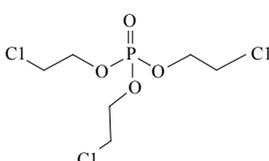


## Concentrations environnementales et expositions

### Le V6 – Un nouveau retardateur de flamme mesuré dans les produits de puériculture, la poussière domestique et dans les voitures

Alors que l'utilisation des polybromodiphényléthers (PBDE) est en perte de vitesse aux États-Unis, de nouveaux retardateurs de flammes alternatifs font leur apparition. C'est le cas du 2,2-bis(chlorométhyl)-propane-1,3-diyltetrakis(2-chloroéthyl) biphosphate, dénommé plus simplement V6, utilisé dans les mousses polyuréthanes destinées au mobilier ou à l'automobile. A ce jour, aucune étude ne fait état de son occurrence dans l'environnement. L'objectif de cette étude américaine est de mesurer la concentration de V6 dans certains produits de puériculture dans lesquels la substance a récemment été détectée, mais aussi dans des échantillons de poussières domestiques ou provenant d'habitacles de voitures.

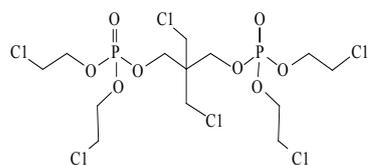
Pour pouvoir mesurer la concentration de V6, un étalon de cette substance a dû être au préalable préparé et purifié à partir d'un mélange commercial contenant comme impureté, à hauteur de 14 % en masse, du tris (2-chloroéthyl) phosphate (TCEP) considéré comme cancérigène. La structure du V6 est d'ailleurs similaire à un dimère du TCEP. La méthode analytique développée dans



TCEP (Tris (2-chloroethyl) phosphate) solide (SPE) et d'une analyse par

cette étude pour la mesure du V6 et du TCEP dans les poussières nécessite une extraction accélérée par solvant (ASE) suivie d'une étape de purification sur une colonne d'extraction en phase

chromatographie liquide couplée à un spectromètre de masse en tandem (LC/MS-MS). Les échantillons de poussières ont été collectés par aspiration dans la chambre de 20 pavillons situés à Boston en 2009. D'autres échantillons ont de la même façon été collectés à la surface des sièges avant et arrières de 20 voitures (de marques japonaises pour la plupart) en 2011. Dans une étude préalable, les auteurs avaient détecté le V6 sans pouvoir le quantifier dans 12 produits de puériculture sur 101, en majorité des coussins d'allaitement, un cale-bébé, un matelas de voyage et un porte-bébé. Ces 12 produits ont été retestés dans la présente étude.



V6 (2,2-bis(chloromethyl)-propane-1,3-diylditetrakis (2-chloroethyl) binhosphate)

Les résultats des mesures de V6 sont présentés au tableau 1. Les niveaux de V6 dans les produits de puériculture représentent en moyenne 4,6 % en masse de la mousse. Un niveau similaire de 36,5 mg/g a également été observé dans une mousse de canapé (sur 102 échantillons). Dans les mousses pour sièges automobiles, le V6 est appliqué à hauteur de 5 % ce qui est comparable avec les résultats observés pour d'autres types de mousses. Dans les poussières, les niveaux de TCEP observés sont significativement corrélés avec ceux du V6, ce qui implique que l'utilisation de ce dernier représente une source importante de TCEP dans l'environnement. Par ailleurs, les niveaux de TCEP sont systématiquement supérieurs à ceux du V6 dans les poussières, du fait d'une pression de vapeur plus importante et par conséquent d'une migration plus importante depuis les produits traités vers d'autres médias comme la poussière.

### Commentaires et conclusion du lecteur

Le V6 et son impureté le TCEP se retrouvent finalement très fréquemment dans les poussières domestiques et presque toujours dans la voiture, et ce malgré un usage qu'on pourrait croire limité compte tenu de son prix plus élevé que d'autres retardateurs de flammes. La présence de TCEP comme impureté est très dépendante des formulations commerciales et peut varier de 2 % à 18 % selon les auteurs. Le TCEP est classé dans le groupe 3 par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC), correspondant à un agent qui ne peut être classé comme cancérigène pour l'homme du fait de données limitées ou absentes. Son utilisation aux Etats-Unis avoisinait les 4000 tonnes en 1990 pour décroître à moins de 400 tonnes en 2002 et ne plus être mentionné en 2006 par l'agence de protection de l'environnement américaine (US EPA). Comparativement, dans l'union européenne, l'utilisation du V6 représentait moins de 2500 tonnes en 2000 en grande majorité dans l'industrie automobile. En France, l'utilisation du V6 n'est pas répertoriée. Il est toutefois vraisemblable que du V6 et du TCEP se retrouvent également dans nos poussières domestiques et dans nos voitures. Au final, l'originalité de cette étude repose sur la quantification de cette substance dans différents milieux. Pour autant, cette substance n'est pas nouvelle et pas prépondérante sur le marché des retardateurs de flamme. La vigilance repose sur la présence du TCEP comme impureté. Mais des formulations purifiées du V6, dénommées V66 sont déjà présentes sur le marché. Par contre, on ne sait encore rien sur le devenir du V6 et compte tenu de sa structure d'une éventuelle dégradation qui pourrait libérer du TCEP.

	Produits de puériculture 10 <sup>6</sup> ng/g		Poussière domestique ng/g		Poussière dans les voitures ng/g	
	V6	TCEP	V6	TCEP	V6	TCEP
% détection			70 %	48 %	95 %	95 %
Concentration	46.5 ± 12.0	3.6 ± 1.6	12.5 <sup>a</sup>	50.2 <sup>a</sup>	103 <sup>a</sup>	1080 <sup>a</sup>
Plage	24.5 – 59.4	1.1 – 5.9	<5 – 1110	<20 – 1350	<5 – 6160	<20 – 50120

Tableau 1 : Synthèse des mesures dans les produits de puériculture (n = 12), poussières domestiques (n = 20) et poussières dans les voitures (n = 20).

<sup>a</sup> valeur médiane

Enfin, la concentration de V6 dans les poussières de voitures est en valeur médiane pratiquement 10 fois plus importante que dans les poussières domestiques. Ceci indique que l'usage de V6 est plus systématique dans les voitures. Néanmoins, les concentrations mesurées de V6 dans les poussières sont bien inférieures aux niveaux observés d'autres retardateurs de flammes qu'ils soient bromés ou phosphorés. Sa structure et sa masse molaire élevée (583 g/mol) limitent sa mobilité par rapport aux autres retardateurs de flammes. L'utilisation du V6 n'est finalement pas si récente comme l'atteste des mesures réalisées dans une poussière de référence collectée dans les années 90 (NIST SRM 2585) avec des niveaux inhérents de V6 de 117 ± 6 ng/g. Néanmoins, elle peut encore potentiellement croître avec l'élimination progressive des PBDEs. La présence de TCEP dans les produits de puériculture traités avec du V6 peut soulever de l'inquiétude en terme d'exposition du nourrisson du fait de périodes prolongées de proximité avec les surfaces de mousses. Les données sur le V6 restent très limitées à ce jour et des études complémentaires sont nécessaires pour palier cela.

**Source :** Fang M, Webster TF, Gooden D, Cooper EM, McClean MD, Carignan C, Makey C, Stapleton HM (2013), Investigating a novel flame retardant known as V6: Measurements in baby products, house dust and car dust, Environmental Science & Technology, 47, 4449-4454.

**Article analysé par :** Olivier Ramalho, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Direction Santé Confort; olivier.ramalho@cstb.fr

## Concentrations environnementales et expologie

### Un nouveau paramètre d'exposition pour la pollution de l'air liée au trafic ? Une analyse des facteurs déterminants des hopanes dans la poussière déposée dans les habitats

La caractérisation et la mesure de l'exposition des populations à la pollution de proximité sont difficiles à établir et ont des limites : elles sont souvent basées sur le monitoring de polluants non spécifiques

au trafic, ou elles nécessitent l'utilisation de modèles ne pouvant généraliser des mécanismes complexes de pollution particulaire intérieure. L'auteur propose, sur la base d'études de cohorte menées entre 2005 et 2012 sur des logements canadiens, une méthode basée sur l'analyse de l'hopane. Ce traceur présent dans les lubrifiants moteurs, retrouvé dans les fumées d'échappement et dans les poussières déposées dans les habitations, peut être mesuré avec précision à de faibles niveaux.

Des échantillons de poussières de 171 habitations (5 villes couvrant 4 provinces canadiennes) provenant de trois études de cohortes distinctes (CHILD, TCHEQ et WOEAS) réalisées entre 2005 et 2012 ont été utilisés. Les prélèvements ont été réalisés par aspiration d'une surface définie du sol de pièces à vivre. Les échantillons ont été fractionnés en tailles de poussières, pesés, congelés à -80°C puis envoyés en analyse dans un laboratoire d'analyse national. Onze monomères de l'hopane ont été extraits puis quantifiés par GC-MS. Les résultats ont été exprimés en ng/mg de poussières, et en quantité relative du monomère principal par rapport à la somme des monomères d'hopane.

Les résultats ont été comparés à ceux provenant de l'air extérieur des mêmes villes (prélèvements sur 24h pour une fraction PM2.5 collectés par le réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique) pour certains mois de l'année 2010.

Des informations caractérisant l'habitat et le mode de vie, issues de questionnaires, ainsi que des données provenant de modèles de régression utilisant des données de terrain (degré d'urbanisation, volume de trafic...) ont été utilisées pour les analyses statistiques.

Dans tous les échantillons provenant de l'intérieur des domiciles et des stations de mesure, le même monomère d'hopane a été rencontré de façon majoritaire, suggérant une source commune et ce quel que soit le taux d'urbanisation de la ville étudiée (Toronto vs Winnipeg par exemple). Chacune des villes possédait un modèle de régression utilisant les données sur le terrain pour estimer les concentrations de NO<sub>2</sub> liées au trafic, qui a été utilisé pour expliquer la variabilité des concentrations d'hopanes. Une corrélation modérée mais significative a été observée pour le ratio (monomère principal/somme des monomères) à l'intérieur et à l'extérieur, avec un effet saisonnier mis en avant (plus importante en période estivale avec les fenêtres ouvertes). Une forte variabilité des concentrations a été observée selon les villes. Globalement, dans chacune d'elles, les facteurs déterminants étaient spécifiques à l'habitat (nettoyage, utilisation de la ventilation, retrait des chaussures) et dépendaient des conditions météorologiques, mais également des niveaux extérieurs.

Le prélèvement et l'analyse des dépôts de poussières est une méthode permettant d'améliorer l'évaluation de l'exposition à la pollution liée au trafic, offrant une matrice intéressante pour les analyses de composés biologiques ou chimiques. L'analyse de l'hopane est une solution alternative aux études d'infiltration de particules complexes à mettre en œuvre.

Les auteurs n'ont pas trouvé dans la littérature scientifique de sources intérieures de ce composé qui entre dans la constitution de toute huile minérale ou lubrifiant à base de pétrole. De plus, ils font part d'un manque d'information sur les modes de déposition dans les poussières et la stabilité dans le temps.

## Commentaires du lecteur

Les études portant sur la compréhension des mécanismes d'aérocontamination dans un logement sont complexes à mettre en œuvre et difficilement utilisables pour des études épidémiologiques à grande échelle. L'intérêt de cette étude est de présenter un traceur spécifique en lien direct avec la pollution automobile. On peut cependant s'interroger sur les méthodes de comparaisons d'échantillons extérieur / intérieur (matrice air ambiant vs matrice poussière déposée au sol), une évaluation des concentrations dans l'air intérieur des habitations aurait pu permettre de valider cette étape. Les échantillons extérieurs n'ont pas été prélevés aux mêmes moments, et l'accumulation de poussières au sol sur de plus ou moins longues périodes selon les habitudes de nettoyage des occupants peut induire un biais. Le nombre d'échantillons apparaît comme faible, compte tenu du nombre important de variables impliquées et de la superficie du territoire couverte par les trois cohortes..

**Source :** A new exposure metric for traffic-related air pollution? An analysis of determinants of hopanes in settled indoor house dust

**Article analysé par :** Bruno COUTY, Chargé de projets en qualité de l'air ; bruno.couty@consulair.com



## Risque et impact sur la santé

### Activités domestiques et produits d'usage courant utilisés par les ménages en France

La détermination des budgets espace-temps-activités (BETA) (ou enquêtes « Emploi du temps ») a une grande utilité en santé publique et pour les évaluations de risques sanitaires. Cet article présente les résultats de l'analyse des données collectées par l'OQAI (Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur) concernant les activités domestiques pratiquées dans les logements et l'utilisation de produits d'usage courants utilisés par les ménages en France.

La campagne nationale « Logements » de l'OQAI a été menée dans 567 logements en situation d'occupation et représentatifs des résidences principales de France métropolitaine continentale (2003-2005). Ces 567 logements correspondaient à 4691 pièces et hébergeaient 1612 occupants. Cette campagne nationale a permis de mesurer les concentrations en polluants chimiques, physiques et microbiologiques dans les logements, ainsi que les paramètres de confort et de confinement, mais également de recueillir des informations sur leurs occupants et leurs activités. Les BETA ont été renseignés via des carnets papiers permettant à chaque personne occupant le logement d'indiquer librement sur une journée de la semaine d'enquête tirée au sort et sur un pas de temps de 10 minutes, les informations suivantes : activité, pièce occupée dans le logement, présence d'autres personnes, comportement tabagique et utilisation de produits émissifs (produits de nettoyage, spray, etc.).

Au total, pour les 1612 individus inclus dans la campagne, 1427 carnets journaliers ont été collectés. Après exclusion des carnets peu ou mal remplis, l'analyse des activités pratiquées et des produits utilisés s'est effectuée sur 1220 individus, répartis dans 501 logements. Les plus de 15 ans représentaient 81% des 1220 carnets étudiés. L'analyse des durées des activités a permis de caractériser la journée type d'un Français à l'intérieur du logement : le sommeil représente 53% du temps passé à l'intérieur du logement (soit 8,3 heures, valeur médiane), viennent ensuite les loisirs (22% du temps, 3,3 heures), la préparation et la prise des repas (13%, 2,10 heures), les autres activités telles que le bricolage ou le ménage (8%, 1,19 heures) et enfin les activités de soins et d'hygiène corporelle (4%, 40 minutes). L'utilisation de produits sous forme d'aérosols ou de spray n'est pas négligeable puisque 40% des personnes de plus de 15 ans déclarent utiliser des produits sous cette forme. Cette information mérite une attention particulière car l'utilisation, au moins hebdomadaire, de produits de nettoyage en spray a été décrite comme un des facteurs de risque d'asthme chez l'adulte.

Ces résultats permettent désormais de disposer de données d'exposition propres à la population française métropolitaine, utilisables pour les évaluations des risques sanitaires associés à certaines activités domestiques ou à l'utilisation de produits d'usage courant. Une comparaison avec les résultats de la dernière enquête « Emploi du temps » de l'Insee (Institut national de la statistique et des études économiques) réalisée en 2009-2010 et pour les activités communes aux deux études a montré une très bonne cohérence des résultats. Concernant l'utilisation des produits d'usage les plus courants et en particulier l'utilisation importante de produits sous forme d'aérosols, les résultats sont cohérents avec une étude menée par le Crédoc (Centre de recherche pour l'étude et l'observation des conditions de vie) pour le fabricant de produits ménagers Ecover. La limite principale de l'étude présentée ici réside dans le fait que les occupants remplissaient librement les carnets journaliers. Une forte hétérogénéité du remplissage a été observée. De plus il n'a pas été possible de discriminer la non-pratique d'une activité de l'absence de renseignement de cette activité (idem pour l'utilisation d'un produit).

### Commentaires du lecteur

Cette étude est la première en France à avoir examiné spécifiquement les activités domestiques et les produits utilisés susceptibles d'avoir un impact sur la qualité de l'air intérieur. Les données ont été recueillies grâce à des carnets journaliers remplis librement par les occupants des logements ce qui a pu introduire un biais (non-déclaration ou sous-estimation du temps passé pour telle ou telle activité). Par ailleurs, dans cette étude, chaque activité et chaque produit inscrit se sont vus attribuer une durée minimale de 10 minutes même si la durée de l'activité ou de l'utilisation du produit était moindre. Outre l'âge et la catégorie socio-économique des individus, il serait également intéressant de disposer du lieu de résidence des individus inclus dans l'étude (région d'habitation ou indication de type urbain/rural). De part leurs limites, ces résultats doivent être considérés comme une première approche sur les activités domestiques des Français et les produits utilisés. Ils mériteraient d'être affinés puisque ces données d'exposition sont essentielles à la conduite des évaluations des risques sanitaires.

Source : Grégoire A, Mandin Corinne, Ramalho O, Kirchner S. Activités domestiques et produits d'usage courant utilisés par les ménages en France. Environnement Risques et Santé, Vol 12, n°2, mars-avril 2013 référence de l'article analysé

Article analysé par : Hélène BAYSSON, IRSN, helene.baysson@irsn.fr



## Risque et impact sur la santé

### Liens entre humidité, moisissures et symptômes respiratoires et allergiques chez les enfants : résultats de la phase II d'ISAAC (International Study of Asthma and Allergies in childhood)

*ISAAC est un programme de recherche internationale sur l'asthme, la rhinite et l'eczéma chez l'enfant. Ce programme a été établi à partir de 1991, en réponse à l'augmentation rapide de la prévalence de ces maladies, pour mieux connaître leur épidémiologie dans les pays développés et en voie de développement (soit une centaine de pays en tout, avec inclusion de 2 millions d'enfants)<sup>1</sup>. Le programme s'est divisé en quatre phases, globalement, la phase I était axée sur les prévalences de maladies, la phase II sur les facteurs déterminants.*

Il est aujourd'hui acquis qu'humidité et moisissures dans les logements sont associées à la survenue de symptômes respiratoires et cutanés. Cette évidence vaudrait plus pour les pays développés que les autres, dans lesquels les études sont assez rares. Par contre, les mécanismes mis en œuvre restent encore à démontrer : l'humidité agit-elle via les moisissures et/ou les acariens ? Par des mécanismes allergiques et/ou inflammatoires ? L'analyse des données recueillies dans le cadre de la phase II de l'ISAAC est axée ici sur ces problématiques.

Les analyses ont porté sur les données recueillies dans au maximum 28 centres au niveau mondial, soient 46 051 enfants de 9-11 ans : auto-questionnaire parental sur les symptômes de l'enfant et les caractéristiques du logement (dont humidité et moisissures), et pour tous ou un échantillon d'enfants par centre : examen cutané, tests cutanés de sensibilisation aux allergènes, test de réactivité bronchique. Parmi les effets sanitaires, les sifflements (soit un « proxy » de l'asthme) l'année passée ont été renseignés dans tous les centres, pour d'autres (toux, expectorations, etc.), introduit en phase II d'ISAAC, le recueil n'est pas exhaustif. Dans huit centres, des mesures d'allergènes d'acariens et d'endotoxines ont été réalisées dans les poussières de matelas.

L'exposition à l'humidité seule, aux moisissures seules et, vu les résultats similaires, à l'une ou l'autre de ces expositions (notée par la suite « humidité ») a été étudiée au moment de l'enquête et lors de la première année de vie. Les liens entre sifflements et exposition ont été étudiés par régression logistique dans chacun des centres, puis un odds ratio combiné (modèle à effet aléatoire) a été calculé. Afin d'évaluer l'effet modificateur de certains facteurs (allergie parentale, présence d'animaux, mode de cuisson, etc.), des analyses stratifiées ont été conduites. Pour l'étude entre symptômes et concentrations en allergènes et endotoxines, du fait du nombre restreint de données, un seul modèle a été réalisé, incluant donc les 8 centres.

Les prévalences des logements avec « humidité » varient très largement entre les centres que ce soit actuellement ou lors de la première année de l'enfant (entre 1,5 % à Oestersund (Suède) et 48 % à Tallinn (Estonie) pour les prévalences actuelles). De grandes variations sont aussi observées pour les concentrations en allergènes, celles en endotoxines étant elles plus homogènes. Les prévalences de sensibilisation aux acariens varient entre 1,7 % (Oestersund, Suède) et 41,8 % (Hong-Kong, Chine), celles de sifflements l'année passée entre 3,2 % (Guangzhou, Chine) et 38,6 % (Oestersund, Suède).

Les sifflements l'année passée sont significativement associés à l'« humidité » actuelle (OR=1,58 [1,40-1,79]), l'association est plus forte encore dans les pays en voie de développement et existe à la fois chez les enfants atopiques et non atopiques. Cette association n'est pas modifiée par l'allergie parentale, la sensibilisation aux acariens ou à d'autres allergènes, les conditions de vie dans le logement. Chez les enfants avec sifflements, l'exposition à l'« humidité » est liée à la gravité des sifflements. Uniquement dans les pays développés, l'« humidité » est faiblement associée positivement à la sensibilisation aux acariens. Outre les sifflements, l'« humidité » est aussi liée aux symptômes de rhinite, aux expectorations, à l'eczéma déclaré (mais pas celui observé lors de l'examen), elle n'est pas liée à l'hyperréactivité bronchique.

Dans le sous échantillon avec mesures au domicile, l'« humidité » est positivement associée aux concentrations en allergènes d'acariens ; elle n'est pas associée aux endotoxines. Si « humidité » et sifflements sont associés, les concentrations en allergènes d'acariens et les sifflements ne le sont pas.

Pour les auteurs, ces résultats confirment que l'humidité est potentiellement un facteur de risque de sifflements à travers le monde. Ils suggèrent que cet effet est plus fort dans les pays en voie de développement. L'association entre humidité et sifflements est indépendante des concentrations en allergènes d'acariens et de la sensibilisation à ces allergènes, ce qui souligne l'importance de mécanismes non-atopiques, mécanismes qui restent à déterminer. Dans la littérature, si certaines études vont aussi dans ce sens, d'autres appuient des mécanismes atopiques.

Une des grandes forces d'ISAAC est le nombre et la diversité des centres d'étude. Cependant, il s'agit d'un design transversal avec un recueil majoritairement déclaratif, avec des possibles biais de mémoire. De plus, pour les tests de sensibilisation aux allergènes de moisissures, seul *Alternaria alternata* a été testé avec seulement 1,5 % des enfants sensibilisés à l'espèce. L'absence de liens entre mesures sanitaires objectives (eczéma, hyperréactivité bronchique) et humidité est aussi discutée, leur point faible serait que ces mesures sont ponctuelles et ne sont donc pas représentatives de l'état de santé de l'enfant. L'étude porte surtout sur les sifflements l'année passée et sur l'exposition à l'humidité actuelle, sans qu'il soit possible de distinguer si ces sifflements sont le reflet d'un asthme débutant ou du déclenchement de symptômes chez un enfant asthmatique. Le fait que chez les enfants exposés uniquement pendant la 1<sup>ère</sup>

année de vie, des résultats similaires sont obtenus, suggère que ces sifflements correspondent au démarrage de la maladie asthmatique selon les auteurs.

## Commentaires du lecteur

Dans l'article présenté ici, les auteurs soulignent et discutent des limites de leurs résultats, citées en partie ci-dessus. Cependant, le nombre et la diversité des zones d'étude, la standardisation des recueils de données, la taille importante de l'échantillon (qui donne puissance et permet des stratifications) donnent du poids à l'hypothèse de mécanismes non allergiques dans la survenue de sifflements (proxy d'asthme) associés à l'humidité des logements, hypothèse renforcée par le fait que dans les pays en voie de développement seule une fraction des asthmes, rhinites et eczéma serait liée à l'atopie. Leur hypothèse n'est pas nouvelle, elle appuie des données antérieures.

**Source :** Weinmayr G, Gehring U, Genuneit J, Büchele G, Kleiner A, Siebers R, Wickens K, Crane J, Brunekreef B, Strachan DP; ISAAC Phase Two Study Group. Dampness and moulds in relation to respiratory and allergic symptoms in children: results from Phase Two of the International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC Phase Two). *Clin Exp Allergy*. 2013 Jul;43(7):762-74. doi: 10.1111/cea.12107.

**Article analysé par :** Marie-Thérèse Guillaum, SEPIA-Santé, mtguillaum\_sepia@orange.fr

<sup>1</sup> <http://isaac.auckland.ac.nz/>



## Gestion Technique / Divers

### Est-ce que les bâtiments écologiques ont un meilleur environnement intérieur ? Nouveaux faits

Cette étude canadienne concerne des bâtiments écologiques qui nécessitent une certification LEED<sup>2</sup>. Plusieurs immeubles de bureaux ont été sélectionnés et réunis par paire selon un système de critères complexe pour confronter à chaque fois un bâtiment traditionnel avec un bâtiment écologique. Les différences et les apports des bâtiments écologiques sont ainsi mis en évidence. Deux méthodes d'analyse ont été déployées. Une méthode expérimentale, où une station de mesure spécialement développée pour cette étude a été mise en place dans les bureaux pendant quelques jours (de 2 à 4 jours), et une méthode statistique, où des questionnaires ont été distribués aux utilisateurs des bureaux pour récolter leur jugement sur la qualité de leur lieu de travail. Les questions ont été regroupées en plusieurs modules avec un module « cœur » qui a été toujours distribué en combinaison avec deux autres modules choisis parmi les 6 autres créés.

Les immeubles ont été comparés entre eux. L'analyse statistique des questionnaires ne souligne pas de différences fondamentales entre les bâtiments de bureaux traditionnels et des bâtiments de bureaux écologiques. Les anomalies liées aux motivations extrêmement écologiques ont été écartés de l'analyse. Les échelles et les sous-échelles permettant la gradation des réponses sur les questionnaires sont rapportées dans le papier. Les auteurs mettent cependant en évidence

une performance acoustique supérieure dans les bâtiments écologiques. Ils montrent également une différence dans l'action des utilisateurs. Ainsi, les utilisateurs des bâtiments traditionnels agissent plus souvent sur leur environnement pour améliorer leur confort thermique. De plus, les auteurs établissent une liaison directe entre le taux de lumière disponible dans les bureaux et des troubles de sommeil : il y a moins de personnes souffrant des troubles du sommeil parmi les utilisateurs des bâtiments écologiques. Tous les résultats sont présentés par module.

Les neuf hypothèses présentées dans l'introduction sont traitées dans la partie discussion. Les résultats obtenus servent à confirmer ou infirmer ces hypothèses. Malgré la bonne performance générale des bâtiments écologiques, des suggestions d'améliorations sont proposées pour les systèmes d'évaluations de ces constructions : une meilleure prise en compte de la performance acoustique, la réduction du taux des particules dans l'air, l'encouragement du design global et pas uniquement au niveau d'actions spécifiques. Il est proposé un éventuel développement d'un kit et d'un protocole de mesure qui pourra être généralisé. En conclusion, les auteurs remarquent que des données de mesures supplémentaires et sur des périodes plus longues, sont nécessaires à une étude approfondie.

### Commentaires et conclusion du lecteur

Les questionnaires, leurs contenus ainsi que les possibles réponses sont très bien présentés dans le papier. La station de mesure l'est beaucoup moins. L'approche statistique a aussi été présentée avec un niveau de détails très élevé. Cette étude peut être reproduite avec les questionnaires et la pondération entre les différents modules presque comme les auteurs. Elle peut également servir de référence pour des comparaisons. Par contre, coté mesure, la description et la présentation des valeurs mesurées sont plus brèves. On devine quel type d'appareil a été utilisé à partir d'une image publiée dans l'article. Ces résultats semblent donc moins fiables et plus difficiles à comparer. Il manque aussi la description des conditions climatiques, car à plusieurs reprises, on utilise par exemple le niveau de lumière dans les pièces sans connaître la luminosité extérieure. En effet, l'opérateur de la station de mesure a relevé manuellement l'état du ciel lors de l'enregistrement des données. L'analyse des données météorologiques manque ou n'a pas été présentée dans l'article. Il est également important de remarquer que les auteurs présentent parfois des raisonnements plus audacieux que leurs résultats ne le permettent. Cet aspect de l'article donne l'impression d'être moins bien étayé que le travail entrepris ne le laisse sous-entendre.

**Source :** Newsham, G. R., Birt, B. J., Arsenault, C., Thompson, A. J. L., Veitch, J. A., Mancini, S., Galasiu, A. D., Gover, B. N., Macdonald, I. A., Burns, G. J. : Do 'green' buildings have better indoor environments ? New evidence, *Building Research and Information*, 41 :4, 415-434, 2013.

**Article analysé par :** BEJAT Timea, CEA DRT/LITEN/DTS/LEB, timea.bejat@cea.fr

<sup>2</sup> Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), est un programme de certification pour l'évaluation de bâtiments écologiques.

## News

### APR CORTEA 2014 : Connaissances, réduction à la source et traitement des émissions dans l'air

L'appel à projets de R&D CORTEA, Connaissances, Réduction à la source et Traitement des Émissions dans l'Air, a pour objectif de faire émerger des projets orientés vers l'amélioration de la qualité de l'air intérieur et extérieur, en cohérence avec les actions de l'ADEME dans ses domaines d'intervention :

- en développant des solutions de réductions des émissions de polluants et de leurs précurseurs (prévention, substitution, traitement) et des méthodes de mesure,
- en améliorant les connaissances des facteurs d'émissions et des caractéristiques des composés émis, ainsi que leur évolution dans le champ proche de la source.

Principaux polluants visés : les particules fines, les NO<sub>x</sub>, l'O<sub>3</sub>, les COV et l'ammoniac.

La clôture de l'APR est fixée au 9 décembre 2014 à 12h.

Pour en savoir plus :

<https://appelsaprojets.ademe.fr/aap/CORTEA2014-59>

### Conférence HEALTHY BUILDINGS

La conférence HEALTHY BUILDINGS se tiendra du 18 au 20 mai 2015 à Eindhoven, Pays-Bas.

La première des conférences régionales biennuelles HEALTHY BUILDINGS est organisée par l'Université technologique d'Eindhoven et la section hollandaise de l'ISIAQ (International Society for Indoor Air Quality).

Pour en savoir plus : <http://hb2015-europe.org>

### Etude française sur l'utilisation domestique des pesticides, Pesti'Home

Cette étude de l'ANSES représente une vaste collecte de données au niveau national, financée par les ministères en charge de l'écologie, de la santé et de l'agriculture, dans le cadre du plan Ecophyto. Elle concerne 1500 foyers dans 150 communes entre juillet et octobre 2014.

### Nouvelles Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) émises par l'ANSES

Rapport d'expertise collective (juillet 2014)

- Valeur toxicologique de référence cancérigène par inhalation pour le benzène : ERU = 2,6 10<sup>-5</sup> (µg.m<sup>-3</sup>)<sup>-1</sup> pour l'effet critique « Leucémies aiguës ».

Voir le rapport complet :

[https://www.anses.fr/sites/default/files/documents/SUBCHIM2009sa0346Ra\\_0.pdf](https://www.anses.fr/sites/default/files/documents/SUBCHIM2009sa0346Ra_0.pdf)

- Valeur toxicologique de référence chronique par inhalation

pour le n-hexane : VTR = 3 mg.m<sup>-3</sup> pour l'effet critique « Neurotoxicité (diminution de la vitesse de conduction de l'influx nerveux dans les nerfs moteurs) »

Voir le rapport complet :

[https://www.anses.fr/sites/default/files/documents/SUBCHIM2013sa0070Ra\\_0.pdf](https://www.anses.fr/sites/default/files/documents/SUBCHIM2013sa0070Ra_0.pdf)

## Prochain atelier de l'OQAI le lundi 8 décembre 2014, 16h45-19h, CSTB-Paris

Qualité de l'air intérieur et confort dans les immeubles de bureaux : enjeux, avancées et perspectives. Programme et ouverture des inscriptions prochainement sur le site de l'OQAI :

<http://www.oqai.fr/ModernHomePage.aspx>

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

**Directeur de la publication :** Raymond Cointe

**Directeur de la rédaction :** Philippe Hubert

**Comité de rédaction :** O. Ramalho, M-A. Kerautret, H. Baysson, E. Revelat, C. Nicolle, L. Mosqueron, V. Nedellec, I. Annesi-Maesano, S. Boualla, G. Boulanger, M.T. Guillam, G. Guillosou, M. Keirsbulck, M. Millet, C. Segala, C. Schadkowski, L. Le Coq, 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>