

Edito

Comment est prise en compte la qualité de l'air intérieur dans les dispositifs relatifs à la performance énergétique des bâtiments en France ?

Afin de lutter contre le changement climatique, la France a décidé de réduire ses émissions de gaz à effet de serre et s'est fixé comme objectif de diviser par quatre leurs émissions à l'horizon 2050. Pour parvenir à ce résultat à long terme, des mesures ambitieuses ont été prises pour réduire les consommations d'énergie de 38 % d'ici 2020 dans les secteurs résidentiel et tertiaire. Plusieurs mesures phares visent à améliorer la performance énergétique des bâtiments neufs et existants.

Depuis le 1er janvier 2013, tous les nouveaux bâtiments sont soumis à la nouvelle réglementation thermique 2012 (RT 2012) qui comporte trois exigences de résultats relatives à la performance du bâtiment. Les bâtiments neufs doivent avoir une consommation conventionnelle maximale d'énergie primaire inférieure : chauffage, refroidissement, éclairage, production d'eau chaude sanitaire et auxiliaires (pompes et ventilateurs) à 50kWh/m².an en moyenne, à moduler notamment en fonction de la localisation géographique et du type de bâtiment. La qualité intrinsèque de la construction est valorisée par la conception bioclimatique du bâtiment qui doit permettre la satisfaction des exigences de confort d'été. La RT 2012 fixe également des objectifs en matière de performance de l'enveloppe du bâtiment et impose notamment des exigences d'étanchéité à l'air à atteindre, en fin de travaux de 0,6 m³/(h.m²) pour les maisons individuelles et 1 m³/(h.m²) pour les logements collectifs. La RT 2012 n'impose aucune exigence relative à la qualité de l'air intérieur du bâtiment que ce soit au regard de la limitation des sources de pollution dans le bâtiment (matériaux de construction, de décoration, ameublement, produits d'usage courant, ...) ou du système de ventilation du bâtiment. La philosophie sous-jacente est que la RT porte sur les consommations d'énergie alors que ces aspects relèvent de réglementation d'hygiène.

Le collectif associatif Effinergie a développé plusieurs labels de performance énergétique qui ont des exigences plus fortes que celles des réglementations tant pour les bâtiments neufs (Effinergie+ et Bepos Effinergie) que pour les bâtiments existants

(Effinergie Rénovation). Le label Effinergie+ impose des contrôles des systèmes de ventilation passant par des examens visuels et des mesures comme la mesure de l'étanchéité à l'air des réseaux¹. La mesure des débits de ventilation et des pressions aux bouches est recommandée.

Les pouvoirs publics ont travaillé sur des projets de futurs labels réglementaires Haute performance énergétique (HPE) et Très Haute Performance Energétique (THPE). Ces labels pourraient reprendre certaines des exigences des labels Effinergie. Un travail d'harmonisation entre le label réglementaire THPE RT2012 et le label Effinergie+ a été engagé en fin d'année 2012.

Dans le cadre de son label « HQE Performance », l'association HQE propose une évaluation de la qualité de l'air intérieur des bâtiments neufs à réception et avant que les occupants en prennent possession².

La prise en compte du volet de la qualité de l'air intérieur dans les dispositifs relatifs à la performance énergétique des bâtiments se renforce notamment grâce aux mesures récentes du plan national d'actions sur la qualité de l'air intérieur³ publié le 23 octobre dernier par les ministères en charge de l'Ecologie et de la Santé, à l'occasion des deuxièmes Assises nationales de la qualité de l'air. Il est prévu notamment l'intégration d'un diagnostic minimal de l'installation de ventilation du bâtiment et de son bon fonctionnement dans les labels énergétiques réglementaires, ainsi que l'utilisation de produits de construction faiblement émissifs dans le cadre de l'élaboration du label de performance environnemental du bâtiment.

Dans l'attente de la mise en œuvre de ces actions et afin de disposer des premiers éléments factuels sur la qualité de l'air intérieur des bâtiments performants en énergie, l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) sous la direction du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment a lancé un programme dédié aux Bâtiments performants en énergie (BPE). Dans le cadre de ce programme, l'OQAI a mis en place un dispositif unique en

Sommaire

Métrologie : p 2 ; Concentrations environnementales et expositions : p 5 ; Risque et impact sur la santé : p 8 ;
Gestion technique : p 10 ; News : p 13 ; Normalisation / réglementation : p 13 ;

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.

France visant à collecter les données sur la qualité de l'air intérieur et le confort des bâtiments répondant aux réglementations les plus récentes en matière de performance énergétique et en situation d'occupation⁴. Ce dispositif dénommé « OQAI-BPE » repose sur le principe de constitution progressive d'un fond commun de données obtenues via la mise en œuvre, par des opérateurs locaux volontaires, d'un protocole harmonisé de mesurage, de collecte et de transferts d'informations développé par l'OQAI avec ses partenaires scientifiques et techniques⁵. Le protocole est mis gratuitement à disposition des opérateurs locaux et l'OQAI leur procure son assistance. Les données ainsi collectées sont intégrées dans une base de référence nationale gérée et exploitée par l'OQAI. Les opérateurs et les financeurs locaux disposent d'un retour d'information sur leurs bâtiments, tandis que l'ensemble des données anonymisées constitue le premier socle de connaissances sur la qualité de l'air et le confort dans ces bâtiments en France.

Mickaël Derbez,

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

¹ http://www.effnergie.org/images/BaseDoc/1204/20130124_protocole_contrôle_ventilation_V2.pdf

² <http://assohqe.org/hqe/spip.php?article269>

³ http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Plan_QAI_23_10_2013.pdf

⁴ http://www.oqai.fr/userdata/documents/426_OQAI_BPE_Presentation_protocole_V3_Mai2013.pdf

⁵ ADEME, AIR&BIO, Air Normand, Air Rhône-Alpes, ASPA, CETE Nord-Picardie, CETE de l'Ouest, CERTES/Université Paris-Est Créteil, COSTIC, DHUP, EHESP, Ecole des Mines de Douai, HUS/Service pneumologie, INERIS/LCSQA, LCPP, LHVP, PEUTZ, Université Cergy-Pontoise, Université Lyon 1/CNRS écologie microbienne

Métrologie

Temps de résidence de composés organiques semi-volatils dans l'air intérieur : évaluation d'un modèle et comparaison sur site.

Dans cette étude américaine, un modèle de fugacité a été développé pour étudier le temps de résidence de polluants organiques semi-volatils dans des environnements résidentiels. Ce temps dépend à la fois de la « phase mobile » (air et poussières déposées) et « non mobile » (fibres de moquettes, ...) de ces polluants. Le taux d'élimination dépend lui, à la fois du renouvellement d'air et du nettoyage des locaux. Ce dernier a été modélisé à l'aide d'un modèle type bilan de masse pour les particules intérieures. Enfin, les propriétés chimiques déterminent à la fois la distribution massique et l'importance relative des deux voies d'élimination ce qui implique que les taux de résidence varient d'un composé à l'autre.

Le temps de résidence d'un composé volatil à forte pression de vapeur, sans autre source que celle venant du milieu intérieur, est

évalué à l'aide d'une décroissance exponentielle de la masse de ce composé. Pour les composés semi-volatils à faible pression de vapeur et coefficient de partage octanol-eau important, la fraction du composé non mobile, c'est-à-dire associée aux surfaces, doit être prise en compte puisque à chaque instant seule une portion de la masse du composé considéré est disponible pour être éliminée par la ventilation. Ce paramètre a donc été pris en compte dans le modèle.

Pour le modèle de bilan de masse utilisé, un développement a été effectué afin d'intégrer dans les modèles existants le taux d'élimination des poussières à partir des surfaces. Ce paramètre n'étant en général pas inclus dans les modèles existants. Le modèle développé inclut donc trois compartiments ; l'air, la moquette et le revêtement vinyle des sols. Ces deux matériaux ont été traités séparément du fait des différences de captage des particules de ces surfaces.

Le temps de résidence a été étudié pour le diazinon, le chlorpyrifos, la perméthrine et deux PBDEs (47 et 99) en utilisant à la fois la répartition entre les phases mobiles et non mobiles et les taux d'élimination en fonction des échanges d'air et le nettoyage des surfaces.

La modèle utilisé pour l'évaluation des temps de résidence a ensuite été évalué à l'aide de mesures d'air réalisées pour le chlorpyrifos sur 38 familles habitant dans 22 comtés de Californie du nord à l'aide d'échantillons passifs d'air collectés pendant 30 jours entre 2008 et 2009.

Le flux de masse des particules a été estimé pour chaque compartiment sélectionné (air, surfaces) et pour chaque voie d'élimination/accumulation (resuspension, déposition, infiltration, ventilation, ...). Pour les petites particules (0 – 2,5 µm), la masse de particules resuspendues dans l'air à partir des moquettes est inférieure au taux de déposition alors que pour les particules comprises entre 10 et 150 µm, le taux de resuspension est similaire au taux de déposition. Pour les particules plus grandes que 10-150 µm, le taux d'infiltration à partir de l'air extérieur est négligeable du fait de leur très faible efficacité de pénétration dans le milieu intérieur.

Pour le temps de résidence des composés semi-volatils, les propriétés chimiques des composés conditionnent les différences de répartition entre les différentes phases (air, particules dans l'air, poussières sur moquette). Ces dernières, en association avec la ventilation et le nettoyage des surfaces, interviennent sur les processus d'élimination. Par exemple, même si le pourcentage de diazinon et de chlorpyrifos est faible dans l'air par rapport aux poussières (0,01% et 0,003 % contre 0,1% et 0,2 % respectivement), la ventilation reste le processus d'élimination prioritaire devant le nettoyage ceci du fait que ces composés peuvent être transférés vers l'air assez facilement en raison de leur propriétés chimiques. Pour d'autres composés dont les potentialités de transfert poussières/air sont faibles (PBDE), le nettoyage est le processus d'élimination prédominant.

Cette étude permet plusieurs applications pour l'évaluation de l'exposition intérieure aux composés semi-volatils. Premièrement, les composés associés aux poussières sont une source importante pour le transfert vers l'air intérieur. Deuxièmement, la présence préférentielle des composés dans les poussières est un facteur important intervenant dans leurs potentialités de persistance dans le milieu. Troisièmement, le taux de persistance et d'élimination des composés étudiés est fonction de leurs propriétés chimiques. Ceci

démontre l'importance des propriétés chimiques dans la prédiction des expositions liées aux polluants semi-volatils.

Commentaires et conclusion du lecteur

Cette étude a permis de développer ou d'adapter des modèles existants pour prédire le comportement de polluants semi-volatils dans l'air intérieur. Différents polluants ont été choisis et il ressort de cette étude que les propriétés chimiques des molécules jouent un rôle important dans les processus de transfert et d'élimination au même titre que les processus physiques tels que la ventilation et le nettoyage. Il a été montré que même si la distribution de certaines molécules vers la phase poussière, c'est-à-dire non mobile, est importante, le taux d'élimination par la ventilation sera très différent d'un composé à l'autre. Il a aussi été démontré que la persistance d'un polluant dans l'air intérieur est liée à son état dans le milieu et que sous forme adsorbée sur des poussières, sa persistance est plus importante. C'est un travail intéressant qui a permis, à l'aide de modèles mathématiques évalués grâce à des mesures de terrain, de confirmer ce dont on pouvait s'attendre sur les comportements de polluants semi-volatils dans l'air intérieur.

Source : H-M. Shin, Th.E. McKone, N.S. Tulve, M.S. Clifton, D.H. Bennett (2013) Indoor Residence Times of Semivolatile Organic Compounds: Model Estimation and Field Evaluation. Environ. Sci. Technol., 47, 859–867

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

Métrologie

Evaluation sur site de l'échantillonneur passif Analyst® pour la mesure du formaldéhyde et de l'acétaldéhyde dans l'air intérieur et l'air ambiant

La quantification du formaldéhyde et de l'acétaldéhyde dans l'air suscite un grand intérêt en raison de l'impact sanitaire de ces composés (le formaldéhyde et l'acétaldéhyde sont classés respectivement dans le groupe 1 comme cancérigène certain et le groupe 2B comme cancérigène probable par l'Agence Internationale pour la Recherche contre le Cancer) et de leur rôle dans la chimie atmosphérique (ils sont à la fois des produits intermédiaires d'oxydation des composés organiques volatils et des précurseurs de radicaux libres). De nombreuses méthodes de mesure des aldéhydes utilisant des techniques d'échantillonnage actif et passif existent, mais elles sont pour la plupart sujettes à des interférences liées notamment à l'ozone. L'objectif de la présente étude est de compléter l'évaluation d'une nouvelle version de l'échantillonneur passif Analyst® pour la mesure du formaldéhyde et de l'acétaldéhyde au travers de tests sur site réalisés dans des environnements intérieurs et extérieurs. Les paramètres de performance qui furent examinés sont : la conservation des échantillons après exposition, le débit d'échantillonnage de l'acétaldéhyde, l'influence de la durée d'exposition et une évaluation des mesures sur site.

L'échantillonneur passif Analyst® est un tube à diffusion au fond duquel est placé un lit de Florisil ou de gel de silice imprégné de 2,4-dinitrophénylhydrazine (DNPH). Une grille en argent ou en acier inoxydable est placée à l'extrémité ouverte du tube

pour limiter l'effet de turbulence de l'air. La grille en argent est préférée pour les prélèvements réalisés à l'extérieur car elle joue également le rôle de scrubber d'ozone. Les composés diffusent dans le tube jusqu'au lit d'absorbant où ils réagissent avec la DNPH pour former des hydrazones qui sont ensuite extraites et analysées en HPLC. La reproductibilité des mesures est de 5,8% pour le formaldéhyde et de 4,5% pour l'acétaldéhyde. Les limites de détection pour 14 jours d'exposition se situent à 1,2 et 0,4 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pour le formaldéhyde et l'acétaldéhyde, respectivement.

Le protocole d'évaluation sur site du préleveur passif Analyst® comprend plusieurs séries de mesures réalisées sur des durées de prélèvement de 14 à 20 jours à Rome (Italie) et à Ciudad Real (Espagne) dans différents environnements intérieurs (bureaux, maisons, habitacles de voiture) et extérieurs. Certaines séries permettent une comparaison des mesures avec celles du tube Radiello®. D'autres séries sont destinées à confirmer le débit d'échantillonnage de l'Analyst® pour l'acétaldéhyde (comparaison avec des prélèvements actifs utilisant des cartouches de DNPH) et à évaluer l'effet de la durée d'exposition (quantités échantillonnées durant une longue période de quatre semaines comparées à la somme des quantités collectées au cours de prélèvements successifs d'une semaine). Enfin, une série élargie de mesures est réalisée avec l'Analyst® dans de multiples environnements intérieurs et extérieurs et les niveaux de concentrations trouvés sont confrontés aux données présentes dans la littérature.

Les tests de conservation après exposition montrent que les hydrazones sont stables sur le gel de silice pendant au moins 12 jours à 4°C. Les débits d'échantillonnage de l'acétaldéhyde, déterminés sur site pour les deux supports de piégeage (gel de silice et Fluorisil imprégnés de DNPH), sont proches de la valeur théorique de 11,6 $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$, calculée en prenant en compte les dimensions de l'Analyst® et le coefficient de diffusion du composé dans l'air. Les essais sur l'influence de la durée d'exposition montrent une corrélation supérieure à 0,9 entre les quantités échantillonnées avec l'Analyst® durant une longue période et la somme des quantités collectées par des prélèvements courts successifs témoignant d'une stabilité des débits d'échantillonnage pour des durées de prélèvement allant de 1 à 4 semaines.

La comparaison entre l'Analyst® et le Radiello® ne révèle pas de différence significative entre les mesures des deux tubes passifs (résultats obtenus avec seulement deux séries de mesures).

Les niveaux de concentrations obtenus en utilisant l'Analyst® dans divers environnements sont globalement en accord avec les données de la littérature. Les concentrations intérieures vont de 0,6 à 63 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pour le formaldéhyde et de 1,1 à 75 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pour l'acétaldéhyde. À l'extérieur, les concentrations mesurées ne dépassent pas 7 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pour les deux aldéhydes. Les ratios Intérieur/Extérieur sont en moyenne de 18 et de 15 pour le formaldéhyde et l'acétaldéhyde respectivement, ce qui est conforme aux valeurs habituellement trouvées. Les teneurs élevées retrouvées dans les environnements intérieurs sont expliquées par l'impact de la fumée de cigarette et de matériaux intérieurs potentiellement émetteurs.

L'article présente les résultats d'essais de validation sur site d'une nouvelle version de l'Analyst® et son extension à la mesure

de l'acétaldéhyde. Les séries de mesures réalisées dans des environnements intérieurs et extérieurs ont permis de montrer l'adéquation entre les mesures de l'Analyst® et celles du Radiello®, de confirmer le débit d'échantillonnage de l'acétaldéhyde, de définir des conditions de conservation des échantillons après exposition et d'acquérir une première base de données sur les concentrations dans différents lieux de vie globalement en accord avec les données reportées dans la littérature. Les auteurs concluent que l'Analyst® est adapté aux mesures de ces deux aldéhydes dans les environnements intérieurs et extérieurs.

Commentaires et conclusion du lecteur

Cette nouvelle version de l'Analyst® présente une originalité avec l'utilisation d'une grille en argent qui joue le rôle à la fois d'écran aux turbulences de l'air et de scrubber d'ozone. Le présent article fait suite à des travaux menés en conditions contrôlées dans une chambre d'exposition par la même équipe (Mabilia et al., Atmos. Environ., 2010). Ce programme d'essais en chambre d'exposition est l'un des plus complets réalisé dans le domaine du développement des échantillonneurs passifs. L'évaluation sur site présentée ici est par contre très incomplète. Elle se base sur un nombre d'essais trop limité pour réellement conclure à une validation de l'échantillonneur passif sur site. Les paramètres de performance comme la conformité aux mesures du Radiello® sont traités en effectuant deux séries de mesures. La série élargie de mesures réalisée avec l'Analyst® n'apporte pas de connaissances nouvelles sur ces composés dans les environnements intérieurs et extérieurs et fournit une information limitée quant à la capacité de l'Analyst® à fournir des mesures fiables dans différentes conditions d'exposition (pas de comparaison avec une autre méthode de mesures mise en parallèle).

Source : Villanueva et al. (2013), Field evaluation of the Analyst® passive sampler for the determination of formaldehyde and acetaldehyde in indoor and outdoor ambient air, Analytical Methods 5 (2013) 516-524. (University of Castilla La Mancha, Spain ; Institute for Atmospheric Pollution Research, Italy)

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

Métrologie

Evaluation des performances de systèmes de ventilation résidentiels simple flux auto-régulables dimensionnés selon les normes de différents pays

Dans les pays à climat modéré d'Europe de l'Ouest - Belgique, Pays-Bas, France et Royaume-Uni - les systèmes de ventilation mécanique des logements sont majoritairement à extraction en pièces de service (salles de bains, cuisines, toilettes), l'air étant introduit naturellement dans les autres pièces via des entrées d'air. L'objectif de l'étude [d'origine belge] est d'analyser par calcul la qualité de l'air intérieur dans différents logements types en considérant les normes des différents pays cités ainsi que celle des États-Unis (ASHRAE : American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers) où la ventilation mécanique par extraction se développe.

Les auteurs présentent d'abord le contenu des différentes

normes (réglementations), en particulier les valeurs de débits d'air pour les différentes pièces des logements : débits d'air extraits en pièces de service, débits d'air introduits dans les autres pièces, en fonction du nombre de pièces des logements, etc. Sont fixées des valeurs de débit d'air par unité de surface (m²) et par personne, en fonction du nombre de pièces du logement et du type de pièces (salle de bain, cuisine, etc.).

Cinq logements différents d'une surface au sol de 150 m² ont été définis, 4 maisons individuelles et 1 appartement, dont les caractéristiques correspondent à celles des logements actuels (sur la base de 200 logements construits en Belgique dans les années 90). Les calculs ont été effectués avec le logiciel Contam qui prend en compte des infiltrations dans les logements, le tirage thermique, la production de CO² et d'humidité par les occupants (1 à 6), les productions d'humidité dans les différentes pièces, la température de l'air intérieur (18 °C), le climat (celui de Ukkel en Belgique), le vent, etc. La qualité de l'air intérieur est évaluée sur la base des valeurs de concentrations en CO₂ (durées pendant lesquelles la concentration en CO₂ est comprise entre 2 valeurs : IDA 1 pour moins de 400 ppm au-dessus de la valeur extérieure, IDA 4 pour plus de 1000 ppm au-dessus de la valeur extérieure, IDA 2 et IDA 3 étant 2 classes intermédiaires) et, pour le confort thermique, c'est l'humidité relative de l'air qui est prise en compte.

Avec les normes Belges, Néerlandaises et Françaises, la qualité de l'air intérieur est similaire alors qu'avec la norme Anglaise la qualité de l'air intérieur est différente et nettement moins bonne (avec la norme ASHRAE les résultats sont variables et dépendent du type de logement).

Avec les normes Belges, Néerlandaises, Françaises et de l'ASHRAE, le renouvellement d'air est de l'ordre de 0,5 vol/h mais il apparaît 40 % plus faible avec la norme Anglaise. Avec les normes Anglaise, Française et de l'ASHRAE, le renouvellement d'air est nettement moins sensible aux paramètres d'influence et d'après les auteurs cela est en grande partie dû au fait qu'avec ces normes les dimensions des entrées d'air sont plus petites (ou absentes dans la norme de l'ASHRAE) qu'avec les normes Belges et Néerlandaises.

L'humidité relative de l'air se situe dans la zone de confort (entre 30 et 70 %) 80 % du temps, quelque soit le logement considéré et la norme appliquée et dans la plupart des pièces des logements (les valeurs en excès se rencontrent principalement dans les salons et chambres où les débits d'air sont constants).

En ce qui concerne les déperditions thermiques dues à la ventilation, les conclusions sont les mêmes que sur le renouvellement d'air. La prise en compte simultanée de la qualité de l'air intérieur et des déperditions thermiques n'est pas favorable aux normes Néerlandaises et de l'ASHRAE.

Les auteurs affirment en conclusion qu'avec les normes belges, néerlandaises et françaises, la qualité de l'air intérieur est mauvaise pendant au moins 5 % du temps alors qu'avec les normes anglaises et de l'ASHRAE elle est mauvaise pendant environ 15 % du temps. Ils affirment également que compte tenu de l'éventail des méthodologies et des résultats obtenus avec les différentes normes en vigueur, une harmonisation s'avère nécessaire. Dans cette optique, l'approche Française apparaît comme une bonne base à prendre en considération pour les systèmes de ventilation mécanique par extraction d'air,

avec l'assurance d'une bonne qualité d'air intérieur la plupart du temps, des déperditions thermiques faibles.

Commentaires et conclusion du lecteur

L'intérêt de l'étude repose sur la comparaison de systèmes de ventilation analogues sur le principe (VMC (ventilation mécanique contrôlée) auto-réglable). A noter qu'il s'agit de ventilation mécanique auto-réglable et que ne sont pas ici considérés les systèmes mécaniques hygro-réglables (de type A ou de type B suivant que seules les entrées ou les entrées et les extractions d'air sont asservies à l'humidité relative de l'air) largement utilisés dans les logements en France, et avec lesquels des valeurs de débit plus faibles sont autorisées.

Les résultats de l'étude mettent en avant l'importance de la taille des entrées d'air sur la sensibilité des débits d'air aux variations des paramètres considérés (climat, etc.). Des entrées d'air de petites tailles (mais aussi avec davantage de perte de charge), comme c'est le cas en France, permettent moins de variations des débits d'air.

La conclusion de l'article fait la part belle à l'approche française pour l'obtention d'une bonne qualité de l'air intérieur et la minimisation des déperditions thermiques.

Source : J. Laverge, X. Pattyn, A. Janssens. Performance assessment of residential mechanical exhaust ventilation systems dimensioned in accordance with Belgian, British, Dutch, French and ASHRAE standards. *Building and Environment*, Volume 59, p. 177 – 186, January 2013

Article analysé par : GINESTET, CETIAT ; alain.ginestet@cetiat.fr

Autre article d'intérêt dans cette rubrique :

Du, Batterman et al. (2013) - Air Change Rates and Interzonal Flows in Residences, and the Need for Multi-Zone Models for Exposure and Health Analyses. *Journal/International Journal of Environmental Research and Public Health* 9 12:4639-4661



Concentrations environnementales et expositions

Niveaux de concentration et déterminants du tétrachloroéthylène dans les logements parisiens

Ce travail mené à Paris sur 177 logements avait pour but de documenter les niveaux de concentration de tétrachloroéthylène (PCE) et les facteurs influant dans le cadre d'une étude sur le risque d'asthme pour les enfants de moins d'un an. Le PCE, largement utilisé pour le nettoyage à sec, est présent dans l'air intérieur. Une analyse statistique des données a montré que la proximité de pressings, que certaines activités spécifiques menées dans les logements et que la date de construction des bâtiments avaient une influence sur cette contamination.

177 logements où vivent des bébés ont été sélectionnés aléatoirement à partir de la cohorte PARIS. Les mesures ont été planifiées à 1, 6, 9 et 12 mois de la vie des enfants. L'échantillonnage de l'air intérieur a été effectué sur 7 jours par des tubes Radiello® analysés ensuite en GC/MS, avec une limite de quantification de 0,4 µg/m³. Les caractéristiques des logements, leur localisation, les modes de vie (dont les conditions d'aération) ont été renseignés par un entretien téléphonique avec les parents. Une analyse statistique des données a été effectuée pour déterminer

le niveau de pollution annuel de chaque logement en tenant compte des saisons. L'étude des déterminants a été effectuée selon deux approches : un modèle de régression linéaire et un modèle de régression logistique.

Les logements étudiés sont en majorité des appartements, localisés pour les 2/3 dans Paris intra-muros, à une distance moyenne de 285 m de pressings. Un quart des bâtiments a été construit après 1975 et 27% sont équipés d'une ventilation mécanique. Les niveaux annuels de PCE varient de 0,6 à 124 µg/m³ avec une moyenne de 2,8 µg/m³. Des concentrations plus élevées en hiver (2,8 µg/m³) qu'en été (2,4 µg/m³) ont été observées. La proximité d'un pressing est aussi un facteur influant : après ajustement des modèles, les logements localisés à 100-250 m et moins de 100 m d'un pressing ont respectivement 3 et 6 fois plus de risque de présenter un niveau de PCE supérieur à la valeur médiane (2,29 µg/m³). Certaines activités spécifiques des parents (bricolage) contribuent aussi à augmenter les niveaux de PCE. Le modèle de régression logistique montre que la ventilation (présence de bouches d'aération et temps d'ouverture des fenêtres) est associée aux plus fortes concentrations de PCE. Les teneurs ont également tendance à être plus élevées dans des bâtiments anciens (construits avant 1945) et dans des logements de moins de 70 m².

Parmi les déterminants de PCE dans les logements, la variation saisonnière s'expliquerait par une meilleure volatilisation favorisée par une température plus élevée puis la dégradation du PCE par réaction avec des radicaux hydroxyles. Si la distance logement-pressing est une approximation de l'exposition, une meilleure connaissance du fonctionnement de cette activité (machines utilisées, nombre de vêtements) permettrait d'améliorer l'évaluation du risque. Il a aussi été montré que l'aération favorisait la pénétration dans les maisons de PCE, principalement émis par des sources extérieures. L'âge du bâtiment joue aussi un rôle : les constructions antérieures à 1945 sont en effet plus perméables alors qu'à partir de 1975, les structures sont plus étanches. La comparaison avec une précédente étude nationale (2005) montre que le niveau annuel déterminé ici est plus élevé : cela est sans doute dû à la localisation urbaine de tous les logements. Dans cette étude, 19,2% des logements présentent une teneur supérieure à la valeur guide allemande de 5 µg/m³ qui est l'une des plus basse reportée. Cela nécessite d'approfondir les conditions de logement et de modes de vie associée au PCE.

Commentaires et conclusion du lecteur

Cette étude effectuée sur près de 200 logements, est rigoureuse sur le plan de la méthodologie de mesure utilisée et sur l'analyse de données qui en est faite. Les résultats ont permis d'identifier un certain nombre de déterminants du PCE dans ces logements dont la proximité des pressings, la saisonnalité, l'activité des habitants, l'âge du bâtiment et le mode d'aération qui favorise la pénétration de ce polluant dans le logement. Si ces facteurs sont d'ores et déjà utiles pour l'aide à la décision pour la protection de la santé, certaines voies sont proposées pour plus de précision dans l'évaluation du risque ainsi que des suggestions pour limiter l'impact des pressings.

Source : C. Roda, I. Kousignian, A. Ramond, I. Momas. Indoor air tetrachloroethylene levels and determinants in Paris dwellings. *Environmental Research*, 120 (2013) 1-6

Article analysé par : Valérie DESAUZIERS, Ecole des mines d'Alès ; valerie.desauziers@mines-ales.fr

Concentrations environnementales et expologie

Concentrations particulières dans l'air des bureaux : relations avec les concentrations atmosphériques extérieures

L'étude de Sangiorgi et al. porte sur les relations entre les concentrations en particules à l'extérieur et à l'intérieur d'immeubles de bureaux. L'objectif était de mieux comprendre les modalités de transfert de la pollution extérieure vers un bâtiment, dans un environnement urbain dense.

Des mesures ont été réalisées à l'extérieur et à l'intérieur (en rez-de-chaussée) de quatre immeubles de bureaux de la ville de Milan, Italie, situés dans des quartiers du centre urbain, homogènes en termes de densité de population, d'activités et de trafic automobile. Les quatre immeubles dataient des années 50-70, n'avaient pas fait l'objet de rénovations récentes et n'étaient pas équipés de systèmes mécaniques de ventilation. Le tabagisme y était interdit. Chaque immeuble a été instrumenté à deux reprises pendant douze jours consécutifs, entre août et octobre 2007 d'une part, puis entre janvier et mars 2008 d'autre part. Des prélèvements de PM1 et PM2,5 ont été réalisés sur filtres Téflon par tranche de 24 heures. Chaque filtre collecté était découpé en plusieurs sections, dédiées aux analyses chimiques des ions inorganiques, des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et du bisphénol-A (BPA). Certaines sections ont parfois été poolées avec les mêmes autres sections de filtre du même site, de la même saison et du même point de prélèvement (intérieur ou extérieur) pour améliorer la performance analytique.

Les relations entre les concentrations intérieures et extérieures établies sont les suivantes :

- en saison estivale : $C_{ext} = 0,49 C_{int} + 3,22$; $R^2 = 0,88$ pour les PM1 et $C_{ext} = 0,50 C_{int} + 4,39$; $R^2 = 0,88$ pour les PM2,5 ;
- en saison hivernale : $C_{ext} = 0,60 C_{int} - 0,10$; $R^2 = 0,86$ pour les PM1 et $C_{ext} = 0,58 C_{int} - 1,79$; $R^2 = 0,87$ pour les PM2,5.

Les auteurs précisent que du fait des fortes chaleurs pendant les mesures en saison chaude, les fenêtres sont restées fermées la majorité du temps, ce qui explique le peu d'influence saisonnière observée sur le facteur d'infiltration (pente de la relation entre concentrations intérieure et extérieure). L'ordonnée à l'origine des droites établies correspond à la concentration intérieure en particules liée uniquement aux sources intérieures. De l'ordre de 3 à 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en saison estivale, elle représente environ 25 % de la concentration intérieure en particules, que ce soit pour les PM1 ou les PM2,5. Elle devient négative en hiver, ce qui montre une contribution très faible, voire nulle, des sources intérieures pendant cette saison dans ces bâtiments.

La concentration moyenne, par site et par saison, de la somme des concentrations des 7 ions inorganiques analysés (NO_3^- , SO_4^{2-} , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) allait de 4 à 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Cette concentration représente 28 % de la masse totale en

intérieur, et 49 % en extérieur. Les ions NO_3^- , SO_4^{2-} et NH_4^+ sont prépondérants et contribuent chacun à 30 % de la concentration massique totale des ions. La concentration moyenne en HAP (9 HAP analysés) allait de 0,5 à 13 ng/m^3 . C'est pour les HAP que la variabilité saisonnière est apparue la plus marquée. Enfin, concernant le BPA, analysé uniquement sur la fraction PM2,5, la concentration dans l'air a varié de 0,01 à 0,73 ng/m^3 en extérieur, et de 0,13 à 0,79 ng/m^3 en intérieur. Les ratios des concentrations intérieures et extérieures étaient très supérieurs à 1 pour le BPA ($2,42 \pm 1,51$ en saison estivale et $2,22 \pm 1,05$ en saison hivernale), tandis qu'ils étaient inférieurs à 1 ou voisins de 1 pour tous les autres composés ciblés. Ceci atteste de la présence de sources intérieures permanentes de BPA, que les auteurs pensent être les imprimantes et photocopieurs.

La variable dénommée « facteur d'infiltration » dans la relation simple utilisée par les auteurs ne décrit pas que l'efficacité de pénétration lors du transfert depuis l'extérieur. D'autres phénomènes sont à prendre en compte pour expliquer la diminution des concentrations en particules provenant de l'extérieur, comme l'adsorption de celles-ci sur les surfaces intérieures ou la volatilisation d'une fraction semi-volatile du fait d'une température plus élevée dans le bâtiment qu'à l'extérieur. Afin de mieux appréhender ce dernier phénomène, les auteurs terminent leurs travaux en analysant séparément les facteurs d'infiltration (Finf) de certains ions non volatils et d'espèces semi-volatiles comme les HAP à 4 ou 5 cycles. Tous ces composés étant sur les mêmes particules, les différences observées dans les valeurs prises par Finf correspondent à la contribution du phénomène de volatilisation. Les auteurs proposent ainsi des facteurs correctifs par saison pour chacun des composés étudiés, à appliquer au taux de pénétration réel.

Commentaires du lecteur

Cet article est intéressant à plus d'un titre, pour le type de bâtiments considérés, à savoir des immeubles de bureaux des années 70, non rénovés et non ventilés mécaniquement. Il fournit des données de concentrations en PM1 et PM2,5 dans l'air intérieur, encore peu nombreuses à ce jour. Il rapporte des valeurs en bisphénol-A, dans l'air extérieur et l'air intérieur, encore plus rares aujourd'hui. Il donne un ordre de grandeur du taux de pénétration des particules dans les bâtiments, de l'ordre de 55 % toutes granulométries et toutes saisons confondues, et un ordre de grandeur de la concentration massique intérieure liée uniquement aux sources intérieures, de 0 à 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Enfin, les auteurs ont cherché à identifier la contribution du phénomène de volatilisation de la fraction semi-volatile des particules après leur pénétration dans le bâtiment, du fait d'une température intérieure plus élevée qu'à l'extérieur. Cette volatilisation contribue à diminuer les concentrations particulières intérieures à la faveur d'une augmentation des concentrations en phase gazeuse.

Source : Sangiorgi, Ferrero et al. (2013) - Indoor airborne particle sources and semi-volatile partitioning effect of outdoor fine PM in offices. *Atmospheric Environment*, 65: 205-214.

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



Concentrations environnementales et expologie

Les relations entre les concentrations en dioxyde d'azote et particules en suspension entre air intérieur et air ambiant dans les bus parisiens

Si la qualité de l'air dans les bus a déjà fait l'objet de mesures, l'influence du lieu d'implantation de l'échantillonnage a été peu étudiée, alors que, dans les bus articulés, la taille de ceux-ci peut créer un gradient de concentrations en polluants atmosphériques. Cette étude visait donc à étudier l'exposition des passagers de bus parisiens sur la ligne 91, pendant 10 jours ouvrés, en mai 2010, de 8 à 9h et de 16 à 17h. Vingt bus articulés ont été instrumentés sur 32 itinéraires de la ligne 91 afin de déterminer l'influence de l'implantation des points de prélèvements sur la concentration en polluants atmosphériques. Une précédente campagne a été menée en 2008, sur des bus des lignes 56 et 91 et sur une ligne de tramway (voir encadré ci-dessous). Les résultats de 2010 seront comparés à ceux issus de cette étude menée en 2008.

Les conditions de réalisations de cette étude ont donc été scrupuleusement choisies de sorte que les résultats puissent être comparés à ceux de l'étude menée en 2008 et avec les mesures effectuées en air ambiant par les stations d'Airparif. Du matériel portable a été mis en place à l'avant, au milieu et au fond des bus articulés de manière à déterminer la position la plus exposée. Les polluants visés par cette étude sont : le dioxyde d'azote (NO₂), les poussières en concentration massique et en nombre entre 0,3 et 20 µm. Pour le dioxyde d'azote, un échantillonnage actif selon la méthode normalisée NF X 43 dite de « Griess Saltzman » a été mis en œuvre. La concentration massique en PM2.5 est déterminée avec un appareil de mesure optique, le Sidepak, basé sur la diffraction de la lumière par les particules. La concentration en nombre de particules est déterminée par un Grimm : l'analyse de la diffraction de la lumière permet de classer les particules selon leur taille de 0,3 à 20 µm.

Ces mesures d'air intérieur sont comparées aux résultats des stations de mesure d'Airparif qui utilisent des méthodes différentes : la teneur en dioxyde d'azote est déterminée par chimiluminescence, les concentrations massiques en PM2.5 par gravimétrie avec un TEOM/FDMS.

Les résultats de cette campagne sont très différents selon les polluants. Ainsi, les niveaux en dioxyde d'azote sont largement supérieurs à l'intérieur des bus par rapport à l'air extérieur : de 1,5 à 3,5 fois selon la position du point de mesure à l'intérieur. Un gradient de concentration est observé dans le bus avec une hausse de l'avant vers l'arrière du bus. D'un point de vue statistique, les concentrations au milieu et à l'arrière du bus sont considérées équivalentes. La campagne menée en 2010 confirme les niveaux observés en 2008. L'étude statistique entre air intérieur et air extérieur ne semble pas montrer de relation forte entre les deux domaines. Ainsi il est possible que la source principale de NO₂ dans le bus ne soit pas uniquement l'air extérieur mais l'impact des rejets de la motorisation du bus.

De la même façon, les concentrations massiques moyennes de PM2.5 dans les bus sont 1,3 fois plus élevées qu'en air ambiant. Mais la position du point de mesure à l'intérieur du bus ne semble pas avoir d'impact sur la concentration en PM2.5. Cette campagne confirme les résultats observés en 2008 pour la concentration massique en PM2.5. L'analyse statistique des données montre qu'il y a un impact non négligeable de la concentration massique en PM2.5 en air extérieur sur l'air intérieur du bus.

L'étude de la taille des particules montre que les particules sont majoritairement dans l'intervalle 0,3 – 0,4 µm. Le nombre de particules décroît lorsque le diamètre des particules augmente. Comme pour la concentration massique en PM2.5, la position du point de mesure à l'intérieur des bus est également un paramètre non significatif sur la concentration numérique des particules entre 0,3 et 20 µm.

La campagne de mesure menée en 2010 confirme les résultats observés en 2008 pour l'ensemble des polluants étudiés : elle a également mis en avant des concentrations de dioxyde d'azote, en PM2.5 nettement plus élevées à l'intérieur du bus qu'en air extérieur. Si, pour les PM2.5, la position du point de prélèvement semble n'avoir que peu d'influence sur les niveaux mesurés, pour le dioxyde d'azote les conclusions sont très différentes : ainsi les concentrations en NO₂ augmentent, dans le bus, depuis l'avant vers l'arrière. Pour les particules, les corrélations entre air intérieur et air extérieur sont importantes. La situation est encore très différente pour le NO₂, les fluctuations entre l'intérieur du bus et l'extérieur n'étant pas suffisantes pour montrer une relation forte.

Commentaires du lecteur

Il est difficile pour les auteurs de proposer des raisons à cette faible corrélation entre air intérieur et air extérieur pour le NO₂ car les mesures relatives à l'air extérieur sont issues des stations d'Airparif qui ne sont pas localisées exactement sur la route suivie par les bus instrumentés. Ainsi la prochaine campagne prévue mettra en œuvre un laboratoire mobile qui suivra les bus instrumentés de manière à échantillonner l'air extérieur sur la route exacte suivie par les bus.

Cette étude s'inscrit dans une dynamique de meilleure connaissance de la qualité de l'air à laquelle nous sommes exposés. Après des mesures de qualité de l'air ambiant et de qualité de l'air intérieur dans les bureaux, les écoles, les logements, les études de l'air intérieur dans les transports utilisés permettent d'approfondir les relations entre air intérieur et air extérieur. Peu à peu, se dessine la notion de budget espace temps visant à estimer l'impact individuel.

Retour sur le PROGRAMME PRIMEQUAL 2 / PREDIT – Juillet 2010 : Évaluation de l'exposition des citoyens aux polluants atmosphériques au cours de leurs déplacements dans l'agglomération parisienne

L'étude de l'exposition des citoyens aux polluants atmosphériques au cours de leurs déplacements (étude en 2007-2008) a montré des résultats sensiblement différents pour le NO₂ et les PM2,5 sur deux lignes de bus parisiennes de caractéristiques différentes. Les résultats dans le bus articulé

(bus 91) empruntant des couloirs dédiés ont été plus élevés que dans le bus d'un seul tenant (bus 56) roulant sur les voies des voitures, ce qui est l'inverse des résultats pressentis avant l'étude. De plus, une plus grande hétérogénéité des niveaux a été observée dans le bus 91 pour le NO₂. Les médianes, premiers et 3^{es} quartiles en µg/m³ sont présentés ci-après : pour le NO₂, 113 [106 ; 148] dans le bus 56 versus 155 [145 ; 240] dans le bus 91 ; pour les PM_{2,5}, 40 [<40 ; 78] dans le bus 56 versus 55 [51 ; 95] dans le bus 91. Ces résultats ont conduit la RATP à s'interroger sur l'origine et la distribution spatiale des concentrations de ces polluants dans les bus articulés.

Etude complète :

<http://www.primequal.developpement-durable.gouv.fr/files/doc/6cc1893ee8048073.pdf>

Source : Romain Molle, Sophie Mazoué, Évelyne Géhin, Anda Ionescu, indoor-outdoor relationships of airborne particles and nitrogen dioxide inside Parisian buses. Atmospheric Environment 69 (2013) 240-248.

Article analysé par : Edwige REVELAT, Burgeap, e.revelat@burgeap.fr

Autres articles d'intérêts dans cette rubrique :

Dodson, Perovich et al. (2013) - After the PBDE Phase-Out: A Broad Suite of Flame Retardants in Repeat House Dust Samples from California. Journal/Environmental Science & Technology 46 24):13056-13066.

Fittschen, Santen et al. (2013) - Indoor Aerosol Determination with Respect to a Soiling Phenomenon in Private Residences. Journal/Environmental Science & Technology 47 1):608-615.

Mendes, Pereira et al. (2013) - Indoor Air Quality and Thermal Comfort Results of a Pilot Study in Elderly Care Centers in Portugal. Journal/ Journal of Toxicology and Environmental Health-Part a-Current Issues 76 4-5):333-344.

Fantuzzi, Righi et al. (2013) - Airborne trichloramine (NCl₃) levels and self-reported health symptoms in indoor swimming pool workers: dose-response relationships. Journal/ Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology 23 1):88-93.

endormi et sur la quantité de CO₂ ré-inhalé. L'impact de la position de l'individu et des couvertures durant le sommeil est également étudié.

Vingt-deux expériences ont été menées dans une enceinte expérimentale en acier de 70 m³ à l'aide d'un mannequin chauffé à 70 W, la chaleur étant répartie dans les différentes parties du corps permettant de simuler une personne au repos. Le mannequin était doté d'un mécanisme de respiration au niveau du nez avec un débit de 6 L/min et un taux de 12 cycles d'inhalation/exhalation par minute, typiques d'une personne endormie. L'enceinte est climatisée à 24°C et renouvelée à 0,5 vol/h. L'émission de polluants était simulée par l'injection de SF₆ (hexafluorure de soufre) à 0,1 % au cœur des 3 sources étudiées (matelas, oreiller ou peluche) par un système de distribution multi-points permettant d'obtenir une répartition uniforme de l'émission. L'air inhalé est récupéré dans une poche de 10 L dans laquelle la concentration de SF₆ est analysée toutes les 6 minutes. La concentration est également mesurée à 3 différents points de l'enceinte et au niveau de l'extraction d'air. Trois différentes positions du mannequin ont été testées : couché sur le dos, allongé latéralement et couché sur le ventre. L'impact de la couverture a été étudié selon qu'elle recouvrait entièrement le mannequin ou seulement jusqu'au torse. Chaque expérience durait au moins 3 heures. Les résultats sont exprimés sous la forme de fraction inhalée relative (FIR) qui n'est autre que le rapport entre la fraction inhalée mesurée au niveau du sujet endormi et la fraction inhalée calculée à partir de la concentration homogène dans la pièce. La fraction inhalée de polluant représente la masse de polluant inhalée sur la masse émise par la source.

La position allongée sur le dos conduit à une FIR de 1,24±0,03 par rapport à une pollution en provenance du matelas. Ce résultat n'est pas modifié en accentuant l'homogénéité de l'enceinte ou en réduisant le débit d'émission de polluant. Par contre, lorsque la chaleur corporelle est supprimée, la FIR monte à 2,2±0,8. La production métabolique de chaleur par une personne endormie provoque un panache thermique qui entraîne de l'air de la pièce vers la zone de respiration diluant ainsi la concentration de polluant. Être allongé sur le côté augmente légèrement la FIR (1,39±0,13), tout comme être allongé sur le ventre (1,73±0,09). Lorsque le bras soutient la tête en position latérale, le panache thermique plus important au niveau de la zone respiratoire explique que la FIR soit plus faible (0,88±0,11). La présence d'une couverture n'a d'impact qu'à partir du moment où elle recouvre le visage (FIR = 32,7±1,4 sur le dos). Lorsque l'oreiller constitue la source de polluants, la FIR est de 2,16±0,14 sur le dos et de 3,39±0,08 sur le côté. Le résultat est très sensible au positionnement du visage sur l'oreiller. Ainsi, pour un visage placé au bord de l'oreiller, la FIR n'est que de 1,31±0,02. Avec la peluche comme source de polluants, la FIR atteint 13,4±0,2 lorsqu'elle est placée contre le visage en dormant sur le ventre. Ces résultats ne sont toutefois pas extrapolables à l'enfant dont le métabolisme est différent de celui d'un adulte ou d'un adolescent.

Le taux de ré-inhalation exprimé sous la forme de pourcentage d'air exhalé est de 5,5 % en position couchée sur le dos ou latérale, et de 9,5 % en étant allongé sur le ventre. Le maximum de 66 % est atteint lorsque la couverture recouvre le visage,



Risque et impact sur la santé

Evaluation expérimentale de l'exposition aux polluants gazeux des matelas et oreillers durant le sommeil

Un individu passe en moyenne un tiers de sa vie endormi. Cela représente 70 % du temps passé dans le logement, en particulier dans la chambre. L'exposition des occupants aux polluants émis par le matelas, le bois de lit, les oreillers et les couvertures (phtalates, isocyanates, formaldéhyde, retardateurs de flammes, etc.) peut être importante. Durant le sommeil en position allongée, le nez et la bouche des occupants sont très proches de ces sources d'émissions, si bien que la concentration des polluants dans l'air inhalé peut être bien supérieure à la concentration dans la pièce. Par ailleurs, une fraction de l'air exhalé, qui contient entre 4 % et 5 % de CO₂, peut à nouveau être inhalé et déstabiliser le processus de respiration. Ce dernier point est une des hypothèses avancées dans les cas de mort subite du nourrisson. Les auteurs ont pour but de quantifier l'effet de la proximité des sources de pollution liées à la composition de la literie (bois, matelas, oreillers) et au métabolisme à travers l'air exhalé sur l'exposition d'un individu

niveau suffisamment élevé pour créer de l'hypoxie. La chaleur corporelle est un facteur dominant de la dilution des polluants émis à proximité des voies respiratoires et permet de réduire l'exposition. La position de la personne endormie, tout comme celle des couvertures, ont un impact modéré mais significatif sur l'exposition du même ordre de grandeur que la production métabolique. Dormir sous la couverture est une situation à éviter car elle augmente considérablement à la fois la fraction inhalée et le taux de ré-inhalation. La position allongée crée un microenvironnement particulier qui n'est pas bien représentée par les hypothèses usuelles d'homogénéité de la concentration dans la chambre. L'exposition aux polluants intérieurs durant le sommeil nécessite de poursuivre les travaux en incluant les sources textiles (couvertures et vêtements), en recalculant les fractions inhalées pour des enfants, ou encore en incluant d'autres voies d'exposition comme le contact direct avec la source ou le transfert air – peau.

Commentaires du lecteur

Les auteurs ont réalisé une étude très originale qui montre les particularités de l'exposition d'une personne endormie. L'approche expérimentale retenue permet de tester plusieurs configurations dans des situations contrôlées. Le traceur utilisé est approprié pour simuler l'exposition à des polluants gazeux. En revanche, il ne permet pas de conclure sur l'exposition aux composés organiques semi-volatils. La simulation de l'émission de polluants adoptée au cours de ces expériences présuppose un débit d'émission constant. Or, la chaleur émise par une personne endormie se transmet aux autres matériaux en contact, comme le matelas ou l'oreiller. Leur température et par conséquent l'émission de polluants va donc évoluer durant la nuit. Par ailleurs, au moment de se mettre au lit, l'occupant exerce une pression sur le matelas et l'oreiller, chassant ainsi une partie de l'air résiduel contenu à l'intérieur et potentiellement chargé de polluants vers la chambre. Ces limites soulignent la nécessité de confronter les résultats observés à des observations réelles en situation, qui restent sans nul doute très difficile à mener.

Source : Laverge J, Novoselac A, Corsi R, Janssens A , *Experimental assessment of exposure to gaseous pollutants from mattresses and pillows while asleep*, *Building and Environment*, 59(2013), 203-210. Université de Gand (Belgique), université du Texas (USA).

Article analysé par : Olivier Ramalho, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), Direction Santé-Confort, olivier.ramalho@cstb.fr.

approches sont censées donner les mêmes résultats bien que des comparaisons n'aient jamais été publiés. L'objectif est de quantifier les impacts sanitaires des principales expositions à l'air intérieur aux Pays-Bas et de comparer ces résultats à ceux de l'initiative européenne EnVIE (Indoor Air Quality & Health effects), qui utilisait une méthodologie fondée sur les effets.

Pour la quantification du fardeau sanitaire de l'air intérieur, les auteurs ont suivi les étapes de l'approche fondée sur l'exposition : sélection des polluants, sélection des effets, exposition de la population, relations exposition-effet, estimation des fractions attribuables en population et du nombre de cas, calcul du fardeau sanitaire. Cette méthodologie a été appliquée à l'humidité, au monoxyde de carbone, au radon et au thoron, à la fumée de tabac environnementale, et enfin au formaldéhyde. Les résultats finaux et de chaque étape ont été comparés à ceux produits par la méthodologie suivie par EnVIE, par exemple le choix des polluants et des effets.

L'humidité entraîne de 17 000 à 45 000 cas d'asthme et de 250 000 à 530 000 symptômes de l'appareil respiratoire supérieur, sans que les intervalles de confiance ne reflètent la totalité de l'incertitude associée aux estimations. La fumée de tabac environnementale est également associée à l'asthme et à des pathologies cardiaques et au cancer du poumon. Elle représente la majeure partie du fardeau sanitaire de l'air intérieur aux Pays-Bas, tandis que le formaldéhyde est associé à un impact nul, du fait du choix d'un seuil d'effet à 40 µg/m³.

La méthodologie suivie par EnVIE aboutit à un choix différent de polluants, incluant les sources extérieures mais pas la fumée de tabac environnementale par exemple. La comparaison s'est de fait limitée aux polluants communs aux deux méthodologies : humidité, monoxyde de carbone, radon, formaldéhyde. La fraction attribuable était fondée sur un jugement d'expert combiné à des données d'exposition dans EnVIE, et pas sur des relations exposition risque et des expositions. Le calcul du fardeau était lui aussi différent. Du fait de ces différences, la comparaison des résultats ne peut vraiment se faire que pour les cas d'asthme associé à l'humidité : 5,8% dans cette étude, contre 27% dans EnVIE. Au total EnVIE, qui inclut davantage de polluants, estime le fardeau de l'air intérieur aux Pays-Bas à 73 000, ce qui est au-delà du fardeau estimé par cette étude. Au final l'air intérieur a un impact considérable aux Pays-Bas puisque entre 7 et 52 000 années de vie en bonne santé par million d'habitant seraient perdues à cause de l'air intérieur. Le manque de données entraîne une absence de quantification de l'impact de certaines expositions. Les résultats devraient inciter à améliorer la qualité de l'air intérieur en agissant en particulier sur l'humidité et la fumée de tabac environnementale. Les différences entre méthodologies peuvent affecter les résultats. Les résultats doivent donc être accompagnés des hypothèses et d'une information sur la façon dont ces différences peuvent les influencer.

Commentaires et conclusion du lecteur

L'intérêt de l'article est son sujet, plus souvent cantonné aux rapports d'expertise ou de rendu de projets. Le lecteur familier de ces approches n'apprendra sans doute pas grand-chose, tandis que le novice trouvera des explications plus didactiques dans les publications de l'OMS sur le « burden of diseases ». Le peu de robustesse des résultats, lié à une forte dépendance



Risque et impact sur la santé

Fardeau sanitaire de l'air intérieur aux Pays-Bas : à différentes méthodes, différents résultats ?

Dans le cadre du plan d'action européen 2004-2010 pour l'environnement et la santé, les autorités néerlandaises ont souhaité disposer d'éléments pour prioriser les actions sur les polluants de l'air intérieur. Afin de pouvoir comparer ou agréger des effets différents, de nombreuses études ont estimé les impacts en DALYs (Disability Adjusted Life Years : années de vie perdues, ajustées sur la qualité de vie). L'OMS (Organisation Mondiale pour la Santé) a identifié deux approches, l'une fondée sur les effets, l'autre sur les expositions. Ces deux

aux expositions et pathologies incluses n'étonne guère, mais a le mérite d'être ici exposé en toute transparence.

Source : Schram-Bijkerk, D., van Kempen, E. E., & Knol, A. B. (2013). The burden of disease related to indoor air in the Netherlands: do different methods lead to different results? *Occupational and environmental medicine*, 70(2), 126-132.

Article analysé par : Philippe Glorennec, École des Hautes Études en Santé Publique, Inserm UMR1085, Institut de Recherche sur la Santé, l'Environnement et le Travail. Philippe.Glorennec@ehesp.fr



Risque et impact sur la santé

Moississures et bactéries aéroportées, composés organiques volatils microbiens, plastifiants et formaldéhyde dans les logements de 3 pays d'Europe du Nord et leur relation avec le syndrome des bâtiments malsains

Cette étude épidémiologique transversale s'est déroulée en 2001-2002 dans le cadre de l'étude européenne de santé respiratoire de phase 2, auprès des participants, adultes âgés de 20 à 44 ans, vivant dans les villes d'Uppsala (Suède), Tartu (Estonie) et Reykjavik (Islande). L'objectif de l'étude était de préciser les relations entre la contamination microbiologique et chimique du logement et les symptômes évocateurs de syndrome des bâtiments malsains (SBM).

Un échantillon aléatoire de personnes ayant répondu au questionnaire a été sélectionné pour des mesures environnementales au domicile. Cet échantillon aléatoire a été enrichi d'un groupe de personnes déclarant avoir un logement humide ou contaminé par des moisissures. Au final, 159 personnes ayant eu des mesures de COV microbiens à leur domicile ont été incluses dans l'étude.

Toutes ces personnes ont répondu à un questionnaire sur les caractéristiques socio-démographiques et le tabagisme, un questionnaire relatif au SBM et un questionnaire sur l'humidité et la présence de moisissures au domicile. L'étude environnementale a comporté la mesure de l'humidité relative, la température, les moisissures et bactéries aéroportées et de 16 composés organiques volatils microbiens (COVM), du formaldéhyde et de 2 plastifiants dont le texanol. L'analyse statistique par régression logistique multivariée a consisté à mettre en relation, après ajustement sur les facteurs de confusion potentiels, le taux des divers aérocontaminants avec la présence d'un des symptômes évocateurs de SBM.

Sur l'ensemble de l'échantillon, 29% des sujets rapportaient des symptômes évocateurs de SBM. L'analyse par régression logistique multivariée a montré des associations positives entre les taux de 6 composés chimiques (formaldéhyde, 2-pentanol, 1-octène-3-ol, 2-hexanone, 2-pentylfurane et Texanol) et les symptômes de SBM. Le taux de COV totaux et le nombre de moisissures ou bactéries viables n'étaient pas associés à la présence de ces symptômes.

Les taux de moisissures et bactéries aéroportées, ainsi que les taux de 3-méthylfurane et éthyl-isobutyrate étaient significativement plus élevés dans les logements humides et les logements abritant des moisissures. Si l'analyse prend en compte la présence d'humidité ou de moisissures au cours des 12 derniers mois, seuls les taux de 2-éthyl-hexanol et 2-méthylfurane étaient plus élevés dans les logements humides.

Les auteurs concluent que les taux de 3 COV (2-pentanol, 2-hexanone et 1-octène-3-ol), du formaldéhyde et du plastifiant texanol sont associés à la présence d'un symptôme évocateur de SBM. Par ailleurs, les logements humides ou comportant des moisissures ont effectivement des taux plus élevés de moisissures et bactéries aéroportées ainsi que de certains COV. Toutefois, les COV incriminés dans le SBM ne sont pas les mêmes que ceux retrouvés en excès dans les logements humides. Enfin, les COV totaux ne sont associés ni aux symptômes de SBM, ni à la constatation d'un excès d'humidité ou la présence de moisissures.

Commentaires et conclusion du lecteur

Cette étude montre la complexité des relations entre la pollution microbiologique, la pollution chimique et la présence de symptômes évocateurs de SBM puisque les indicateurs simples, tels que le taux de COV totaux ou la présence d'humidité ou de moisissures n'est pas lié aux symptômes de SBM. Il se pose d'ailleurs la question nosologique⁶ de la définition de ce syndrome qui est attribuée dans cette étude au logement individuel, alors que le terme est généralement réservé à des symptômes survenant chez une majorité de personnes (Gebbers et Gluck, 2003) se trouvant dans des immeubles tels que des bureaux, écoles, hôpitaux ou maisons de retraite, à l'exclusion de l'habitat individuel (Burge, 2004).

Par ailleurs, les auteurs ont mis en évidence un taux plus élevé de moisissures et bactéries dans les logements humides et/ou comportant des moisissures, ce qui paraît trivial mais l'est moins quand on sait la difficulté qu'il y a à caractériser ces logements par l'étude microbiologique de l'air. Les COV mis en évidence dans ces logements sont bien ceux qui sont en général considérés comme plus spécifiques de l'origine microbienne (COVM).

⁶Branche de la médecine qui étudie et qui classe les maladies d'après leurs caractères distinctifs.

Source : B. Sahlberg, M. Gunnbjörnsdóttir, A. Soon, R. Jogi, T. Gislason, G. Wieslander, C. Janson, D. Norback. Airborne molds and bacteria, microbial volatile organic compounds (MVOC), plasticizers and formaldehyde in dwellings in three North European cities in relation to sick building syndrome (SBS). *Sci Total Environ* 2013; 444: 433-440

Article analysé par : Thierry Rakotozandry, Denis Charpin, Clinique des bronches, allergie et sommeil, hôpital Nord, 13015 Marseille et Inserm 7333, Aix-Marseille Université, denis-andre.charpin@ap-hm.fr

Autres articles d'intérêt dans cette rubrique

Bolt and Morfeld (2013) - New results on formaldehyde: the 2nd International Formaldehyde Science Conference (Madrid, 19-20 April 2012). *Journal/Archives of Toxicology* 87 1):217-222.

Nielsen, Larsen et al. (2013) - Recent trend in risk assessment of formaldehyde exposures from indoor air. *Journal/Archives of Toxicology* 87 1):73-98.



Gestion Technique / Divers

Une approche de l'audit global en qualité de l'air intérieur dans des bâtiments recevant du public.

Il s'agit d'une étude portugaise de type « Audit de la qualité de l'air » (IAQ) dans laquelle les auteurs testent une méthodologie à coût réduit permettant d'évaluer la qualité de l'air dans des immeubles

qui reçoivent du public en parallèle d'une analyse énergétique (venant en application de la directive 2002/91/EC introduisant l'obligation de la certification énergétique des bâtiments).

Cette étude est liée à la volonté des autorités portugaises (et européennes) d'améliorer la qualité de l'air intérieur afin d'éviter le développement de certaines maladies qui en sont dépendantes (asthme, allergies par exemple) et se situe dans un contexte d'économie d'énergie contribuant au contraire à un renforcement des mesures d'isolation.

Quatre immeubles de 4 différents types ont été sélectionnés : bureaux, hôtels (salons), écoles (salles de classe), bibliothèques (salles de lecture) de 11 à 70 ans d'âge, tous équipés de ventilation mécanique, exceptés les salons d'hôtel à ventilation « naturelle ».

La méthodologie de l'IAQ proprement dite comprend :

- la collecte et l'analyse de tout type d'élément disponible et visible lors d'une première visite (check-list) en vue de déterminer le nombre et la localisation des futurs sites d'échantillonnage : éléments architecturaux, sources éventuelles de polluants, éléments de discussion avec les occupants, évaluation grossière des niveaux de CO₂, des systèmes de ventilation et de conditionnement d'air, etc . . .

- la mesure par des appareils portables : des paramètres physico-chimiques comme de la température, de l'humidité relative (analyseur DirectSense IAQ - model IQ610, GrayWolf), de la concentration en particules PM10 en suspension (compteur de particules - model Handheld 3016 IAQ - Lighthouse) ; des indicateurs biologiques comme le taux de bactéries et de moisissures (SAS Super IAQ, PB International Co. avec un taux de renouvellement d'air de 100 L/mn afin de cultiver sur milieux de croissance semi solides).

Les concentrations de certains indicateurs chimiques ont été suivies en continu (mesure par Direct-Sense IAQ, model IQ610, GrayWolf sensing solution), à l'exception du formaldéhyde mesuré avec un détecteur de gaz spécifique (model FP-30, Riken Keiki Co., Ltd.).

Ont été « monitorés » : les taux de dioxyde et de monoxyde de carbone, les concentrations en formaldéhyde, l'ozone, et les composés volatils totaux. De plus, les mouvements d'air ont été mesurés par la méthode utilisant la diminution de la concentration en CO₂ en tant que gaz traceur. Ces mesures sont destinées à être comparées aux valeurs limites standards et interprétées de façon intégrative et corrélée.

Pour ce qui concerne les conditions de température et d'humidité, tous les bâtiments, excepté le n° 3 (une école), se situaient dans des limites acceptables (recommandations de ASHRAE, 1993 soit 20 à 26°C et 20 à 60 % d'humidité).

A l'inverse tous les bâtiments, sauf le n°4, présentaient une concentration en PM10 excédentaire : soit du fait de la fumée de cigarette (bureau du directeur !) soit de la moquette empoussiérée dans les hôtels.

Pour les taux de CO₂ c'est le bâtiment 1 (bureaux) qui seul s'avère ne pas présenter une forte teneur (1 785 mg/m³). Les pics de concentrations atteignaient respectivement 2005, 3 390 et 2 677 mg/m³ dans les bâtiments 2 à 4. Alors que la teneur en composés organiques totaux y est la plus forte (valeurs entre

2,33 - 4,72 mg/m³ dans le bâtiment 1 vs valeurs inférieures à la norme de 0,6 mg/m³ et valeur maximale mesurée de 0,32 mg/m³ dans les 3 autres). Une pondération des concentrations en CO₂ par le nombre d'occupants s'est par la suite avérée nécessaire.

La concentration en CO (1,44 à 3,10 mg/m³) s'avère conforme à la réglementation (RSECE, 2006) fixant un maximum de 12,5 mg/m³ ou 10,5 ppm.

Les concentrations de formaldéhyde sont en dessous de 0,01 ppm en accord avec la réglementation (0,08 ppm).

Les seules concentrations en ozone positives sont de 0,04 et 0,07 mg/m³ en accord avec la norme fixée à 0,2 mg/m³ (0,1 ppm).

Le niveau de contamination bactérien et fongique, au maximum respectivement de 462 et 480 UFC/m³, n'excède pas la recommandation limite de 500 UFC/m³ au Portugal. La recherche spécifique de Legionella n'a permis d'en détection que dans le bâtiment 2 (hôtel).

Globalement l'audit effectué montre que les indicateurs sont le plus souvent dans les normes. Quelques cas ont nécessité une analyse et des mesures correctives de la part des responsables des bâtiments ; ainsi, par exemple :

- dans les hôtels et les salles de classe : une insuffisance de ventilation (excès de CO₂)
- de trop fortes concentrations en particules nécessitant des nettoyages plus efficaces (lavage et aspiration adaptés)
- un manque d'hygiène, de désinfection et de maintenance des tuyauteries (présence de Legionella dans les douches des personnels des hôtels)
- un défaut de respect de l'interdiction de fumer dans les lieux recevant du public.
- Dans les bureaux, le taux élevé en composés volatils a incité les auteurs à préconiser le changement du mobilier et des équipements de bureau.

La méthodologie en deux temps (phase exploratoire globale et phase d'échantillonnage et de mesures) semble constituer une méthodologie d'audit de la qualité de l'air intérieur adaptée à des budgets limités en temps et en personnel. Le responsable de l'audit doit être capable de corréliser les résultats des mesures aux observations préliminaires et consécutives afin de déterminer les causes de mauvais résultats et de proposer les mesures correctives adaptées.

Commentaires et conclusion du lecteur

Cette étude trouve sa place dans l'actualité de l'évaluation et de la gestion des risques sanitaires en lien avec l'exposition à des contaminants ou de façon plus générale à des conditions de vie des personnes dans leur environnement professionnel et domestique. Cet article montre comment il est possible de mettre en application des "guidelines" applicables spécifiquement à la qualité de l'air intérieur pour les bureaux et établissements publics en employant des méthodologies relativement simples, peu coûteuses et couvrant de façon quasi exhaustive (hormis les virus) des éléments physiques, chimiques et biologiques d'intérêt. Les normes de qualité auxquelles les valeurs mesurées sont ensuite comparées correspondent à des objectifs de qualité basés sur des valeurs sélectionnées (de 1986 à

2006) par divers organismes (WHO, US-EPA, ...). Ces normes sont en train d'évoluer dans différents pays. Il faut espérer que la sensibilité de ces méthodes d'analyse « in situ » suivra l'évolution de celles des valeurs guides qui feront foi au niveau européen.

En France, l'ANSES au travers de son GT « Valeurs guides de l'air intérieur » y contribue en déterminant elle-même des valeurs toxiques de référence pour l'air et parfois les poussières (phtalates)⁷. Il est notable à la revue de la bibliographie récente que des pays de langue portugaise (Portugal et Brésil) sont actuellement concernés par la qualité de l'air dans de tels bâtiments : des études récentes font état de la qualité de l'air, dans des centres accueillant des personnes âgées ou dans des musées.⁸ Lorsque les taiwanais avaient appliqué ce type de méthodologie également dans un hôtel (mais de classe internationale) leurs résultats montraient également l'existence de problèmes d'hygiène et le manque d'aération. Cependant les niveaux de formaldéhyde étaient élevés ce qui n'est pas le cas ici⁹.

Il serait intéressant de suivre les travaux ultérieurs de ces auteurs portugais s'ils concernaient la reconduction de la méthodologie employée pour évaluer les effets faisant suite à la mise en place des mesures correctives préconisées (si elles le sont effectivement). Actuellement les préoccupations des évaluateurs de risque se focalisent notamment sur la qualité de l'air dans les nouveaux bâtiments conçus pour économiser l'énergie. En Octobre 2013 s'est tenu à Vancouver le congrès ASHRAE IAQ : « Environmental Health in Low Energy Buildings » où les modèles de mesures et les facteurs à prendre en compte sont entre autres étudiés. Une conférence paraît particulièrement attractive : « What can Europe teach us » ?.

Source : Ehsan Asadi & Manuel C. Gameiro da Silva & J. J. Costa, A systematic indoor air quality audit approach for public buildings. *Environ Monit Assess* (2013) 185:865–875 DOI 10.1007/s10661-012-2597-x

Article analysé par : Brigitte ENRIQUEZ, ENVAIfort, Unité de Pharmacie-Toxicologie, UMR Inserm Pharmacologie cardiaque, U 955 équipe 03.benriquez@vet-alfort.fr

⁷Tableau de synthèse des VGAI publiées :

<http://www.anses.fr/fr/documents/ANSES-Ft-VGAIpubliees.pdf>

⁸[Mendes A, Pereira C, Mendes D, Aguiar L, Neves P, Silva S, Batterman S, Teixeira

JP. Indoor air quality and thermal comfort-results of a pilot study in elderly care centers in Portugal. *J Toxicol Environ Health A*. 2013;76(4-5):333-44. doi: 10.1080/15287394.2013.757213] [Godoi RH, Carneiro BH, Paralovo SL, Campos VP, Tavares TM, Evangelista H, Van Grieken R, Godoi AF. Indoor air quality of a museum in a subtropical climate: the Oscar Niemeyer museum in Curitiba, Brazil. *Sci Total Environ*. 2013 May 1;452-453:314-20. doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.02.070. Epub 2013 Mar 22].

⁹[Kuo NW, Chiang HC, Chiang CM. Development and application of an integrated indoor air quality audit to an international hotel building in Taiwan. *Environ Monit Assess*. 2008 Dec;147(1-3):139-47. Epub 2007 Dec 20.]

Pour pouvoir juger de la performance du filtre installé soit dans un appareil d'épuration autonome (équipé de son propre ventilateur et qui serait donc placé dans le volume des pièces), soit à l'intérieur du circuit de recyclage d'air d'un réseau de ventilation / conditionnement d'air, les essais ont été conduits dans une chambre expérimentale en acier poli de 20 m³ ventilée avec de l'air propre. Le filtre a été positionné dans une gaine définissant une boucle de recyclage de l'air de la chambre : l'air est aspiré dans la chambre, à un débit prééglé, traité par le filtre photocatalytique, puis réintroduit dans la chambre. Un mélange de polluants constitué de benzène, de toluène, de o-xylène, de n-undécane, de 1-butanol, d'acétaldéhyde et de formaldéhyde est injecté en continu dans la pièce de manière à obtenir des concentrations représentatives de celles rencontrées dans l'air intérieur pour chacune des substances (quelques dizaines de µg/m³). Six séries d'essais se distinguant par le débit d'air qui passe à travers le filtre, le type de lampe utilisé (UVA et UVC), et la géométrie du filtre (plat ou plissé), ont été réalisées. Dans chacun des cas, les concentrations en polluants ont été suivies dans le temps à l'entrée et à la sortie du filtre photocatalytique pour déterminer son efficacité intrinsèque d'une part, et pour qualifier son impact sur la qualité de l'air de la chambre d'autre part (abattement des concentrations en polluants primaires, possible production de composés secondaires dangereux pour la santé).

Tous les polluants générés dans la chambre d'essai sont représentatifs de la pollution des bâtiments non industriels mais n'ont pas exactement le même statut : en plus d'être des composés émis par différentes sources internes, le formaldéhyde et l'acétaldéhyde sont des sous-produits de dégradation photocatalytique du benzène, du toluène, du o-xylène, du n-undécane et du 1-butanol. Sur la base des résultats de 3 tests se différenciant uniquement par le débit de recirculation de la pièce, c'est-à-dire de la vitesse d'air traversant le filtre, les auteurs montrent dans un premier temps que l'influence de ce paramètre sur l'efficacité d'épuration ne peut être analysée indépendamment de la volatilité des polluants : les substances les moins volatiles (n-undécane, o-xylène, 1-butanol) sont les plus efficacement filtrées à la vitesse de passage la plus élevée, et cette efficacité augmente peu quand la vitesse de passage de l'air est abaissée. En revanche, l'efficacité d'abattement du benzène, de l'acétaldéhyde et du formaldéhyde augmente significativement quand la vitesse de passage de l'air à travers le filtre est abaissée. Pour ce qui concerne la production de composés secondaires toxiques, les auteurs relèvent un point très intéressant, en lien avec cette même notion de temps de résidence des polluants dans le filtre : au-delà de 300 m/h de débit traversant le filtre, on passe d'un abattement net à une production nette de formaldéhyde dans la pièce.

Concernant l'influence du type de lampe utilisée, les résultats obtenus sont, dans les conditions testées, sensiblement les mêmes avec des lampes UVA et UVC.

Les résultats obtenus pointent le temps de résidence des polluants dans le filtre comme la principale grandeur de dimensionnement pour la conception et/ou la mise en œuvre d'un système photocatalytique dans un bâtiment. Celui-ci



Gestion Technique / Divers

Paramètres clés influençant la performance des systèmes d'épuration de l'air intérieur fonctionnant par photocatalyse

L'étude présentée dans l'article a été réalisée aux Etats-Unis mais porte sur la caractérisation expérimentale d'un produit d'origine française, en l'occurrence un média photocatalytique commercialisé par la société Saint-Gobain. Par une série d'essais dans une chambre environnementale, les auteurs ont cherché à déterminer les paramètres optimaux de fonctionnement du filtre, tant en termes d'efficacité que de production de composés secondaires toxiques.

dépend à la fois du débit qui passe à travers le système et des propriétés physico-chimiques des polluants (volatilité). Alors que certains préconisent des débits d'air recyclés élevés pour maximiser l'impact du système d'épuration sur la qualité de l'air intérieur, Destailats et al. montrent clairement que ce concept est erroné et peut conduire à dégrader la qualité de l'air par la production nette de formaldéhyde. Pour les auteurs, il faut au contraire privilégier l'efficacité intrinsèque du système en mettant en œuvre des débits de recirculation modérés, qui garantissent des temps de contact suffisants à l'intérieur du filtre. Si le conditionnement thermique des ambiances impose un fonctionnement avec des débits élevés, il convient de s'orienter vers des médias tels que des filtres plissés, qui intègrent davantage de TiO₂ et dont la géométrie permet d'augmenter le temps de résidence des polluants.

Commentaires et conclusion du lecteur

A l'occasion de l'atelier organisé par l'OQAI sur la photocatalyse, la communauté scientifique a fait part de quelques réserves concernant l'utilisation de solutions d'épuration photocatalytiques de tous types, pointant notamment du doigt l'absence de règles de dimensionnement des systèmes et les risques pour les occupants qui peuvent résulter d'un usage inadapté des produits. L'étude de Destailats et al. montre qu'il ne s'agit pas là d'un obstacle infranchissable et que des conditions optima de fonctionnement des systèmes peuvent être définies sur des bases scientifiques solides. Même si tous les paramètres de la performance n'ont pas été étudiés (humidité ou intensité lumineuse par exemple), elle constitue en ce sens une référence incontournable pour les acteurs du domaine qui veulent se donner les moyens de faire reconnaître leurs produits.

Source : H. Destailats, M. Sleiman, D.P. Sullivan, C. Jacquiod, J. Sablayrolles, L. Molins. Key parameters influencing the performance of photocatalytic oxidation (PCO) air purification under realistic indoor conditions. *Applied Catalysis B: Environmental* 128(2012): 159-170.

Article analysé par : Patrice Blondeau, LaSIE/Université de La Rochelle ; patrice.blondeau@univ-lr.fr

News

Le plomb et le saturnisme : Comment traduire les avancées des recherches en actions de réduction des expositions ?

La conférence qui était prévue le 5 juin 2014 à Paris par le Ministère de la santé est déplacée à janvier 2015. La nouvelle date sera communiquée en septembre 2014. Conférence co-organisée par le ministère en charge de la Santé, le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), l'École des hautes études en santé publique (EHESP) et l'Institut de veille sanitaire (InVS).

Informations et inscriptions : plomb2014@cstb.fr

Conférence Internationale INDOOR AIR, juillet 2014

La 13^{ème} édition de la conférence de l'International Society of Indoor Air Quality and Climate (ISIAQ) s'est tenue du 7 au 12 juillet

2014 à Hong-Kong. Plus de 1000 chercheurs du monde entier se sont réunis pour faire le point des recherches sur la qualité des environnements intérieurs. <http://www.indoorair2014.org>

Parution des bulletins de l'OQAI :

Le bulletin n° 5 de juin 2013 fait le point sur la qualité de l'air dans les écoles : résultats, avancées et perspectives (COV, Fournitures scolaires, l'étude européenne SINPHONIE, ...)

http://www.oqai.fr/userdata/documents/432_Bulletin_OQAI5_Ecoles.pdf

Le bulletin n° 6 de décembre 2013 présente les nouvelles campagnes et études en cours (bâtiments performants en énergie, bureaux, lieux de vie fréquentés par les enfants, logements)

http://www.oqai.fr/userdata/documents/446_Bulletin_OQAI6_Programmes_OQAI.pdf

Le congrès ASHRAE IAQ 2013 s'est tenu à Vancouver (Canada) du 15 au 18 octobre 2013

Il avait pour thème « environmental health in low energy buildings ». Le thème du congrès a été développé autour des liens entre construction des bâtiments et conception et exploitation des systèmes de ventilation, chauffage et air-conditionné. L'objectif étant d'atteindre une bonne qualité de l'environnement intérieur en termes de santé dans les bâtiments basse consommation.

Pour en savoir plus : <http://ashraem.confex.com/ashraem/iaq13/cfp.cgi>

L'atelier annuel de l'OQAI s'est déroulé le 23 juin 2014 sur le thème : Coût socio-économique de la pollution de l'air intérieur

Pour accéder aux présentations : <http://www.oqai.fr/obsairint.aspx?idarchitecture=254&idPage=0&idcomposant=0>

Voir aussi l'étude exploratoire du coût socio-économique des polluants de l'air intérieur : <http://www.anses.fr/fr/documents/AUT-Ra-CoutAirInterieurSHS2014.pdf>

Parution du rapport d'activité 2013 du Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA)

www.lcsqa.org/system/files/rapport_activites_lcsqa_2013.pdf

Normalisation / Réglementation / Avis

Le rapport ANSES sur la proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur pour l'acénaphthylène vient de paraître.

Le document propose une VGAI court terme pour une durée d'application d'une heure de 300 µg/m³ avec comme effet critique la bronchoconstriction et une VGAI long terme, sur un an, de 160 µg/m³ avec comme effet critique la dégénérescence de l'épithélium olfactif.

<http://www.anses.fr/fr/documents/AIR2013sa0076Ra.pdf>

Normalisation / Réglementation / Avis

Parution d'un avis du Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP) sur le plomb : Détermination de nouveaux objectifs de gestion des expositions au plomb.

Pour 2017, le HCSP fixe les objectifs suivants :

- une plombémie moyenne (géométrique) de 12 µg/L ;
- 98 % de la population avec une plombémie inférieure à 40 µg/L.

Par ailleurs, le HCSP recommande de cibler les actions de dépistage, de prise en charge médicale et de prévention des intoxications sur les personnes les plus exposées. Il propose deux niveaux de plombémie pour organiser la prévention du saturnisme infantile :

- un niveau d'intervention rapide pour les plombémies égales ou supérieures à 50 µg/L,
- un niveau de vigilance pour les plombémies égales ou supérieures à 25 µg/L.

Pour télécharger le rapport : <http://www.hcsp.fr/Explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=444>

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

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

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