



Info Santé Environnement Intérieur

N°26
Mars 2009

Bulletin de veille scientifique conçu et réalisé par le réseau RSEIN, *Recherche Santé Environnement INtérieur*, grâce à des financements du Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire, du Ministère de la santé, de la jeunesse, des sports et de la vie associative, et de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

ÉDITO

Après une longue période de veille et de recueil de données, les effets de la mauvaise qualité de l'air intérieur (QAI) sur la santé de l'homme sont désormais sur la place publique. L'inscription au cœur du Plan National Santé Environnement (PNSE) de mesures ambitieuses, l'émergence de collectifs associatifs ayant pour objet notamment de pousser les autorités à accélérer la mise en place de politiques vigoureuses, la multiplication des organismes de recherche et d'expertise revendiquant une activité en lien avec l'air intérieur, sont autant de signes que le sujet est définitivement passé du stade de la recherche à celui de la consécration médiatique.

La place de ce sujet dans la sphère publique oblige le gouvernement à renforcer, sinon ses actions de prévention, du moins la communication sur la cohérence de sa politique en la matière. Mais détermination n'est pas précipitation. Comment faire pour passer du discours de sensibilisation sur la réalité des risques à l'action juste et efficace ? Les difficultés sont en effet multiples.

La réalité des risques concernés en population générale n'est plus contestée : il s'agit désormais de trouver un mode de gestion de risques individuels faibles, associés à des incertitudes fortes. « *Soft data – hard decisions* », selon l'expression de J.R. Ravetz. C'est comme cela qu'est caractérisée désormais la question de la gestion de la qualité de l'air intérieur. Comment agir lorsque les modèles nous indiquent que, pour certaines substances, 90 % de la population serait dans une situation d'exposition potentiellement risquée, mais que dans le même temps les incertitudes sur les risques réels à ces niveaux sont de l'ordre de la valeur elle-même ? Comment hiérarchiser les dangers et les actions devant ce niveau d'incertitudes ?

Autre écueil : en contraste avec l'effort important de recherche en sciences des risques sanitaires environnementaux, les sciences psycho-sociales n'ont pas pu être convoquées à temps, et leur éclairage nous manque aujourd'hui cruellement au moment de lancer des actions d'ampleur en gestion du risque : quelles angoisses, quelles maladies somatiques, quelles rumeurs sont susceptibles de déclencher le dévoilement répété de risques insoupçonnés jusqu'à présent ? Quelle gestion locale, quelle articulation avec les attentes nationales ? Quelle forme d'implication des intéressés dans la prise de décision en amont et en aval des mesurages ?

Avec l'air intérieur, nous entrons également de plain-pied dans la contradiction possible entre la gestion du risque et les enjeux de diffusion d'information. Si pour les intérêts nationaux, la construction et l'amélioration d'une base de connaissance des expositions restent une priorité, si dans la ligne d'Aarhus la diffusion de cette connaissance apparaît comme une nécessité, les enjeux ne se posent pas de façon aussi évidente au plan local. Les guides et normes existants insistent sur le fait qu'une enquête visant à identifier les situations « à risque » est un préalable à toute gestion sereine de la QAI. Les mesures de QAI ne sont pas toujours indispensables pour agir en première intention. Elles peuvent même constituer en elles-mêmes des déclencheurs de crises faute de préparation suffisante. Le défi du compromis entre objectifs de réduction du risque et de connaissance du risque sera certainement l'un des plus difficiles à relever dans le cadre de la mise en place d'une surveillance de la QAI dans certains établissements collectifs.

Enfin, si l'organisation de l'expertise en évaluation du risque constitue un progrès immense pour que les pouvoirs publics puissent disposer d'avis fondés et consensuels sur le risque, les limites d'une démarche des autorités principalement fondée sur ces avis sont actuellement patentées. Il est logique que les avis d'un groupe d'experts animés par une perspective purement sanitaire se caractérisent par un tropisme très « précaution ». Il est tout aussi logique que les décideurs ressentent le besoin, afin de recouvrer leur liberté de décision, de confronter ces avis à des recommandations élaborées dans un cadre de négociation entre les parties prenantes, selon une méthodologie qui reste à inventer.

Emmanuel BRIAND, Direction générale de la santé

SOMMAIRE

Substances → p2 ; Lieux de vie → p9 ; Effets sanitaires → p11 ; Expologie – Évaluation des risques → p15 ; Informations diverses → p19

Les astérisques renvoient aux termes du glossaire. → p26

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



SUBSTANCES

Comparaison de méthodes analytiques de dosage d'aldéhydes dans une chambre d'essai d'émission

Source : Salthammer T, Mentese S. Comparison of analytical techniques for the determination of aldehydes in test chambers. *Chemosphere*, 73(8) [2008]: 1351-1356.

Article analysé par : Christelle NICOLET, Bureau Veritas ; christelle.nicolet@fr.bureauveritas.com

Il existe différentes méthodes de mesure des aldéhydes dans le cadre des tests de caractérisation des émissions de ces composés par les matériaux. Cette étude avait ainsi pour objectif de comparer les résultats selon les différentes méthodes existantes.

L'étude a été menée sur une cabine simulant une habitation dans laquelle les matériaux de construction ont été sélectionnés pour leurs faibles émissions. Cette cabine (2 m × 1,6 m × 3,1 m) est constituée d'une charpente en bois, et d'un sol et d'un plafond recouverts de gypse afin d'éviter les émissions de formaldéhyde. Du matériau isolant à base de laine de roche et de laine de verre fourni par l'association européenne des fabricants de matériaux d'isolation (EURIMA) a été inséré entre le mur et le gypse. Les murs ont été recouverts d'une sous-couche à base d'eau, de papier peint basse émission et l'extérieur a été recouvert de plâtre. Cette cabine a été installée dans une chambre d'essai d'émission de 48 m³ pendant plus de 28 jours et des prélèvements ont été effectués régulièrement. Les méthodes d'analyse suivantes ont été testées simultanément :

- la méthode de l'acétyl acétone (ACAC). Elle est basée sur une cyclisation entre le 2,4-pentanedione, l'ammonium acétate et le formaldéhyde qui forme du dihydropyridine 3,5-diacétyl-1,4-dihydrolutidine (synthèse de Hantzsch). Ce composé est analysé par chromatographie liquide et quantifié par détection UV visible ou fluorimétrique. Cette dernière est plus sélective vis-à-vis du formaldéhyde car les autres composés carbonyles ne forment pas de composés suffisamment fluorescents ;
- la méthode DNPH. Elle est basée sur la réaction des aldéhydes / cétones avec la 2,4-dinitrophényl hydrazine (DNPH) formant des hydrazones éluées par l'acétonitrile, séparées par chromatographie liquide haute performance

(HPLC), phase inverse, et détectées dans l'ultraviolet entre 340 et 427 nm ;

- la méthode Tenax GC/MS, dont les tubes sont analysés par GC/MS.

Le pentanal (C4) et l'hexanal (C6) ont été inclus dans les tests des méthodes DNPH et Tenax GC/MS.

La concentration en formaldéhyde a augmenté jusqu'à 22 µg/m³ lors de l'introduction de la cabine (concentration de l'ordre de 3 µg/m³ préalablement), puis jusqu'à 69 µg/m³ lors de l'équipement de la cabine par de la moquette et des panneaux laqués.

S'agissant du formaldéhyde, les méthodes DNPH et ACAC ont donné des résultats relativement similaires, légèrement plus faibles avec la méthode DNPH. Ceci s'explique par un phénomène de conversion de l'hydrazine en hydrazone en contexte de faible humidité relative. Il est recommandé d'utiliser la méthode ACAC pour le dosage du formaldéhyde, car la détection fluorimétrique est plus sélective que la détection UV (méthode DNPH). Pour les autres aldéhydes (hexanal et pentanal), les auteurs ont constaté d'importantes différences entre les résultats obtenus par les méthodes DNPH et Tenax GC/MS ; les concentrations obtenues avec la méthode DNPH sont beaucoup plus faibles. Ceci serait dû à un phénomène de vitesse de réaction. En effet, les composés carbonyles ayant plus de quatre atomes de carbone réagissent moins vite avec la DNPH que les composés dont le nombre de carbones est inférieur ; l'eau réagit à leur place pour former de l'hydrazone. Les auteurs concluent que l'analyse de composés carbonyles de C1 à C4 doit être préférentiellement effectuée par la méthode DNPH et celle des composés carbonyles en C4-C10 par la méthode Tenax GC/MS.

Commentaires

L'étude est intéressante car elle permet de mieux connaître les différentes techniques et performances des méthodes d'analyse des composés carbonyles et met en lumière le fait que la méthode DNPH qui est la plus utilisée, car demandée par l'ISO 16000-3, n'est pas toujours la plus adaptée.

Cette étude montre également que, malgré une sélection de matériaux classés peu émissifs (selon un protocole développé par les auteurs), on ne parvient pas à obtenir une concentration en formaldéhyde inférieure à 20 µg/m³.



SUBSTANCES

Caractérisation chimique des particules fines émises par différents modes de cuisson

Source : See SW, Balasubramanian R. Chemical characteristics of fine particles emitted from different gas cooking methods. Atmospheric Environment, 42(39) [2008]: 8852-8862.

Article analysé par : Sophie TETON, réseau de surveillance de la qualité de l'air ATMO PACA ; sophie.teton@atmopaca.org

Dans les pays développés, la cuisine au gaz est l'une des sources d'émission de PM_{2,5}* à l'intérieur des bâtiments. La majorité des études antérieures concernant l'émission de particules fines et la cuisson domestique se sont focalisées sur la détermination des composés organiques ; or ces composés ne constituent que 20 à 30 % de la masse totale des PM_{2,5}*. L'objectif de l'étude de See et Balasubramanian est d'établir les relations entre modes de cuisson et caractéristiques chimiques des PM_{2,5}*.

L'expérimentation est réalisée sous conditions contrôlées dans une cuisine de 21 m³, portes et fenêtres closes, sans présence humaine hormis celle de l'expérimentateur. Le prélèvement des PM_{2,5}* s'effectue à 20 cm en face du foyer de la gazinière et

à 1,5 m de hauteur. Cinq modes de cuisson sont étudiés : vapeur, dans l'eau à ébullition, à la poêle, avec ou sans agitation permanente, et friture. L'expérience est répétée cinq fois pour chacun d'entre eux, dans les mêmes conditions avec un même wok chauffé (puissance du brûleur gaz : 3 kW) et un même type d'aliment (tofu en morceaux). Carbone total, carbone élémentaire (EC), carbone organique (OC), hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), métaux totaux et solubles, ions et acides organiques et ions inorganiques sont les paramètres mesurés.

Les principaux résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Concentrations mesurées dans la cuisine selon les différents modes de cuisson

	Niveaux de fond hors cuisson	Vapeur	À l'eau bouillante	Sauté et mélangé en permanence	Sauté	Frit
PM _{2,5} * (µg/m ³)	15,4	72,3	91,6	120	130	209
EC (µg/m ³)	1,6	6,16	8,11	14,5	14,7	15,8
OC (µg/m ³)	3,37	29,3	36,1	62,6	71,6	121,5
16 HAP* (ng/m ³)	3,10	10,5	14,3	21,5	25	36,5
13 métaux (µg/m ³)	0,36	1,57	1,79	3,64	5,66	7,53
20 ions totaux (µg/m ³)	5,8	18,4	23,8	18,2	22,3	31,1

La matière carbonée est majoritaire lors des phases de cuisson : de 48,3 % à 66,4 % de la masse des PM_{2,5}*, à comparer à 32,4 % pour le niveau de fond. Le carbone organique constitue plus de 80 % de la matière carbonée totale, part qui augmente pour les cuissons à l'huile. La combustion du gaz de ville ne constituerait qu'une source mineure de cette matière

carbonée. Les HAP* ne représentent que 0,02 à 0,03 % de la masse totale du carbone organique. Selon les modes de cuisson, les teneurs augmentent d'un facteur 2 à 3 par rapport au niveau de base. Les auteurs proposent d'utiliser les ratios entre HAP* de même poids moléculaire pour caractériser les modes de cuisson.

Sur les treize métaux étudiés, fer, cuivre et zinc sont majoritaires. Ces métaux pourraient provenir de l'ingrédient lui-même (tofu) ou de l'huile de cuisson. Chrome, fer et nickel peuvent être émis par les ustensiles en inox soumis à de hautes températures ou être des co-produits de la combustion du gaz de ville. Les ions organiques et inorganiques constituent une part majeure des $PM_{2,5}^*$. Durant les phases de cuisson, ils peuvent augmenter d'un facteur 3 à 5 par rapport aux niveaux de base. Ces observations ne procèdent pas de la tendance générale notée pour les autres ions. Cependant, un examen plus poussé révèle que ceci est dû à trois ions : F^- , Cl^- et SO_4^{2-} . Leur abondance est probablement à mettre en relation avec leur plus grande concentration dans l'eau du robinet que dans l'huile (selon les chiffres de l'agence de l'eau). Les autres ions suivent, soit la tendance générale (anions organiques), soit sont à des teneurs équivalentes quel que soit le mode de cuisson (cations et autres anions inorganiques). Les cuissons à base d'eau sont donc dominées par la fraction inorganique, tandis que celles à base d'huile le sont par la fraction organique.

Commentaires

Grâce à une expérimentation en conditions contrôlées, cette étude corrobore les hypothèses émises par des études antérieures réalisées en conditions réelles (restaurant, kiosque) et donc sujettes à des influences extérieures. Elle présente en outre les conditions maximales d'exposition. Par ailleurs, de nombreux contrôles qualité ont été menés afin de s'assurer de la fiabilité des résultats. De plus, les différents modes de cuisson étudiés sont suffisamment « universels » pour être applicables dans de nombreux pays. Cependant, on peut regretter que certaines hypothèses formulées n'aient pas donné lieu à plus d'investigations. Par exemple, les auteurs ont largement discuté de la solubilité des métaux collectés par les prélèvements sur filtres, qui varie selon les modes de cuisson, sans que les hypothèses émises pour expliquer les différences aient été vérifiées. Il aurait également été intéressant d'utiliser un ingrédient plus « gras » afin d'établir les facteurs additionnels dus au matériau de base.



SUBSTANCES

Contribution des cuisinières gaz et électriques aux concentrations résidentielles de particules ultrafines

Source : Wallace L, Wang F, Howard-Reed C, Persily A. Contribution of gas and electric stoves to residential ultrafine particle concentrations between 2 and 64 nm: Size distributions and emission and coagulation rates. *Environmental Science & Technology*, 42(23) [2008]: 8641-8647.

Compléments accessibles librement : <http://pubs.acs.org/doi/suppl/10.1021/es801402v>

Article analysé par : Olivier RAMALHO, Centre scientifique et technique du bâtiment – CSTB ; olivier.ramalho@cstb.fr

De nombreuses études ont identifié les activités de cuisson comme l'une des sources majeures de particules dans l'environnement domestique, au travers notamment de mesures de la concentration en masse de particules ($PM_{2,5}^*$ et PM_{10}^*) et de la concentration en nombre ciblant les particules ultrafines de diamètre supérieur à 10 nm. Les progrès de l'instrumentation permettent aujourd'hui de mesurer les particules de taille nanométrique jusqu'à 2 nm. Les auteurs se proposent de caractériser les émissions de particules par les activités de cuisson utilisant le gaz ou l'électricité dans ce domaine de taille encore méconnu. L'influence de la coagulation, qui résulte de la collision entre deux particules et joue un rôle prépondérant dans le domaine nanométrique, est également estimée.

Les tests ont été réalisés dans la maison expérimentale du *National Institute of Standards and Technology* (NIST), maison de plain-pied de 340 m³ avec une cuisine ouverte sur le salon, un séjour, trois

chambres et deux salles de bains. Un système central de climatisation et de ventilation par insufflation d'air est resté en fonctionnement durant les expérimentations. Les mesures ont été réalisées dans la chambre principale, à 12 m de la zone de cuisson. Un granulomètre à mobilité électrique (SMPS modèle 3936), constitué d'un classificateur électrostatique (modèle 3080), d'un module nanométrique (nano-DMA, modèle 3085) et d'un compteur de noyaux de condensation fonctionnant à l'eau (CPC modèle 3786), permet d'enregistrer la distribution en taille des particules entre 2 et 64 nm toutes les 2,5 minutes. Plus de 150 tests ont été réalisés en utilisant une cuisinière au gaz (brûleurs seuls, four vide et cuisson d'aliments), une cuisinière électrique (foyer électrique seul, four vide et cuisson d'aliments) ou un mini-four électrique posable (fonctionnant à vide ou avec aliments).

Les débits d'émission ont été estimés en divisant la concentration maximale observée par la durée de l'activité et en la multipliant par le volume de la maison. Les effets associés au renouvellement d'air (mesurés par injection régulière de gaz traceur) et au dépôt (calculé théoriquement selon la taille) ont été considérés négligeables au regard de la courte durée de l'activité testée. Par contre, ces valeurs d'émission sont sous-estimées compte tenu des phénomènes de coagulation.

L'ensemble des résultats obtenus est synthétisé dans le tableau ci-dessous. En l'absence d'aliments à cuire, la flamme des brûleurs du plan de cuisson émet un grand nombre de particules ultrafines avec un diamètre autour de 5 nm (jusqu'à 10^{13} min⁻¹). L'utilisation du four de la gazinière à vide en mode cuisson ou grill produit des particules plus grosses allant jusqu'à 24 nm. Lorsque le plan de cuisson de la gazinière est utilisé pour porter une quantité d'eau à ébullition, l'émission de particules de diamètre inférieur à 10 nm est plus faible (6×10^{12} min⁻¹; diamètre géométrique moyen de 6 nm). Au contraire, la cuisson des aliments émet deux à trois fois plus de particules de diamètre supérieur à 10 nm que de particules de diamètre inférieur à 10 nm.

L'utilisation d'huile pour la cuisson augmente le diamètre géométrique moyen des particules jusqu'à 20 nm. La mise en route d'un foyer électrique seul ou avec une casserole d'eau à bouillir génère des particules de diamètre inférieur à 10 nm, respectivement 4×10^{12} et $1,5 \times 10^{12}$ min⁻¹. L'émission de particules de diamètre supérieur à 10 nm est très variable et semble dépendre, soit de la couche recouvrant l'élément chauffant, soit de la poussière déposée lorsque les foyers ne sont pas utilisés. Le four électrique tout comme le mini-four ne contribuent que faiblement aux particules de diamètre inférieur à 10 nm : débit d'émission de $0,07 \times 10^{12}$ et $0,8 \times 10^{12}$ min⁻¹ respectivement.

Les débits de coagulation ont été modélisés et variaient de +13 (perte) à -7 h⁻¹ (augmentation du nombre) selon les classes de taille de particules émises par le brûleur gaz durant les premières minutes de décroissance. Ces débits sont supérieurs au renouvellement d'air de la maison (de 0,1 à 0,3 h⁻¹) et aux constantes théoriques de dépôt calculées (< 0,5 h⁻¹ pour la majorité des particules). Une valeur limite de concentration de 3×10^4 cm⁻³ est estimée, en dessous de laquelle la coagulation n'est plus dominante.

Résultats des tests réalisés avec les trois appareils de cuisson

	Nombre de tests	Gamme des diamètres géométriques moyens (nm)	Concentration max (2-64 nm) ($\times 10^3$ cm ⁻³)	Débit d'émission ($\times 10^{12}$ min ⁻¹)
Cuisinière gaz : fonctionnement à vide				
Brûleur (SMPS en cuisine)	9	4,4-7,0	290-2200	non calculé
Brûleur (SMPS en chambre)	19	4,0-7,0	90-740	4,6-13
Four (mode cuisson / grill)	14	4,3-24	48-450	0,3-5,1
Cuisinière gaz : cuisson d'aliments ou quantité d'eau portée à ébullition				
Brûleur (SMPS en cuisine)	1	8,7	1000	non calculé
Brûleur (SMPS en chambre) ⁽¹⁾	11	5,5-20	24-190	0,4-7,0
Four (mode cuisson / grill) ⁽²⁾	5	4,6-18	22-140	0,4-1,1
Cuisinière électrique				
Foyer électrique seul	31	3,2-22	7,1-350	0,6-11
Foyer électrique – cuisson ⁽³⁾	31	6,1-31	9,0-310	0,14-14
Four vide (mode cuisson / grill)	12	5,2-30	3,3-47	0,06-0,8
Mini-four électriqueposable				
Mini-four vide (en chambre)	5	28-32	740-1500	3,1-6,4
Mini-four vide (en cuisine)	7	16-18	230-240	4,1-6,0
Mini-four (cuisson en cuisine) ⁽⁴⁾	6	22-49	31-210	1,8-3,7

(1) quantité d'eau portée à ébullition (0,35 à 1 L), riz mijoté en casserole, cuisson à l'huile dans une poêle (brocolis, œufs ou bacon)

(2) riz réchauffé à 175°C, pommes de terre cuites à 250°C, muffin cuit au grill

(3) quantité d'eau portée à ébullition (0,35 à 1 L), riz mijoté en casserole, cuisson à l'huile dans une poêle (huile d'arachide ou œufs + bacon)

(4) muffin cuit au grill, pain grillé et cuisson de pommes de terre

Les tables de cuisson gaz ou électriques émettent un très grand nombre de particules ultrafines de diamètre inférieur à 10 nm avec des débits de l'ordre de 10^{12} min^{-1} ce qui donne des concentrations de l'ordre de 10^5 cm^{-3} , cent fois plus élevées que le niveau de fond. Les débits d'émission calculés, bien que sous-estimés, permettent de mieux rendre compte des concentrations résultantes dans la maison car celles-ci intègrent les effets de la coagulation. Malgré des débits de coagulation prépondérants devant le renouvellement d'air et le dépôt sur les surfaces, les concentrations restent élevées pendant près de deux heures. La concentration à proximité des sources est très élevée, mais les échanges entre les pièces viennent rapidement niveler ce gradient. De ce fait, l'exposition à long terme du cuisinier ne devrait pas être beaucoup plus élevée que celle des autres occupants. L'ensemble des occupants est toutefois exposé à de fortes concentrations de particules ultrafines pendant quelques heures après l'utilisation d'une table de cuisson. L'utilisation de hottes de cuisine pourrait réduire l'exposition, mais leur efficacité n'est pas toujours démontrée et le mouvement brownien accru des particules de diamètre inférieur à 10 nm devrait encore diminuer cette efficacité. Les ratios intérieur/extérieur inférieurs à 0,05 en bruit de fond montrent que les particules de diamètre inférieur à 10 nm pénètrent difficilement dans le bâti et qu'elles se déposent plus rapidement que les particules ultrafines plus grosses. L'ensemble de ces éléments indique qu'une part importante de l'exposition aux particules de diamètre inférieur à 10 nm pourrait être associée aux sources intérieures.

Commentaires

Cette étude présente un nombre important d'expérimentations en situation quasi-réelle et est très riche en résultats notamment associés au domaine encore méconnu des particules de diamètre inférieur à 10 nm. La forte contribution des principales combustions non raccordées représentées par les activités de cuisson au gaz (naturel, propane ou butane) est pointée du doigt. Certes, la coagulation et le dépôt vont venir diminuer rapidement le nombre de ces particules dans les premiers instants, mais ils restent insuffisants pour écarter toute exposition. L'utilisation de foyers électriques de cuisson n'apparaît pas non plus comme une solution, leur propre contribution n'étant pas négligeable. Le fait que les tests à vide émettent plus de particules que les tests avec cuisson d'aliments n'est pas expliqué par les auteurs. La perturbation de la flamme par la casserole ou la poêle disposée sur le brûleur, tout comme leur positionnement sur la plaque électrique, sont des actions courantes qui peuvent avoir un impact sur l'émission de particules. L'émission de particules par les activités de cuisson est complexe et pas assez mise en avant par les auteurs qui ont trop tendance à se positionner comme des observateurs. De même, le dépôt des particules sur les surfaces est traité de façon un peu trop simpliste par un calcul théorique dans lequel ni la température des particules, ni leur vitesse ne semblent être prises en compte. Les auteurs ont de ce fait vraisemblablement sous-estimé la constante de dépôt et par conséquent surestimé la part de la coagulation. Le caractère extrapolable des résultats observés par les auteurs est à modérer de par le système particulier de ventilation de la maison et le scénario maximaliste, qui reste toutefois réaliste, dans lequel l'ensemble des portes intérieures reste ouvert. L'étude reste riche d'informations, pas forcément toutes exploitées, et vient alimenter le besoin croissant d'une meilleure gestion des sources intérieures de particules.



SUBSTANCES

Diversité et dynamique de la communauté bactérienne en environnement intérieur

Source : Rintala H, Pitkäranta M, Toivola M *et al.* Diversity and seasonal dynamics of bacterial community in indoor environment. BMC Microbiology, 8 [2008]: 56.

Article analysé par : Marina MOLETTA-DENAT, Centre scientifique et technique du bâtiment – CSTB ; marina.moletta@cstb.fr

Jusqu'à aujourd'hui, la flore bactérienne des environnements intérieurs a été étudiée de manière fragmentaire, notamment du fait de l'utilisation des méthodes de culture. Depuis une vingtaine

d'années, l'application des outils moléculaires a permis de mieux décrire l'immense diversité microbienne de l'environnement.

La composition et la dynamique de la flore bactérienne de poussières d'intérieur ont été étudiées dans deux bâtiments, une crèche et un environnement tertiaire de bureaux, sur une période d'un an. Quatre échantillons, correspondant aux quatre saisons, ont été prélevés dans chaque bâtiment à l'aide d'un aspirateur. L'ADN* a été extrait à partir de 50 mg de poussières grâce à un kit commercial (*Genelute Plant Genomic Miniprep Kit*, Sigma Aldrich) et de deux étapes de purification. Les banques de clones et les séquençages ont permis l'analyse de 893 séquences d'ARN* ribosomique 16S.

Les 893 clones analysés se répartissent en 283 unités taxonomiques opérationnelles distinctes (OTUS), qui permettent de définir l'espèce sur la base consensuelle de 97 % de similarité entre deux séquences. Les résultats montrent que tous les échantillons collectés sont dominés par des espèces à Gram-positif, le phylum (division la plus haute dans la classification des procaryotes) le plus abondant étant les Firmicutes. Quatre OTUS présentent une similitude haute avec les séquences de *Corynebacterium* spp., *Propionibacterium* spp., *Staphylococcus* spp. et *Streptococcus* spp., et sont retrouvées dans tous les échantillons. Parmi les espèces à Gram-positif, les familles *Sphingomonadaceae*, suivies par *Oxalobacteraceae*, *Comamonadaceae*, *Neisseriaceae* et *Rhizobiaceae* dominent les microflores. Les résultats montrent également des variations saisonnières de la microflore. L'abondance des α - et β -proteobacteria est plus élevée en été au détriment des Firmicutes. En outre, la proportion de Firmicutes et de γ -proteobacteria

au sein de la diversité totale est la plus élevée en hiver à l'instar des Actinobacteria, des α - et β -proteobacteria qui dominent au printemps ou en été ; la diversité des Bacteroidetes culmine à l'automne. Une comparaison statistique des banques de clones révèle que la flore bactérienne des deux bâtiments diffère pour l'ensemble des saisons, sauf au printemps. Cependant, les différences saisonnières observées dans un même bâtiment ne sont pas clairement établies, indiquant que les différences inter-bâtiments sont plus importantes que celles entre les saisons.

Commentaires

Ce travail démontre que la flore bactérienne de l'environnement intérieur est complexe, dominée par les espèces à Gram-positif et notamment les Firmicutes. Les phylotypes dominants proviennent très probablement des occupants de l'immeuble. Les différences inter-bâtiments de la microflore sont plus prononcées que celles entre les saisons. Au travers de ce travail, les auteurs apportent un réel éclairage dans la description de la microflore des environnements intérieurs et de sa variabilité grâce aux outils moléculaires, encore jamais appréhendée à ce jour. L'association du traitement d'un grand nombre de séquences et des analyses statistiques permet de mettre en lumière une grande diversité d'espèces. Les perspectives de ce travail résident dans l'application de cette démarche à un plus grand nombre de sites, ce qui permettra d'étayer les premiers éléments issus de cette étude.



SUBSTANCES

Influence de la durée d'échantillonnage sur la récupération des moisissures revivifiables

Source : Saldanha R, Manno M, Saleh M *et al.* The influence of sampling duration on recovery of culturable fungi using the Andersen N6 and RCS bioaerosol samplers. *Indoor Air*, 18(6) [2008]: 464-472.

Article analysé par : Annie MOUILLESEAUX ; annie.mouilleseaux@noos.fr

L'objectif de cette étude est la comparaison de l'efficacité de récupération des spores mycéliennes par deux échantillonneurs de bioaérosols (RCS, *Reuter Centrifugal Sampler*, et Andersen N6). Les auteurs s'intéressent essentiellement à l'aspect qualitatif, c'est-à-dire aux espèces récupérées et aux seules spores revivifiables après mise en culture.

Le capteur du RCS est une tête cylindrique dans laquelle la force centrifuge induite par le mouvement d'une hélice précipite les spores sur une languette de plastique souple alvéolé, contenant un milieu de culture solide (gélose au rose bengale et chloramphénicol) à un débit nominal de 40 L.min⁻¹. L'Andersen N6 est un échantillonneur à un crible où l'air est précipité sur la surface horizontale d'un

milieu de culture solide identique au précédent (débit de 28 L.min⁻¹). Les conditions environnementales et de culture sont aussi standardisées que possible. Aucune correction n'est appliquée aux décomptes de colonies sur Andersen. La durée d'échantillonnage est comprise entre 1 et 15 min.

L'analyse statistique des données porte sur les genres et sur des cohortes d'espèces formées sur la base de leur préférence en matière d'eau disponible (activité de l'eau, notée a_w). *Alternaria*, *Epicoccum* et *Ulocladium* sont dites normotolérantes (a_w élevée) ; *Aspergillus* et *Penicillium* sont classées dans le groupe des xérophiles (faible a_w). L'influence de la durée d'échantillonnage sur les résultats qualitatifs (espèces) et quantitatifs est étudiée.

Les genres les plus représentés sont *Cladosporium* (42,3 % de la flore), *Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium* et pour moins de 2 % *Epicoccum* et *Ulocladium*, 10 % des colonies s'étant révélées stériles. Le nombre d'espèces récupérées par les deux échantillonneurs est semblable, avec 29 espèces en commun.

Si la durée d'échantillonnage influence peu l'isolement d'*Alternaria*, ce n'est pas le cas pour d'autres genres. Si ce temps est supérieur à 6 minutes, le nombre de *Cladosporium* et des levures diminue significativement avec l'Andersen ; il en est de même pour de nombreuses moisissures avec le RCS.

Exception faite de l'augmentation significative de *Cladosporium* et indépendamment de la durée d'échantillonnage, la flore isolée avec l'Andersen est la moins riche pour les deux cohortes, y compris pour *Alternaria* et *Aspergillus*. Une importante différence entre les cohortes xérophiles et normotolérantes est notée.

L'efficacité de captage de ces échantillonneurs est conditionnée par de nombreux facteurs, parmi lesquels le diamètre aérodynamique des particules récupérées (D_{50}) et le facteur a_w , qui est primordial en biologie.

Les spores asexuées (conidies sphériques, diamètre de 2 à 5 μm) d'*Aspergillus* spp. sont dispersées par voie aéroportée, soit isolément, soit sous forme de chaînes. La meilleure efficacité du RCS observée ici est contraire aux résultats d'autres chercheurs. *Alternaria* spp. disperse des spores sexuées et asexuées (100 $\mu\text{m} \times 17 \mu\text{m}$). Les deux échantillonneurs étant efficaces pour des diamètres inférieurs à 10 μm , les meilleurs résultats du RCS sont vraisemblablement dus à une meilleure préservation de la

viabilité, l'impact des jets d'air à la surface des milieux de culture de l'Andersen entraînant un stress de dessiccation. *Cladosporium* spp., très commun en ambiance intérieure, disperse des conidies de forme globuleuse à allongée (longueur inférieure à 10 μm) isolément et/ou en chaînes. Leur bonne résistance à la dessiccation n'explique à elle seule ni le meilleur score de l'Andersen, ni la diminution importante de récupération si la durée d'échantillonnage s'accroît.

Une courte durée d'échantillonnage augmente la variabilité des résultats et en diminue la représentativité. Bien que l'allongement de ce temps soit jugé favorable, dépasser une durée de six minutes pour les deux appareils, diminue l'efficacité de captage. Des essais en chambre pouvant générer des aérosols mycéliens pourraient faciliter les comparaisons.

Commentaires

Cette étude est intéressante à plus d'un titre, car la comparaison de deux appareils couramment utilisés en microbiologie de l'air ne s'appuie pas seulement sur l'aspect purement quantitatif des résultats (nombre de colonies), mais y ajoute l'aspect qualitatif (espèces rencontrées), ce qui est inhabituel. Elle approche d'une façon détournée la difficile question de l'évaluation de l'efficacité biologique des échantillonneurs. Malheureusement le nombre peu élevé de groupes d'essais (7), ce qui en réalité amène un nombre important de boîtes à examiner ($7 \times 15 \times 2$ soit 210 échantillons) et d'heures passées au microscope, a rendu sans doute difficile l'interprétation. Cela explique peut-être que certains des résultats obtenus par les auteurs sont en contradiction avec ceux d'autres chercheurs. Quoiqu'il en soit, la durée de six minutes d'échantillonnage indiquée comme limite à ne pas dépasser est généralement admise.

Autres articles d'intérêt sur la thématique SUBSTANCES :

Park SS, Hong JH, Lee JH *et al.* Investigation of nitrous acid concentration in an indoor environment using an in-situ monitoring system. *Atmospheric Environment*, 42(27) [2008]: 6586-6596.

Hwang HM, Park EK, Young TM, Hammock BD. Occurrence of endocrine-disrupting chemicals in indoor dust. *Science of the Total Environment*, 404(1) [2008]: 26-35.

Kim S, Aung T, Berkeley E *et al.* Measurement of nicotine in household dust. *Environmental Research*, 108(3) [2008]: 289-293.

Gehin E, Ramalho O, Kirchner S. Size distribution and emission rate measurement of fine and ultrafine particle from indoor human activities. *Atmospheric Environment*, 42(35) [2008]: 8341-8352.

Dassonville C, Demattei C, Vacquier B *et al.* Indoor airborne endotoxin assessment in homes of Paris newborn babies. *Indoor Air*, 18(6) [2008]: 480-487.

Moularat S, Robine E, Ramalho O, Oturan ME. Detection of fungal development in a closed environment through the identification of specific VOC: Demonstration of a specific VOC fingerprint for fungal development. *Science of the Total Environment*, 407(1) [2008]: 139-146.



Source : Takahashi Y, Takano K, Suzuki M *et al.* Two routes for pollen entering indoors: ventilation and clothes. *Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology*, 18(5) [2008]: 382-388.

Article analysé par : Denis CHARPIN, Service de pneumologie-allergologie, hôpital Nord, Marseille ; denis-andre.charpin@ap-bm.fr

Au Japon, les enquêtes faites auprès des patients souffrant de pollinose montrent que la mesure la plus suivie est le port d'un masque facial lors des déplacements à l'extérieur. Par contre, une minorité de patients évite d'aérer le logement, d'ouvrir portes et fenêtres et de faire sécher le linge à l'extérieur. Une étude précédente a montré qu'une importante quantité d'allergènes peut pénétrer dans le logement et y rester bien après la fin de la saison pollinique. Il est donc important, dans une optique préventive, de mieux connaître les voies de pénétration du pollen dans les logements.

L'étude, minutieuse dans son protocole, a utilisé comme modèle le pollen du cèdre du Japon, qui est une variété de cupressacées jouant un rôle majeur dans l'étiologie de la pollinose au Japon.

Quatre voies d'entrée possibles ont été évaluées :

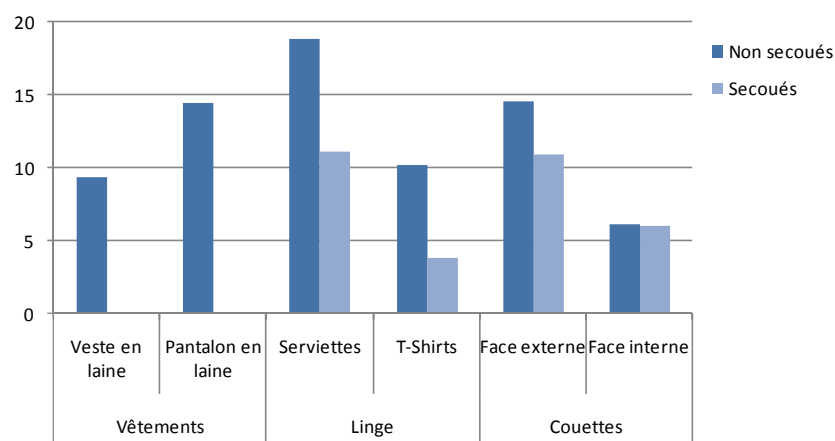
- les vêtements : deux personnes ont passé la journée à l'extérieur, vêtues d'un pardessus et d'un pantalon, tous deux en laine ;
- le linge : quatre serviettes et quatre T-shirts ont été lavés puis étendus sur une corde à linge à l'extérieur. Ensuite, deux ont été récupérés et leur contenu allergénique déterminé ; les deux autres ont été secoués avant la détermination de leur contenu allergénique ;
- deux couettes lavées ont également été étendues à l'extérieur. L'une a directement fait l'objet de la mesure du contenu allergénique, tandis que l'autre était préalablement secouée ;

- enfin, six appartements inoccupés ont été étudiés grâce à des lames de verre recouvertes de vaseline permettant le piégeage des allergènes dans différentes situations : fenêtre et porte fermées mais bouches d'aération ouvertes, fenêtre et rideaux ouverts, fenêtre ouverte et rideaux fermés, porte et fenêtre fermés, avec ventilation mécanique en fonctionnement ou arrêtée.

Sur tous les prélèvements réalisés, le contenu antigénique a été évalué par technique ELISA utilisant des anticorps monoclonaux spécifiques.

La figure ci-dessous montre les résultats concernant les vêtements, le linge et les couettes, exprimés en nombre de pollens recueillis par cm² et par heure d'exposition. Le nombre de pollens recueillis sur les serviettes était plus important que sur les T-shirts, probablement du fait que la matière de ces derniers était plus lisse. Le fait de secouer vigoureusement ces textiles n'engendre qu'une réduction partielle de leur contenu allergénique (environ 50 % sur les vêtements, 20 % sur les couettes). Il faut donc aspirer ces textiles avant de les réintégrer dans le logement. Les prélèvements réalisés dans les appartements montrent que le fait de fermer le rideau réduit notablement la pénétration des pollens dans le logement, avec une forte concentration allergénique sur le rebord de la fenêtre, qu'il est alors important de laver régulièrement.

Quand les fenêtres sont fermées, une grande quantité d'allergènes pénètre par les bouches d'aération ou la ventilation mécanique contrôlée.



Nombre de pollens recueillis par cm² et par heure d'exposition

Les auteurs recommandent donc aux patients atteints de pollinose d'aspirer les vêtements qui ont été portés à l'extérieur et ceux qui ont séché sur un étendage extérieur. Ils conseillent par ailleurs de maintenir portes et fenêtres fermées et de mettre en place un rideau quand la fenêtre doit être ouverte. Dans cette situation, 75 % des allergènes qui ont pénétré dans le logement se trouvent à moins de 1,5 m de la fenêtre. La pénétration des allergènes est alors dix fois plus importante que lorsque les fenêtres sont fermées. Quand les fenêtres sont fermées, les bouches d'aération et la ventilation jouent un rôle prédominant dans la pénétration des pollens dans le logement.

Commentaires

L'étude a été réalisée de manière inventive et minutieuse et apporte des pistes de réflexion précises. À ce jour, la littérature fait seulement état de la présence de pollens ou d'allergènes polliniques dans l'habitat ou dans des lieux publics comme les écoles et les hôpitaux, mais les facteurs déterminants de leur pénétration dans les locaux n'avaient pas été précisément étudiés. La limite de l'étude tient dans le faible nombre d'objets ou de situations évalués. À la lecture de l'article, il n'est pas évident que toutes les différences observées soient statistiquement significatives. Ce travail demande donc à être confirmé par des études à plus grande échelle.



LIEUX DE VIE

Qualité chimique de l'air dans les salles d'opérations d'hôpitaux en Grèce

Source : Dascalaki E, Lagoudi A, Balaras C, Gaglia A. Air quality in hospital operating rooms. *Building and Environment*, 43(11) [2008]: 1945-1952.

Article analysé par : Luc MOSQUERON, Veolia Environnement ; luc.mosqueron@veolia.com

Si la qualité de l'air dans les blocs opératoires des hôpitaux est contrôlée d'un point de vue microbiologique pour limiter le risque d'infections nosocomiales, la qualité chimique de l'air n'y est pas contrôlée et reste aujourd'hui très mal renseignée. Pourtant, une large gamme de composés chimiques spécifiques peut potentiellement y être retrouvée (gaz anesthésiants, désinfectants, stérilisants...). Cette exposition chimique pourrait être associée aux événements d'inconfort ou à l'apparition de troubles sanitaires parfois décrits parmi le personnel hospitalier des blocs opératoires.

Dans ce contexte, les auteurs ont mis en œuvre une campagne de mesures visant à caractériser la qualité chimique de l'air dans dix-sept blocs opératoires de neuf hôpitaux situés dans la région d'Athènes, Grèce. L'étude visait non seulement à estimer l'exposition du personnel médical, mais aussi à tester l'influence des systèmes de piégeage des gaz anesthésiants (fuites, excès de gaz expiré par le patient...), piègeurs dont l'usage est de plus en plus répandu dans les blocs opératoires modernes. Une liste de composés à rechercher a été établie au regard des principaux produits utilisés dans les salles opératoires investiguées : isoflurane, sevoflurane, halothane (gaz anesthésiants halogénés), formaldéhyde, glutaraldéhyde (désinfectants), BTEX* et diméthylbenzène. Aux mesures dans l'air, ont été couplés un audit des installations de ventilation/climatisation, des mesures des conditions thermiques et des questionnaires sur les conditions de travail et l'état de santé du personnel soignant.

Les résultats sont présentés dans le tableau en page suivante. Ils indiquent que les concentrations en COV* totaux dans les blocs opératoires sont dominées par les concentrations en gaz anesthésiants (isoflurane, sevoflurane). Dans 18 % des cas, la limite d'exposition aux gaz anesthésiants fixée par le NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*) égale à 4 000 µg/m³ (8 heures d'exposition) est dépassée. Les teneurs en gaz anesthésiants sont significativement plus faibles dans les salles opératoires équipées d'un système de piégeage (la moitié des blocs en est dotée), confirmant l'intérêt de leur usage, mais un système de piégeage défaillant ou un mauvais usage conduit parfois à des concentrations élevées. Concernant les agents désinfectants, on observe de fortes concentrations en formaldéhyde et glutaraldéhyde, les autres substances retrouvées sont des composés aromatiques (BTEX* et diméthylbenzène), provenant vraisemblablement de l'air extérieur ou de l'utilisation de la diathermie chirurgicale ⁽¹⁾, et divers alcools, oxydes ou aldéhydes. À côté de tous les composés chimiques qui pouvaient être attendus en raison de leurs usages (gaz médicaux, agents désinfectants...), une large variété d'autres composés non identifiés est retrouvée, représentant 54 % de la concentration totale en COV*.

(1) chauffage des tissus par ultrason afin, par exemple, de cautériser de petits vaisseaux sanguins

Concentrations moyennes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en composés organiques volatils dans l'air des blocs opératoires

Groupe de composés	Moyenne	Minimum	Maximum
Gaz anesthésiants (isoflurane, sevoflurane)	2 362	< LD	9 652
Composés aromatiques	239	21	564
Formaldéhyde	288	< LD	1 040
Glutaraldéhyde	207	< LD	458
Autres aldéhydes, oxydes, alcools	1 920	107	5 268
Autres	3 846	31	41 255
COV* totaux	8 862	279	46 904

LD : limite de détection

Même si les salles auditées sont majoritairement équipées de systèmes de ventilation mécanique et de piégeage des gaz anesthésiants, le personnel médical est exposé à un air, d'un point de vue chimique, de qualité médiocre au regard de la variété des composés retrouvés, confirmant ce qui a été déjà rapporté dans certaines études précédentes. À la lecture de leurs observations, les auteurs émettent sept recommandations visant à améliorer la qualité chimique de l'air dans les blocs : installation d'un système de piégeage des gaz anesthésiants, rénovation des salles opératoires anciennes, mise en place de programmes de formation de personnel qualifié capable d'assurer la maintenance et de tester les systèmes de ventilation et de piégeage des gaz au moins une fois par an...

Commentaires

Cette étude permet de renseigner un champ trop rarement exploré, la qualité chimique de l'air dans le milieu hospitalier, et plus particulièrement dans les blocs opératoires. Les résultats montrent globalement l'efficacité des systèmes de piégeage des gaz anesthésiants... lorsque ceux-ci fonctionnent correctement ! Un point quelque peu surprenant de ces résultats est que finalement plus de la moitié des composés organiques volatils retrouvés dans l'air des salles d'opération reste non identifiée. Des investigations supplémentaires auraient mérité d'être mises en œuvre pour mieux comprendre cette observation. On peut par exemple se demander si le mélange complexe de composés volatils émis dans les salles d'opération ne conduit pas à une formation importante de produits secondaires.

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

Kolarik B, Bornehag CG, Naydenov K *et al.* The concentrations of phthalates in settled dust in Bulgarian homes in relation to building characteristic and cleaning habits in the family. *Atmospheric Environment*, 42(37) [2008]: 8553-8559.

Weichenthal S, Dufresne A, Infante-Rivard C, Joseph L. Determinants of ultrafine particle exposures in transportation environments: findings of an 8-month survey conducted in Montreal, Canada. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 18(6) [2008]: 551-563.

Gao NP, Niu JL, Perino M, Heiselberg P. The airborne transmission of infection between flats in high-rise residential buildings: Tracer gas simulation. *Building and Environment*, 43(11) [2008]: 1805-1817.



EFFETS SANITAIRES

Utilisation d'encens et carcinomes du tractus respiratoire : étude d'une cohorte prospective

Source : Friborg JT, Yuan JM, Wang R *et al.* Incense use and respiratory tract carcinomas - A prospective cohort study. *Cancer*, 113(7) [2008]: 1676-1684.

Article analysé par : Christophe ROUSSELLE, Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail – AFSSET ; christophe.rouselle@afsset.fr

La fumée d'encens contient de nombreuses substances cancérigènes et la question du lien entre l'utilisation d'encens et le développement du cancer du poumon est posée. Plusieurs études épidémiologiques de type cas-témoin ont été réalisées et ont

conduit à des résultats divergents. Le lien entre encens et autres cancers de l'arbre respiratoire, qui fait l'objet de cette étude, n'avait par contre pas encore été investigué.

Une cohorte de 61 320 hommes et femmes d'origine chinoise vivant à Singapour a été initiée entre 1993 et 1998 pour étudier l'influence des habitudes alimentaires sur le cancer. Lors du recrutement, les données démographiques, les habitudes alimentaires détaillées, l'activité physique, la consommation d'alcool et de tabac, l'historique médical et familial, les expositions professionnelles et l'usage d'encens ont été renseignés par questionnaire au cours d'un entretien. L'exposition aux fumées d'encens a été qualifiée en tenant compte du nombre d'années d'utilisation (< 10, 11-20, 21-30, 31-40, > 41 ans), de la fréquence (de jamais à quotidienne), de la pièce du logement et de l'intensité d'utilisation (pendant toute la journée ou uniquement une partie du jour ou de la nuit). Le type d'encens utilisé n'a pas été précisé. Un suivi d'apparition de carcinomes de l'arbre respiratoire a ensuite été effectué sur cette cohorte jusqu'à fin 2005. Les tumeurs ont été identifiées par type histologique : carcinomes épidermoïdes, carcinomes indifférenciés, adénocarcinomes, carcinomes à petites cellules, autres types de carcinomes. La fraction de risque attribuable à une exposition aux fumées de combustion de l'encens a été calculée en ajustant sur l'âge, le sexe, l'année de l'interview, le dialecte, le niveau d'éducation, l'indice corporel, le tabagisme actif, la consommation d'alcool, les habitudes alimentaires.

Parmi les 1 146 carcinomes répertoriés, 89 % des carcinomes du naso-pharynx (n = 175) sont des carcinomes indifférenciés, alors que 88 % des carcinomes des autres parties du tractus respiratoire supérieur (n = 150) sont des carcinomes épidermoïdes. Les carcinomes pulmonaires (n = 821) sont constitués à 42 % d'adénocarcinomes et à 24 % de carcinomes épidermoïdes. Concernant l'usage d'encens, la fréquence d'usage est équivalente entre hommes et femmes (plus de 75 % d'usagers fréquents) et inversement proportionnelle au niveau d'éducation. De légères différences de pratiques selon le groupe linguistique (deux dialectes différents étaient parlés) ou le tabagisme sont rapportées.

Le risque de carcinomes pulmonaires et du naso-pharynx n'est pas augmenté chez les utilisateurs d'encens. Par contre, le risque de carcinomes du tractus respiratoire, hors naso-pharynx, est significativement augmenté chez les utilisateurs d'encens et une relation dose-effet est observée. Un risque relatif (RR) de 1,7 (IC_{95%}* 1,0-2,8) est observé chez les usagers quotidiens depuis plus de 40 ans et un RR* de 2,1 (IC_{95%}* 1,1-3,8) est observé chez les personnes faisant brûler de l'encens durant toute la journée. Les résultats par sous-types histologiques montrent un risque de carcinomes épidermoïdes de tout l'arbre respiratoire (incluant les poumons) chez

les utilisateurs d'encens. Le RR* est supérieur chez les femmes par rapport aux hommes. La part attribuable à l'usage de l'encens dans les cancers des voies aériennes supérieures est estimée à un tiers.

Les auteurs considèrent que cette étude est la première étude de cohorte prospective qui s'intéresse au lien entre cancer et utilisation d'encens. Cette étude montre selon eux une association entre l'usage d'encens à long terme et le développement de carcinomes épidermoïdes du tractus respiratoire. Ce risque est plus élevé chez les non-fumeurs que chez les fumeurs. Les auteurs attribuent cette augmentation du risque à une exposition aux substances cancérigènes contenues dans la fumée d'encens, comme par exemple les HAP*, les particules, le benzène et autres composés volatils. Selon les auteurs, l'absence de lien entre encens et cancer du naso-pharynx est cohérente avec les données de la littérature qui avancent d'autres facteurs de risque pour ce type de cancer : virus Epstein-Barr, certains modes de conservation des aliments, susceptibilité génétique... mais pas la fumée de tabac par exemple. L'augmentation du RR* de carcinomes épidermoïdes pulmonaires est cohérente avec les observations sur l'arbre respiratoire supérieur. Les raisons permettant d'expliquer cette spécificité histologique ne sont pas connues des auteurs (rôle possible des HAP* ?). Un RR* plus élevé chez les femmes peut s'expliquer par le temps plus long passé au domicile. D'autres facteurs comme les fumées de cuisine ou de chauffage, même s'ils n'ont pas spécifiquement été étudiés dans cette étude, ne constituent pas, pour les auteurs, de facteurs confondants pour cette population vivant à Singapour. De même, l'influence du tabagisme passif n'a pas été étudiée, mais selon les auteurs ce dernier ne constitue pas non plus un facteur de confusion dans cette étude.

Commentaires

Le cancer du poumon constitue la première cause de mortalité par cancer dans le monde avec plus de 1 million de morts par an pour un total de 1,2 million de cas diagnostiqués. C'est également le cancer le plus fréquent chez l'homme devant la prostate, l'estomac, le colon-rectum. En Asie, la situation est un peu plus contrastée par rapport au reste du monde puisque l'incidence chez l'homme varie entre 8 et 55 cas pour 100 000 habitants (elle est supérieure à 70 en Amérique du nord et varie de 40 à 60 en Europe). La tendance aujourd'hui est à une augmentation des adénocarcinomes par rapport aux formes épidermoïdes (États-Unis, Europe, Japon) (Source : Institut national de la santé et de la recherche médicale – INSERM).

Cette étude de cohorte prospective est intéressante car elle constitue la première de ce genre permettant d'étudier le lien entre cancer des voies respiratoires et encens. Sa principale limite réside dans une estimation indirecte des expositions à la fumée d'encens par le biais de questionnaires. La mise en évidence d'une relation dose-effet reste dans ce cas difficile à réaliser, d'autant plus que la population qui n'a jamais utilisé d'encens est faible. D'autres études ont montré, selon une démarche d'évaluation quantitative du risque sanitaire lié à une exposition aux HAP* présents dans la fumée d'encens, une augmentation significative du risque de cancer du poumon chez des personnes fréquentant des temples à Taiwan. L'influence d'une exposition aux PM₁₀* et PM_{2,5}*, au benzène, au 1,3-butadiène est

également suspectée dans d'autres études. Il a toutefois été montré la grande variabilité dans la composition des substances émises selon le type d'encens utilisé, ce qui pose le problème de l'extrapolation des résultats de cette étude à l'ensemble des encens utilisés à Singapour et dans le reste du monde. Enfin, les risques relatifs calculés restent relativement modérés et le rôle d'autres facteurs de confusion ne peut être complètement exclu, en particulier le tabagisme passif, les substances émises par les appareils de chauffage et de combustion au domicile, la pollution urbaine. Cette étude mérite donc d'être confirmée sur d'autres populations, en intégrant des mesures plus précises de l'exposition aux substances cancérigènes susceptibles d'être présentes dans la fumée d'encens.



EFFETS SANITAIRES

Étude d'exposition contrôlée au DEHP* et réponse immunitaire de la muqueuse nasale chez les sujets allergiques

Source : Deutsche T, Reiter R, Butte W *et al.* A controlled challenge study on di(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) in house dust and the immune response in human nasal mucosa of allergic subjects. *Environmental Health Perspectives*, 116(11) [2008]: 1487-1493.

Article analysé par : Vincent NEDELLEC, Vincent Nedellec Conseils ; vincent.nedellec@vnc-sante.fr

De récentes études épidémiologiques suggèrent une relation entre la présence de diéthylhexyl phtalate (DEHP) dans les poussières de maison et l'asthme chez l'enfant. Chez l'animal, le DEHP* amplifie la réponse immunitaire provoquée par l'administration d'ovalbumine. En culture, les lymphocytes T murins exposés au DEHP* augmentent leur production d'interleukine 4 (IL-4) et les neutrophiles humains ou murins montrent une réponse inflammatoire accrue. Cette étude a pour objectif de mesurer la réponse immunitaire et l'expression génique dans les sécrétions nasales de sujets sains ou allergiques aux acariens, exposés volontairement aux poussières de maison contenant du DEHP*.

Des poussières ont été collectées (sacs d'aspirateur) dans 42 maisons allemandes. Après mélange des échantillons, la teneur en DEHP* est de 0,41 mg/g. Une moitié de la masse des poussières collectées a été dopée en DEHP* jusqu'à 2,09 mg/g. Seize volontaires sains et seize volontaires allergiques aux acariens sont soumis à deux séances d'exposition contrôlée de 0 ou 300 µg/m³ de poussières pendant 3 heures, à 15 jours d'intervalle. Chaque groupe est divisé en deux sous-groupes de huit personnes, par tirage au sort ; l'un est exposé aux poussières contenant 0,41 mg/g de DEHP*, l'autre à celles contenant 2,09 mg/g. Trois heures après le début de l'exposition, le fluide nasal est collecté dans une narine ; une biopsie est pratiquée dans l'autre. Les cytokines et les protéines cationiques d'éosinophiles (PCE) sont mesurées dans les fluides nasaux et

l'expression des gènes dans les tissus prélevés. Un questionnaire est distribué pour qualifier l'intensité des symptômes perçus : brûlure nasale, hypersécrétion, démangeaison, éternuement, sécheresse, sensation d'obstruction, odeur déplaisante.

Il n'y a pas de différence significative entre exposition forte, faible ou nulle au DEHP* pour le score des symptômes allergiques. Toutefois, les sujets allergiques déclarent plus d'obstruction nasale et d'hypersécrétion lors d'une exposition à une concentration faible en DEHP*, mais de manière non significative. Chez les sujets sains, les teneurs en cytokines dans les sécrétions nasales ne sont pas influencées par le DEHP*. Chez les sujets allergiques exposés aux faibles concentrations, on note une augmentation significative des PCE et des cytokines (G-CSF, IL-5, IL-6) par rapport à l'exposition nulle. *A contrario*, ces marqueurs sont diminués lors de l'exposition aux fortes teneurs en DEHP* dans les poussières. Chez les sujets sains, dix gènes sur 1 232 sont exprimés différemment selon que l'exposition est forte ou faible. Chez les sujets allergiques, ce sont seize gènes qui diffèrent. Huit sont sur-exprimés, dont le gène de l'hormone anti-Müllérienne qui intervient dans l'embryogenèse des organes sexuels mâles, et huit sont sous-exprimés dont le *fibroblast growth factor* 9 et la lactodéshydrogénase A, impliqués dans la différenciation sexuelle, les cytokines IL-6 et le facteur-β1 de croissance transformant (*transforming growth factor-β1*), qui modulent la réponse immunitaire.

Chez le sujet sain, l'exposition à 300 µg/m³ de poussières de maison pendant 3 heures, quelle que soit la concentration en DEHP*, n'affecte pas les fonctions nasales. Chez les sujets allergiques, l'absence d'augmentation significative des symptômes semble indiquer que les teneurs en poussières et en allergènes étaient trop faibles pour provoquer une réaction. Le fait que les symptômes augmentent de manière non significative avec les faibles teneurs en DEHP* mais disparaissent avec les fortes teneurs, est cohérent avec les données expérimentales animales où généralement les faibles concentrations stimulent la réaction alors que les fortes concentrations l'inhibent. Les résultats sur les marqueurs d'inflammation et les gènes sous-exprimés sont aussi cohérents avec ce phénomène. Les auteurs concluent que leurs résultats montrent un effet stimulant du DEHP* sur la réponse immunitaire à faible dose et un effet d'inhibition à forte dose. Ils rappellent que l'exposition contrôlée d'un adulte pendant trois heures est très différente des expositions chroniques des enfants au domicile et que ces deux populations présentent de vraies différences de réactions immunitaires.

Commentaires

Les résultats de cette étude sont difficilement testables dans la mesure où le protocole est bien construit et de nombreux facteurs de confusion sont contrôlés. Par exemple, les concentrations de six phtalates sont mesurées dans les poussières de maisons, ainsi que les allergènes (*Der p 1*, *Der f 1*, *Fel d 1*), les spores fongiques et les endotoxines. La comparaison aux résultats des données déjà publiées montre des cohérences convaincantes. Toutefois, la faible puissance (32 sujets) de l'étude est certainement responsable de l'absence d'augmentation statistiquement significative pour les symptômes déclarés par les personnes allergiques, puisque les marqueurs protéïques ou géniques sont quant à eux clairement significatifs pour les faibles doses de DEHP*. Malheureusement, l'extrapolation de ces résultats aux enfants asthmatiques n'est pas possible comme l'indiquent les auteurs dans leur discussion. Cette étude ne peut donc infirmer l'hypothèse d'une relation entre l'asthme chez l'enfant et l'exposition au DEHP* par les poussières de maison.



EFFETS SANITAIRES

Syndrome des bâtiments malsains et indicateurs de stress

Source : Hansen AM, Meyer HW, Gyntelberg F. Building-related symptoms and stress indicators. *Indoor Air*, 18(6) [2008]: 440-446.

Article analysé par : Véronique EZRATTY, Service des études médicales d'EDF ; veronique.ezratty@edf.fr

Cette étude danoise est la première à avoir ajouté la mesure de marqueurs biologiques au traditionnel recueil de données sur la perception de l'environnement professionnel et à la déclaration des symptômes décrits dans le syndrome des bâtiments malsains (SBM). Les trois principaux objectifs étaient d'évaluer si la perception de l'environnement professionnel pouvait être liée au SBM*, si cette perception était corrélée à des marqueurs biologiques pouvant s'élever lors du stress et enfin, si les symptômes de SBM* déclarés étaient associés avec ces marqueurs.

Trois des 75 écoles ayant participé à la *Copenhagen School Study*, étude transversale réalisée chez des élèves de moins de 12 ans et des employés, ont été sélectionnées. Les participants présentaient un SBM* s'ils avaient au moins deux symptômes au niveau des muqueuses, associés avec au moins un symptôme neurologique. Sur les 150 enseignants des trois écoles, 75 ont accepté de répondre à l'enquête par questionnaire et de subir des prélèvements sanguins et urinaires. Les questionnaires renseignaient sur les caractéristiques de chaque participant, ses éventuels symptômes de SBM*, le ressenti

concernant son environnement intérieur au travail, sa perception du contexte psychosocial professionnel, un éventuel tabagisme, l'ingestion d'alcool et de café et la prise de médicaments. Les prélèvements sanguins ont été réalisés en novembre 1998, plusieurs jours par semaine entre 8 h et 11 h avec dosage de l'hémoglobine glyquée (HbA1c), des immunoglobulines A (Ig A), de la testostérone libre et de la prolactine. Trois échantillons d'urine ont été recueillis durant 24 heures pour le dosage des catécholamines (adrénaline, noradrénaline et cortisol).

Le taux de SBM* était similaire chez les enseignants des trois écoles et les données ont été regroupées. Aucune différence n'a été observée entre les enseignants présentant des symptômes de SBM* et ceux n'en présentant pas concernant l'âge, le nombre de tasses de café et de boissons consommées par jour et le fait d'être tabagique. Les femmes ont rapporté plus de symptômes de SBM* (26 %) que les hommes (15 %). Les femmes se plaignant d'un SBM* avaient un indice de masse corporelle plus élevé. Les femmes déclarant une tension au travail présentaient plus souvent un SBM* ($p = 0,08$).

La probabilité de présenter un SBM* augmentait de 35 % chez les femmes pour chaque élévation de 1 pmol/L de testostérone libre plasmatique. Aucune association n'a été observée entre le SBM* et les autres indicateurs biologiques mesurés après ajustement sur l'âge, le sexe et le tabagisme.

L'étude ne retrouve aucune association entre le SBM* et/ou la perception d'un environnement professionnel stressant et le taux des catécholamines urinaires sur lesquelles l'influence du stress est pourtant bien documentée. Les résultats sont négatifs chez les hommes, mais il faut noter que peu d'entre eux ont déclaré ressentir une tension au travail et que seuls trois d'entre eux présentaient un SBM*.

Commentaires

Cette étude est originale mais les résultats obtenus sont délicats à interpréter notamment du fait de la faiblesse des effectifs et de la non prise en compte de certains facteurs pouvant jouer sur les indicateurs biologiques mesurés. Le taux de testostérone libre chez la femme, hormone androgène, dépend en effet de nombreux éléments, en particulier de la prise de traitements hormonaux ou encore d'un éventuel dysfonctionnement endocrinien, facteurs non pris en compte dans l'étude. Un tel travail demande à être reproduit avec des effectifs plus importants. Cela suppose une bonne coopération des participants qui doivent accepter de subir des prélèvements sanguins et urinaires répétés.

Autres articles d'intérêt sur la thématique EFFETS SANITAIRES :

Cimino-Reale G, Collotta A, Sarigiannis DA, Marafante E. Toxicogenomic study of indoor and outdoor air chemical mixtures. *Fresenius Environmental Bulletin*, 17(9B) [2008]: 1485-1491.

Naydenov K, Melikov A, Markov D *et al.* A comparison between occupants' and inspectors' reports on home dampness and their association with the health of children: The ALLHOME study. *Building and Environment*, 43(11) [2008]: 1840-1849.

Hansel N, Breyse PN, McCormack MC *et al.* A longitudinal study of indoor nitrogen dioxide levels and respiratory symptoms in inner-city children with asthma. *Environmental Health Perspectives*, 116(10) [2008]: 1428-32.



EXPOLOGIE – ÉVALUATION DES RISQUES

Points critiques pour évaluer l'exposition aux PBDE* par ingestion de poussières de maison

Source : Allen JG, McClean MD, Stapleton HM, Webster TF. Critical factors in assessing exposure to PBDEs via house dust. *Environment International*, 34(8) [2008]: 1085-1091.

Article analysé par : Philippe GLORENNEC, École des hautes études en santé publique – EHESP ; philippe.glorennec@ehesp.fr

Les polybromodiphényléthers (PBDE) sont des retardateurs de flamme courants, utilisés pour les meubles et des matériels électroniques. Ces composés organiques sont persistants, ubiquitaires dans l'environnement et lipophiles. Ils sont soupçonnés de neurotoxicité et de perturbation endocrinienne. L'ingestion involontaire de poussières est soupçonnée d'être une voie majeure d'exposition humaine ; certains points relatifs à l'exposition demeurent critiques :

- la métrique : charge surfacique en $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ou concentration en $\mu\text{g}/\text{g}$, et leurs corrélations ;
- la variabilité temporelle des concentrations ;
- la variabilité spatiale intra-logement ;
- la comparabilité des résultats selon les méthodes et matériels de prélèvement ;
- la corrélation entre les concentrations dans l'air et les poussières déposées.

L'objectif de l'étude est d'apporter des éléments de réponse pour les PBDE*.

Cent-huit échantillons de poussières ont été collectés dans une vingtaine d'habitations (Boston, États-Unis) au printemps et à l'automne 2006, ainsi que des échantillons d'air lors de la première campagne. Les poussières ont été prélevées dans la chambre et le séjour par un aspirateur équipé d'un réceptacle en cellulose en amont du tube d'aspiration, avec mesure de la surface aspirée. Le sac de l'aspirateur du logement a également été prélevé. Les poussières ont été stockées à -4°C , tamisées à $500\ \mu\text{m}$ puis analysées par GC/MS. Les concentrations d'exposition personnelle (recours à une pompe individuelle) et celles dans la chambre et le séjour ont été échantillonnées sur mousse de polyuréthane (phase gazeuse) et sur filtres en fibre de verre (phase particulaire).

Les méthodes de prélèvement, de conservation et de mesure sont décrites dans un autre article ⁽¹⁾. Les données ont été analysées par des modèles de régression linéaire à effets combinés, pour tenir compte de la corrélation des données.

Une analyse factorielle montre un comportement différent des congénères, selon le nombre d'atomes de brome par molécule. Les concentrations mesurées (cf. tableau ci-dessous) indiquent des moindres niveaux pour les octabromés. Par ailleurs, on note que :

- les charges surfaciques en $\mu\text{g}/\text{m}^2$ et les concentrations en $\mu\text{g}/\text{g}$ étaient très corrélées ($r = 0,86-0,95$; $p < 0,0001$) pour tous les groupes de congénères ;
- les concentrations sont significativement plus élevées dans le séjour pour les penta- et déca-bromés ;

- les concentrations ne varient pas significativement entre les deux campagnes ;
- les corrélations entre concentrations dans les poussières du sac aspirateur de la maison et celles collectées pièce par pièce sont variables ($r = 0,39-0,77$; $p < 0,0001-0,1$) selon la campagne, les pièces et les congénères ;
- les concentrations dans l'air des pièces et les poussières sont corrélées pour les pentabromés ($r = 0,62$; $p < 0,01$), mais pas pour les déca-bromés ($p = 0,25$) ; les concentrations dans l'air personnel sont corrélées avec celles des poussières de la chambre ($r = 0,76$; $p < 0,001$) et du sac aspirateur ($r = 0,55$; $p < 0,01$) pour les pentabromés.

Concentrations en PBDE* dans les poussières domestiques (en ng/g de poussières)

	Pièce de vie principale (n = 20)		Chambre (n = 20)		Sac d'aspirateur (n = 20)	
	moy. géo. (SD)	gamme	moy. géo. (SD)	gamme	moy. géo. (SD)	gamme
pentaBDE ⁽¹⁾	5 462 (2,9)	975 – 52 274	2 613 (3,8)	142 – 47 590	1 183 (3,5)	202 – 18 130
octaBDE ⁽²⁾	49,8 (3,5)	6,2 – 422	55,1 (5,8)	0,4 – 3 028	35,2 (3,4)	2,9 – 785
décaBDE ⁽³⁾	4 702 (4,4)	814 – 185 600	1 866 (5,6)	41,3 – 37 900	1 939 (5,6)	235 – 268 000
Total PBDE*	13 732 (3,2)	3 020 – 192 100	6 255 (3,8)	198 – 48 110	4 270 (4,5)	505 – 269 200

moy. géo. : moyenne géométrique ; SD : déviation standard

(1) 14 congénères dont les fréquences de détection sont supérieures à 50 % (de 55 à 100 %)

(2) 4 congénères dont les fréquences de détection sont supérieures à 50 % (de 85 à 100 %)

(3) 4 congénères dont les fréquences de détection sont supérieures à 50 % (de 85 à 100 %)

Ces premières observations des concentrations de PBDE* dans les poussières suggèrent que ces composés sont principalement des congénères penta, octa et déca, et que les logarithmes de leurs concentrations sont distribués normalement. Les charges surfaciques et massiques sont corrélées et les concentrations ne varient pas dans le temps, ce qui simplifie leur étude. En revanche, la variabilité interpièces suggère une influence prédominante des sources de la pièce, par rapport aux caractéristiques des logements. Comme les poussières ont été choisies en fonction de la présence de sources potentielles, cela peut expliquer les moindres concentrations retrouvées dans les sacs d'aspirateur. Seule une étude des corrélations avec une mesure biologique de l'exposition permettrait d'argumenter en faveur de l'une ou l'autre méthode. D'autres observations seraient nécessaires pour discuter de la possibilité de généraliser ces résultats.

Commentaires

Cette étude originale porte sur le sujet émergent des semi-volatils, dont l'exposition est souvent multi-sources et multi-voies. Les résultats, pourtant nombreux, sont présentés clairement, de façon très structurée, et leurs limites discutées. Il aurait peut-être été intéressant, mais aussi sans doute fastidieux, de disposer d'informations sur la sensibilité des résultats à la méthode de prise en compte de l'auto-corrélation des données, au moins pour les non statisticiens... On aurait également aimé savoir si d'autres composés semi-volatils avaient été mesurés en même temps. Comme l'indiquent les auteurs, il sera important de disposer d'autres observations similaires. Celles présentées ici fournissent déjà des indications précieuses aux équipes travaillant sur les expositions en environnement intérieur.

(1) Allen J, McClean M, Stapleton H *et al.* Personal exposure to polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in residential indoor air. *Environmental Science & Technology*, 41(13) [2007]: 4574-4579.

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

Gokhale S, Kohajda T, Schlink U. Source apportionment of human personal exposure to volatile organic compounds in homes, offices and outdoors by chemical mass balance and genetic algorithm receptor models. *Science of the Total Environment*, 407(1) [2008]: 122-138.

Davis MK, Boone JS, Moran JE *et al.* Assessing intermittent pesticide exposure from flea control collars containing the organophosphorus insecticide tetrachlorvinphos. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 18(6) [2008]: 564-570.

AuYeung W, Canales RA, Leckie JO. The fraction of total hand surface area involved in young children's outdoor hand-to-object contacts. *Environmental Research*, 108(3) [2008]: 294-299.

Autre article d'intérêt : Élaboration d'une valeur limite d'exposition dans l'air intérieur pour le formaldéhyde

Source : Arts JHE, Muijser H, Kuper CF, Woutersen RA. Setting an indoor air exposure limit for formaldehyde: Factors of concern. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 52(2) [2008]: 189-194.

Article analysé par : Nathalie BONVALLOT, École des hautes études en santé publique – EHESP ; nathalie.bonvallois@ehesp.fr

Le formaldéhyde provoque des irritations oculaires et nasales lors d'expositions par voie respiratoire chez l'homme. À plus faibles doses, la stimulation du nerf trijumeau entraîne une réponse réflexe protectrice. Chez l'animal, des irritations sont aussi observées. Le formaldéhyde induit également des ponts ADN*-protéines, suggérant un caractère génotoxique. Enfin, des carcinomes des cellules nasales ont été corrélés à la cytotoxicité induite par l'irritation chez le rat. L'objectif de l'article est d'évaluer la valeur guide de 1 µg/m³ proposée en 2005 dans le cadre du projet INDEX soutenu par la Commission européenne.

La valeur guide INDEX est basée sur un NOAEL, *no observed adverse effect level* ou dose sans effet observé, issu d'une étude épidémiologique en milieu professionnel, de 30 µg/m³, ajusté sur la fréquence de l'exposition (5 jours/7, 8 h/jour), et d'un facteur d'incertitude de 30 tenant compte de la variabilité inter-individuelle humaine (10) et d'une sensibilité exacerbée des enfants par rapport aux adultes (3). Arts *et al.* ont analysé trois éléments : i) la pertinence du NOAEL* utilisé de 30 µg/m³; ii) la nécessité d'un facteur intra-espèce de 10 ; iii) la pertinence d'un facteur complémentaire de 3 pour la sensibilité des enfants. Cette évaluation a été réalisée à partir d'une synthèse bibliographique.

S'agissant de la discussion autour de la pertinence du recours au NOAEL*, l'irritation oculaire est considérée comme étant l'effet le plus sensible observé chez l'homme lors d'exposition respiratoire au formaldéhyde. Les auteurs rapportent les différentes concentrations de formaldéhyde associées à des irritations dans la littérature scientifique. Celles-ci sont variables d'une étude à l'autre, principalement en raison de la mesure de l'effet, objectif ou non :

1 200 µg/m³ pour une grande partie de la population, 600 µg/m³ uniquement en présence de pics de concentrations à 1 200 µg/m³ chez des volontaires, 120 à 1 600 µg/m³ en population générale (facteurs de confusion liés au mode de vie des individus et à l'exposition à d'autres substances). Des modifications histologiques ont été observées chez des travailleurs exposés à 50 et 500 µg/m³, en présence de nombreux pics de concentrations supérieures à 1 000 µg/m³. Une gêne nasale a été observée chez d'autres travailleurs exposés en moyenne à 260 µg/m³ par rapport à des individus exposés à 90 µg/m³. L'apparition d'asthme a également été étudiée en population générale, mais les auteurs considèrent que les études décrites souffrent de limites méthodologiques ne permettant pas de conclure.

Concernant le facteur intra-espèce, les auteurs estiment qu'il est nécessaire de discuter de la pertinence d'un facteur de 10 dans le cas de mécanismes réflexes, locaux et réversibles tels que l'irritation sensorielle. Ils concluent que la variabilité des résultats obtenus est liée aux biais, aux stratégies d'échantillonnage et aux mesures des effets plutôt qu'à une réelle variabilité inter-individus. Ces éléments sont corroborés par des études réalisées chez des groupes d'adultes considérés comme sensibles (asthmatiques), qui n'ont pas mis en évidence d'effets plus sévères ou à des doses plus faibles.

Enfin, pour le facteur complémentaire pour la sensibilité des enfants, les auteurs indiquent que la plupart des études n'ont pas mis en évidence de sensibilité particulière des enfants aux effets irritants du formaldéhyde. Les mêmes conclusions sont données concernant l'apparition éventuelle d'asthme.

Les limites inhérentes aux études ne permettent pas de conclure (stratégies d'échantillonnage, facteurs psychologiques, exposition concomitante à la fumée de cigarette, autres substances volatiles irritantes, absence de mesure objective des effets, incertitude sur l'estimation des expositions réelles...). De plus, une étude a montré qu'une augmentation des IgE chez les enfants était corrélée aux concentrations en formaldéhyde, mais pas à l'apparition des symptômes respiratoires ⁽¹⁾. Enfin, à partir d'une modélisation PBPK*, l'US-EPA* indique que la dose effective de formaldéhyde dans le nez des enfants serait deux fois moins élevée que celle des adultes.

À partir de cette analyse, les auteurs considèrent que la variabilité des NOAEL* est essentiellement liée à la perception de l'odeur (inférieure au seuil d'irritation), aux mesures subjectives, à la possibilité de co-expositions ou à la présence de pics de formaldéhyde. Pour ces raisons, ils estiment qu'il est préférable d'utiliser des mesures objectives de l'irritation dans des populations contrôlées. Partant du fait que la valeur de 1 200 µg/m³ (en pic, sur un scénario de quatre heures) a été associée à des irritations oculaires objectivées mais pas celle de 600 µg/m³, ils proposent la valeur de 1 200 µg/m³ comme dose critique pour l'élaboration d'une valeur guide. Bien qu'associées à des expositions de courtes durées, les données sur le formaldéhyde indiquent que les effets seraient dépendants de la concentration plutôt que de la durée d'exposition. Dans le cas d'expositions chroniques, les données animales apparaissent nécessaires en raison de limites méthodologiques retrouvées dans les études humaines chez le travailleur ou en population générale. Sur la base des éléments décrits et selon les conclusions de l'étude de Appel *et al.* ⁽²⁾, les auteurs proposent un facteur d'incertitude de 5 pour la variabilité inter-individuelle et pas de facteur complémentaire pour la sensibilité des enfants. Une valeur guide de 100 µg/m³, 100 fois supérieure à celle d'INDEX, est proposée, en accord par ailleurs avec la valeur de l'Institut fédéral allemand pour l'évaluation des risques (BfR).

Commentaires

Les seuils d'irritation et les mécanismes sous-jacents de la cancérogenèse du formaldéhyde font l'objet de nombreux débats au sein de la communauté scientifique. Si la raison de l'évaluation de la valeur guide INDEX de 1 µg/m³ n'est pas réellement explicitée dans l'introduction, on comprend à la lecture de la conclusion que les auteurs s'interrogeaient sur le caractère réaliste de cette valeur pour une application par le gestionnaire, compte tenu des niveaux moyens dans l'air intérieur retrouvés en Europe. La discussion concernant les différents points de vue entre l'évaluation (qui n'inclut pas forcément de considérations sur la stratégie de réduction des risques) et la gestion apparaît insuffisante. Par

exemple, le groupe INDEX a proposé, parallèlement à la valeur sanitaire de 1 µg/m³, un objectif de qualité de 30 µg/m³. Concernant les études humaines, il existe effectivement une grande variabilité dans les résultats décrits, en raison de limites explicites par les auteurs. Néanmoins, certaines études en milieu professionnel ont montré des irritations objectivées pour des concentrations de 260 à 300 µg/m³, mais pas pour 90 µg/m³. De plus, en suivant le raisonnement jusqu'au bout, l'utilisation des données animales pourraient s'avérer utile dans ce contexte d'incertitude chez l'homme. Les auteurs y font d'ailleurs allusion, mais ne proposent pas de valeur sur cette base. Concernant l'application de facteurs d'incertitude, la variabilité inter-individuelle peut en effet être réduite pour ce type d'effet et les études réalisées sur des populations *a priori* sensibles le confirment. De même, la plus grande sensibilité des enfants n'a pas pu être mise en évidence jusqu'à maintenant. La proposition d'un facteur global de 5 apparaît pertinente. Enfin, la valeur de 100 µg/m³ proposée par les auteurs n'est pas explicitée. On comprend que ceux-ci retiennent finalement la valeur du BfR mais la dose critique n'est pas précisée. Il est possible qu'ils aient retenu une valeur de NOAEL* de 600 µg/m³ à laquelle ils ont appliqué un facteur de 5. Sur la base d'une analyse similaire, les auteurs auraient pu comparer ces éléments avec d'autres propositions justifiées, comme par exemple l'utilisation d'un NOAEL* objectif en population professionnelle (par exemple 90 µg/m³) ou l'utilisation d'un NOAEL* animal (par exemple 1 200 µg/m³ pour l'absence d'hyperplasie épithéliale). Pour conclure, il faut remarquer que différentes valeurs guides peuvent être proposées pour une même substance en fonction des critères de construction : choix de l'effet critique (sévère ou non), choix de l'ampleur de la population protégée (100 % ou non)... Il aurait été intéressant d'indiquer l'incidence des effets répertoriés pour chacune des concentrations décrites afin de disposer de ces éléments dans le choix des facteurs d'incertitude. Une discussion sur les solutions de gestion aurait été un plus dans cet article compte tenu du constat fait par les auteurs sur les concentrations ubiquitaires du formaldéhyde.

- (1) Wantke F, Demmer CM, Tappler P *et al.* Exposure to gaseous formaldehyde induces IgE-mediated sensitization to formaldehyde in school children. *Clinical and Experimental Allergy*, 26 [1996]: 276-280.
- (2) Appel KE, Bernauer U, Herbst U *et al.* Kann für Formaldehyd eine "sichere" Konzentration abgeleitet werden ? Analyse der Daten zur krebserzeugenden Wirkung (Can a "safe" concentration be established for formaldehyde? Analysis of carcinogenicity data). *Umweltmedizin in Forschung und Praxis*, 11 [2006]: 347-361.

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

- Weschler CJ. Changes in indoor pollutants since the 1950s. *Atmospheric Environment, Atmospheric Environment - Fifty Years of Endeavour*, 43(1) [2009]: 153-169.
- Law RJ, Herzke D, Harrad S *et al.* Levels and trends of HBCD and BDEs in the European and Asian environments, with some information for other BFRs. *Chemosphere*, 73(2) [2008]: 223-241.
- Reemtsma T, Quintana JB, Rodil R *et al.* Organophosphorus flame retardants and plasticizers in water and air I. Occurrence and fate. *Trac-Trends in Analytical Chemistry*, 27(9) [2008]: 727-737.
- Rudel RA, Perovich LJ. Endocrine disrupting chemicals in indoor and outdoor air. *Atmospheric Environment, Atmospheric Environment - Fifty Years of Endeavour*, 43(1) [2009]: 170-181.
- Weschler CJ, Nazaroff WW. Semivolatile organic compounds in indoor environments. *Atmospheric Environment*, 42(40) [2008]: 9018-9040.
- Bush RK. Indoor allergens, environmental avoidance, and allergic respiratory disease. *Allergy and Asthma Proceedings*, 29(6) [2008]: 575-579.
- Weber TP, Stilianakis NI. Inactivation of influenza A viruses in the environment and modes of transmission: A critical review. *Journal of Infection*, 57(5) [2008]: 361-373.
- Wolkoff P. "Healthy" eye in office-like environments. *Environment International*, 34(8) [2008]: 1204-1214.
- Platts-Mills TAE. Allergen avoidance in the treatment of asthma: Problems with the meta-analyses. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 122(4) [2008]: 694-696.
- Pleil JD. Role of exhaled breath biomarkers in environmental health science. *Journal of Toxicology and Environmental Health-Part B-Critical Reviews*, 11(8) [2008]: 613-629.
- McKone TE, Ryan PB, Ozkaynak H. Exposure information in environmental health research: Current opportunities and future directions for particulate matter, ozone, and toxic air pollutants. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 19(1) [2009]: 30-44.
- Levin R, Brown MJ, Kashtock ME *et al.* Lead exposures in US children, 2008: Implications for prevention. *Environmental Health Perspectives*, 116(10) [2008]: 1285-1293.

INFORMATIONS DIVERSES

Publication

Le guide relatif à la gestion du radon dans les bâtiments vient d'être réédité. Il traite à la fois des constructions existantes et des bâtiments neufs. Les solutions techniques disponibles dans ces deux contextes sont inventoriées et les critères de choix discutés selon différentes configurations à traiter. La compatibilité des solutions avec d'autres contraintes (zone sismique, consommation d'énergie...) est évoquée. Le guide fournit également des exemples (cinq écoles, une maison, des studios mitoyens et un centre polyvalent). Enfin, des annexes font le point

sur la ventilation des bâtiments (principe, systèmes, audit), les types d'interface sol/bâtiment (vides sanitaires, caves, dallages sur terre-plein) et la mise en œuvre des systèmes de dépressurisation des sols.

Le radon dans les bâtiments, Guide pour la remédiation dans les constructions existantes et la prévention dans les constructions neuves, Guide technique, Centre scientifique et technique du bâtiment ; 2008 – 164 pages

Normalisation

Deux normes relatives aux exigences d'échantillonnage et de mise en culture des **moisissures** présentes dans l'air intérieur viennent d'être publiées en **février 2009** :

- NF ISO 16000-16 - Air intérieur - Partie 16 : Détection et dénombrement des moisissures - Échantillonnage par filtration ;

- NF ISO 16000-17 - Air intérieur - Partie 17 : Détection et dénombrement des moisissures - Méthode par culture.

Réglementation

L'arrêté du 23 février 2009 (JORF n°0049 du 27 février 2009) fixe les règles de prévention des **intoxications par le monoxyde de carbone (CO)** applicables aux locaux à usage d'habitation ou leurs dépendances dans lesquels fonctionnent des appareils fixes de chauffage ou de production d'eau chaude sanitaire, utilisant des combustibles solides ou liquides. Il fixe les modalités d'application des articles R. 131-31 à R. 131-37 du Code de la construction et de l'habitation qui ont été créés par le décret n°2008-1231 du 27 novembre 2008 (cf. *Info Santé Environnement Intérieur* N°25). Il précise no-

tamment les dispositions techniques d'aménagement et de ventilation des locaux, les dispositions techniques applicables aux systèmes d'évacuation des produits de combustion, ainsi que les dispositions à mettre en place en cas de raccordement d'appareils de chauffage ou de production d'eau chaude sanitaire à un conduit de fumée existant. Cette nouvelle réglementation prend effet dans le neuf pour les permis de construire déposés depuis le 1^{er} janvier 2009. Dans l'existant, elle s'appliquera à partir du 1^{er} juillet 2010.

Thèse

Système d'aide à la décision pour la réponse aux plaintes écrites liées à des situations de pollution de l'air dans les logements

Cette thèse a été réalisée au Centre scientifique et technique du bâtiment, en partenariat avec l'Université Paris Descartes ; elle a été soutenue le 1^{er} décembre 2008.

Ce travail de thèse avait pour objectif de mettre en place un système informatique visant à répondre aux sollicitations écrites des particuliers témoignant d'un problème lié à la pollution domestique au sein de leur logement. Cette application a pour but, à terme, d'être mise à la disposition des organismes en charge de la réponse aux plaintes, voire à celle des particuliers.

La stratégie du logiciel est de mimer le raisonnement des experts du domaine. Ces derniers recherchent le plus souvent *in situ* les facteurs en cause sur la base d'une enquête pas à pas associant une inspection à vue des situations et la mise en œuvre de mesurages. Toutefois leurs observations et leurs déductions dépendent grandement de leur expérience, les experts capitalisant leurs acquis et opérant par sélection et/ou par synergie des anciens cas pour expliquer les situations nouvelles.

Le système créé s'appuie sur une base archive d'anciennes plaintes écrites, résolues suite à des audits de terrain. Il doit permettre aux usagers de s'exprimer en langue naturelle, comme ils le feraient dans le cadre d'un courrier classique.

Du fait de la complexité des situations de pollution des environnements clos et de l'incertitude sur les facteurs de risques sanitaires, la description des cas ne peut se limiter aux éléments de questionnaires fermés. Dans ce cas de figure, il aurait été en effet possible d'implémenter un applicatif reposant sur le paradigme système expert. Ce dernier est traditionnellement régi par une base de règles classiques

pour l'explication des situations exprimées sous forme très structurée. Pour que le système puisse résoudre des cas issus de conditions nouvelles, il est nécessaire que l'interface « Usager » permette une saisie libre des observations. Par conséquent, le système choisi s'inscrit plus exactement dans la lignée des systèmes de recherche d'information.

Le système de recherche d'information implémenté s'articule autour d'un corpus regroupant la totalité des plaintes résolues et objectivées par des médecins collectées tout au long de l'étude. Le corpus a été constitué de 655 plaintes issues du Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris (4 %), du Service des analyses des milieux intérieurs de Liège en Belgique (88 %) et du Centre scientifique et technique du bâtiment (8 %).

L'étude de ce corpus de plaintes résolues a montré une certaine régularité malgré l'aspect individualisé des plaintes initiales. Cet aspect a été analysé à partir d'un échantillon représentatif de documents du corpus des plaintes. Des classes de plaintes ont ainsi été identifiées au moyen de méthodes de classification automatique des textes examinant le nombre et la nature des classes de plaintes possibles à partir du corpus existant. Effectué conjointement avec les experts du domaine, ce travail a permis d'établir un rapport de solution type à chaque scénario trouvé et hébergeant les plaintes en mémoire afin d'assigner une solution générique à une plainte courante à traiter.

Le module fonctionnel de l'applicatif est basé sur l'appariement des plaintes au moyen de modèles automatiques de similarité inter-textuelle de la plainte courante à l'ensemble des plaintes situées en mémoire. Ainsi, la solution adaptée au scénario hébergeant la plainte la plus similaire est affectée à la description écrite de la situation courante à traiter.

Différents systèmes de recherche d'information ont été implémentés dans le cadre d'un module fonctionnel. Le modèle vectoriel permet de décrire un texte au moyen d'un vecteur. Les valeurs scalaires des primitives vectorielles correspondant aux termes existant dans un texte à formaliser sont calculées en fonction de la fréquence des termes dans le texte considéré et dans le reste des textes du corpus. Pour la gestion de la sémantique, la version augmentée sémantiquement du modèle vectoriel a été utilisée. Ce modèle sémantique permet d'affecter un poids à un terme qui n'existe pas directement dans un texte mais dont au moins une occurrence d'un terme sémantiquement proche apparaît.

Par ailleurs, un modèle de similarité des textes qui repose sur le principe des ondes d'information a été proposé. Au moyen de cette mesure, plus les termes d'une requête (ou texte nouveau à traiter) apparais-

sent de manière dense dans un texte source (texte existant en mémoire), plus ce dernier a un sens proche du texte en entrée. La version sémantique de cette dernière mesure a également été définie dans le cadre de ce travail.

Des tests d'assignations automatiques de solutions ont été effectués sur un jeu de 96 plaintes nouvelles non résolues et écrites en langue naturelle. Les résultats des tests automatiques ont été comparés aux jugements de trois experts du domaine. Pour situer la qualité des résultats obtenus, ces derniers ont été confrontés aux pourcentages d'accords entre trois experts. Les taux d'accord entre les assignations automatiques de solutions réalisées au moyen des différents modèles de recherche implémentés et les avis des experts ont été satisfaisants par rapport aux taux d'accord entre les jugements des experts réunis. Les taux de réussite des assignations automatiques relativement aux assignations des experts étaient compris entre 79,52 % et 89,16 %, alors que les niveaux d'accord entre les experts variaient entre 88,54 % et 88,75 %.

➔ Pour plus d'informations, contacter Zoulikha HEDDADJI : zoulikha_@hotmail.fr

Sur le web

L'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET) a publié en **septembre 2008** un état des connaissances relatives à l'exposition de la population française aux **éthers de glycol**. Les données disponibles documentant les concentrations intérieures sont recensées. Les résultats des mesures d'émission d'éthers de glycol par des produits de consommation courante (désodorisants, lingettes, nettoyeurs pour vitres et sols) et des peintures, réalisées en chambre d'essai d'émission ou dans la maison expérimentale du Centre scientifique et technique du bâtiment, sont également présentés. S'agissant de la population générale, l'AFSSET conclut que la prévalence de l'exposition aux éthers de glycol est difficile à caractériser précisément, mais que l'exposition de fond est négligeable. Des expositions ponctuelles peuvent néanmoins survenir lors d'activités domestiques, qui, répétées dans le temps, sont susceptibles d'avoir un impact sanitaire sur le long terme.

En France, **l'injection de biogaz** comme combustible dans les réseaux de distribution du gaz naturel est interdite contrairement à d'autres pays, comme la Suisse, la Suède, l'Allemagne et l'Autriche. L'AFSSET a publié en **octobre 2008** les résultats de son expertise relative au risque pour la santé pu-

blique présentée par ce type d'injection. Une modélisation des émissions dans l'air intérieur, à l'allumage du brûleur de la table de cuisson (biogaz imbrûlé) et pendant la cuisson (résidus de combustion), a été réalisée. Des scénarios d'exposition des occupants du logement ont été établis, permettant la conduite d'une évaluation quantitative des risques sanitaires. Par ailleurs, les risques microbiologiques liés à la présence de microorganismes et de toxines dans le biogaz distribué au domicile, ont été examinés spécifiquement.

En l'état actuel des connaissances, il n'y a pas de signaux d'alerte pour les risques microbiologiques. Par ailleurs, l'AFSSET considère que l'injection dans le réseau de certains types de biogaz épurés (produits en installation de stockage de déchets non dangereux comme les déchets ménagers et assimilés, par exemple) ne semble pas présenter de risque sanitaire supplémentaire pour les usagers avant et après combustion, par rapport au gaz naturel actuellement distribué. Au final, l'AFSSET recommande l'acquisition de données complémentaires, notamment sur la composition de certains biogaz (issus de boues de station d'épuration, par ex.), l'efficacité des systèmes d'épuration du biogaz brut et l'exposition des usagers.

En **février 2009**, l'AFSSET a rendu son rapport d'expertise sur les fibres d'amiante. Les fibres visées étaient les **fibres courtes d'amiante** (longueur $L < 5 \mu\text{m}$, diamètre $d < 3 \mu\text{m}$ et rapport $L/d \geq 3$) et les **fibres fines d'amiante** ($L \geq 5 \mu\text{m}$, $d < 0,2 \mu\text{m}$ et $L/d \geq 3$). Pour documenter le volet relatif aux expositions de la population générale, une ré-analyse de 105 échantillons en provenance de bâtiments divers (collectés entre 1997 et 2004) a été réalisée par le Laboratoire d'étude des particules inhalées (LEPI). Cependant, il n'a pas été possible, en l'état actuel des connaissances, de conduire une évaluation quantitative des risques sanitaires liée à toute la distribution granulométrique des fibres d'amiante. De nombreuses recommandations, notamment en matière de réduction de l'exposition et de repérage des matériaux dégradés pour ce qui concerne l'environnement intérieur, ont été émises par l'Agence.

L'**Institut de veille sanitaire (InVS)** a publié récemment trois rapports d'expertise de cas de **syndromes des bâtiments malsains**, dans deux hôpitaux et un lycée.

Par ailleurs, pilote du système national de surveillance des **intoxications oxycarbonées**, l'InVS a publié le bilan de la surveillance pour l'année 2006. Cette année-ci, 1 682 intoxications au CO* ont été déclarées, parmi lesquelles 76,9 % se sont produites entre les mois d'octobre et de mars. Les intoxications dans l'habitat (1 069) ont été associées dans 75,5 % des cas à la présence d'au moins un facteur favorisant, comme un problème d'aération, une utilisation inadaptée ou un défaut d'un appareil de type chauffage ou chauffe-eau. Une prise en charge médicale aux urgences a concerné 62,0 % des intoxiqués et une hospitalisation 32,1 % d'entre eux.

À noter que depuis le début de l'année 2009, l'InVS publie toutes les deux semaines sur son site internet un bilan des cas d'intoxications au CO* survenues durant cette période.

L'étude menée en **2008** par le **réseau de surveillance de la qualité de l'air en Aquitaine (AIRAQ)** dans l'**aérogare de Bordeaux-Mérignac** fait suite à une première étude réalisée en 2004. Les BTEX*, les aldéhydes et les oxydes d'azote ont été mesurés en seize points, au printemps et à l'automne, au moyen de tubes passifs exposés deux semaines (une semaine seulement pour les aldéhydes). Globalement, les auteurs observent une baisse des concentrations en COV* (à l'exception des cas de l'hexanal et du butanal) par rapport à 2004 qu'ils attribuent à l'interdiction de fumer dans les lieux publics. À noter également que les concentrations intérieures en COV* sont supé-

Les éthers de glycol : synthèse des connaissances sur les expositions de la population générale et professionnelle en France, Saisine n°2003/016 ; Septembre 2008 – 146 pages

Risques sanitaires du biogaz, Évaluation des risques sanitaires liés à l'injection de biogaz dans le réseau de gaz naturel, Saisine n°2006/010 ; Octobre 2008 – 185 pages

Les fibres courtes et les fibres fines d'amiante, Prise en compte du critère dimensionnel pour la caractérisation des risques sanitaires liés à l'inhalation d'amiante, Réévaluation des données toxicologiques, métrologiques et épidémiologiques dans l'optique d'une évaluation des risques sanitaires en population générale et professionnelle, Saisine n°2005/001 ; Février 2009 – 394 pages

➔ <http://www.afsset.fr>

Investigation suite à la survenue d'un épisode de manifestations irritatives collectives parmi le personnel du Centre psychothérapeutique Henri Theillou dans l'Oise, Octobre 2007 – Mai 2008, Institut de veille sanitaire ; Août 2008 – 45 pages

Manifestations irritatives survenues au lycée Pierre de la Ramée, Saint-Quentin, décembre 2006 et janvier 2007, Rapport d'investigation, Institut de veille sanitaire ; Décembre 2008 – 37 pages

Investigation d'un syndrome des bâtiments malsains dans les laboratoires du rez-de-jardin de l'Institut de biologie du CHU de Nantes, 2006-2008, Institut de veille sanitaire ; Janvier 2009 – 55 pages

Les intoxications au monoxyde de carbone survenues en France métropolitaine en 2006, Bulletin épidémiologique hebdomadaire N°44/2008, pages 425-428

➔ <http://www.invs.sante.fr/>

rieures en automne par rapport au printemps pour la majorité des polluants, exceptés pour le butanal et l'hexanal, et que ces concentrations ne sont pas homogènes au sein des bâtiments.

La campagne de mesure menée en **2008** par le **réseau de surveillance de la qualité de l'air en Alsace (ASPA)** dans sept écoles maternelles et élémentaires de la région faisait également suite à de précédentes mesures exploratoires ayant mis en évidence des concentrations élevées en formaldéhyde. Cette nouvelle étude avait pour objectif d'étudier de façon plus détaillée les concentrations en aldéhydes dans les classes. Des systèmes de prélèvement actifs et passifs ont été mis en œuvre.

Enfin, l'**Observatoire régional de l'air en Midi-Pyrénées (ORAMIP)** a réalisé au printemps 2008 des mesures comparatives de la **qualité de l'air dans différents modes de transport urbain**. Les polluants suivis étaient le dioxyde d'azote, les PM₁₀*, le CO* et le benzène. Des trajets types ont été reproduits (35 au total, tous modes confondus). Les premiers résultats sont présentés dans le magazine ORAMIP Infos N°92. Ceux-ci sont cohérents avec ceux de précédentes études ; ils montrent que l'exposition des personnes aux polluants étudiés, dans l'agglomération toulousaine, est la plus élevée en voiture, puis en bus. Dans l'ordre, viennent ensuite le vélo, le métro et la marche à pied.

Pour terminer, on signale la parution de l'édition 2008 du magazine de la **fédération ATMO**, consacrée au sujet de la QAI*. Ce numéro propose un panorama global des travaux des Associations agréées pour la surveillance de la qualité de l'air dans le domaine de l'air intérieur.

Étude de la qualité de l'air intérieur à l'aéroport de Bordeaux (33), Campagne de mesures par échantillonnage passif, du 18 mars au 2 avril et du 6 au 20 octobre 2008, rapport n°ET/TP/08/03 ; Décembre 2008 – 34 pages

→ <http://www.airaq.asso.fr>

Campagne de mesure de la qualité de l'air intérieur dans les établissements scolaires mulhousiens ayant présenté des niveaux élevés en aldéhydes en 2005 et 2007, Rapport relatif à la campagne de mesure qui s'est déroulée du 5 février au 23 avril 2008, ASPA 08051603-ID ; Mai 2008 – 39 pages

→ <http://www.atmo-alsace.net/>

À pied, en vélo, en métro, en bus, en voiture : quel air respirons-nous ? ORAMIP Infos n°92 ; septembre-octobre 2008 – 6 pages

→ <http://www.oramip.org/>

→ <http://www.atmo-france.org>

L'inhalation au domicile des **produits issus de la chloration de l'eau du robinet**, comme les trihalométhanes (THM), est une voie d'exposition à ces composés qui pourrait ne pas être négligeable. L'**École des hautes études en santé publique (EHESP)** a engagé en 2007 un programme de recherche sur le sujet. Les résultats d'une campagne préliminaire de mesure du chloroforme, du dibromochlorométhane, du bromodichlorométhane et du bromoforme, dans l'air de la salle de bains, de la cuisine et des pièces de service de deux logements, ont été présentés dans un mémoire d'étudiant du génie sanitaire de la promotion **2008**. Pour le chloroforme, les concentrations mesurées ont été comparées à des valeurs prédites à partir d'un modèle de

dispersion des aérosols émis par une douche, pendant et après celle-ci. Ces travaux exploratoires seront complétés par des mesures dans 58 autres logements en Ile-et-Vilaine.

Contribution à l'évaluation de la contamination de l'air des logements par les THM en vue d'une estimation de l'exposition par inhalation des occupants, Depla I, École des hautes études en santé publique ; Septembre 2008 – 77 pages

→ <http://www.ehesp.fr/portail/>, Rubriques *Resources documentaires* > *Les mémoires de l'EHESP* > *Mémoires soutenus en 2008* > *Ingénieurs du Génie Sanitaire*

Élaboré dans le cadre du **Plan régional Santé – Environnement de la région Ile-de-France**, le « Guide habitat à l'usage des maires » paru en **2008** a pour objectif principal d'impliquer plus activement les maires, notamment ceux ne disposant pas d'un service communal d'hygiène et de sécurité (SCHS), dans le traitement des **plaintes relatives à l'habitat** (problème de sécurité, d'insalubrité...). Après une vision générale synthétique des différentes procédures existantes en matière de traitement de l'habitat, des fiches spécifiques à chaque procédure, chaque type de bâtiment (hôtels meublés par ex.) ou chaque nature de risque (plomb, amiante, CO*...)

clarifient les compétences du maire et du préfet et permettent de mieux comprendre l'articulation entre les procédures gérées par les municipalités et celles mises en place par l'État.

Guide habitat à l'usage des maires, DRASS et DDASS d'Ile de France, Groupe Habitat Santé ; 2008 – 44 pages

→ <http://ile-de-france.sante.gouv.fr/sante-publique/environnement-et-sante/insalubrite/guide-habitat-a-l-usage-des-maires/guide-habitat-a-l-usage-des-maires.html>

L'**Organisation mondiale de la santé (OMS)**, dans le cadre de ses actions sur l'habitat sain, a engagé un travail dédié à la gestion des problèmes de **moisissures** et d'humidité dans les logements. La première phase de travail a consisté en un recensement d'études de cas obtenues suite à un appel à contribution. Trente études d'intervention conduites dans onze pays ont ainsi été collectées et dix-sept ont fait l'objet d'une analyse plus approfondie par un groupe d'experts. Ce dernier a produit de premières recommandations lors d'un séminaire en **février 2008**, dont les actes viennent d'être publiés. Ces dernières sont déclinées selon les acteurs (occupants, professionnels de santé, gestionnaires immobiliers, techniciens du bâtiment...). L'intégralité des études de cas est également publiée.

Par ailleurs, l'OMS* s'intéresse aux conséquences liées à une **isolation accrue des logements**, qui pourrait découler des politiques actuelles d'économie d'énergie. Une étude d'intervention a débuté en 2006, en partenariat avec l'agence immobilière allemande ABG Frankfurt Holding, visant à étudier les effets sur la santé d'occupants de logements isolés thermiquement. La qualité de l'environnement intérieur (bruit, humidité, concentrations en formaldéhyde et en allergènes d'acariens...), l'état de santé des résidents et le confort

perçu ont été décrits avant et après isolation pour 131 logements (représentant 220 personnes). Le groupe témoin, qui n'a fait l'objet d'aucune rénovation, comportait 104 logements (155 résidents). Les résultats préliminaires viennent de paraître. Il n'en ressort aucune différence significative en termes de prévalences des maladies respiratoires et des rhumes, en l'état actuel de l'exploitation des résultats. Le confort perçu a augmenté chez les résidents des logements isolés, et leur exposition au bruit a diminué.

Interventions and actions against damp and mould, Report on a WHO working group meeting, February 2008, Bonn, Germany ; 2008 – 38 pages

Interventions and actions against damp and mould, A review of case studies, World Health Organization, Europe ; 2008 – 166 pages

➔ <http://www.euro.who.int/Document/E91664.pdf> et <http://www.euro.who.int/document/HOH/allcasestudies.pdf>

Preliminary results of the WHO Frankfurt housing intervention project, Braubach M, Heinen D and Dame J ; 2008 – 44 pages

➔ <http://www.euro.who.int/Document/E91699.pdf>

L'institut belge **VITO** a conduit en **2008** une évaluation des expositions humaines et des risques sanitaires liés aux **émissions des désodorisants d'ambiance** dans l'air intérieur, pour les composés suivants : benzène, toluène, chlorobenzène, éthylbenzène, xylènes, styrène, naphthalène, formaldéhyde, acétaldéhyde, composés carbonylés totaux et COV* totaux. Une modélisation des concentrations aiguës (1 minute, 30 minutes ou 1 heure) ou moyennes (journalière et hebdomadaire) attendues dans différentes pièces (de différentes tailles), avec des taux de renouvellement d'air variés, a été conduite à partir du modèle CONTAM et des facteurs d'émission obtenus lors de tests préalables en chambre expérimentale. Les auteurs ne concluent pas à une augmentation des risques pour la santé ;

ils recommandent néanmoins de limiter l'utilisation de ces produits, en particulier ceux émetteurs de benzène et de formaldéhyde comme l'encens, notamment chez les personnes sensibles. L'utilisation d'encens deux jours par semaine contribuerait à 10 % des concentrations intérieures moyennes en benzène.

Exposure and risk assessment of air fresheners, Torfs R, De Brouwere K, Spruyt M, Goelen E, Nickmilder M, Bernard A, Study accomplished under the authority of the Federal Public Service Health, Food Chain Safety and Environment, rapport 2008/IMS/R/222 ; Juin 2008 – 60 pages

➔ <http://www.vito.be/>, Rubriques *en > scientific research > catalogue*

Pour les lecteurs germanophones, on signale deux parutions récentes. La première présente les résultats de l'**étude autrichienne LUKI**, conduite entre 2005 et 2008, qui avait pour objectif l'étude des **effets des polluants de l'environnement intérieur sur la santé de l'enfant**. Au total, 253 paramètres ont été mesurés dans l'air (paramètres de confort et de confinement, COV*, PM₁₀* et PM_{2,5}*) et dans les poussières déposées au sol (composés bromés, phosphorés, phénols, phtalates, HAP*, métaux...), dans neuf écoles autrichiennes, en ville et en zones rurales. Des cheveux et des dents ont

été collectés chez les enfants scolarisés, âgés de 6 à 9 ans. En parallèle, les enfants ont rempli, avec leurs parents, un questionnaire sur leur état de santé, les antécédents familiaux, leur logement et les pratiques alimentaires de la famille (n = 449) et ils ont participé à des examens de la fonction respiratoire (tests spirométriques ; n = 433) et à des tests cognitifs (n = 436). Des tableaux de synthèse très détaillés sur les résultats de mesure et les associations entre les concentrations et les événements de santé sont fournis dans le rapport final.

Le second document est le rapport, paru en **janvier 2009**, d'élaboration de **valeurs guides de qualité de l'air intérieur pour le formaldéhyde** par la commission *ad hoc* du **ministère autrichien en charge de l'environnement**. À noter que cette commission a déjà produit, depuis 2003, de telles valeurs guides pour le styrène, le toluène, le tétrachloroéthylène, les COV* totaux et le dioxyde de carbone. Dans le cas du formaldéhyde, elle propose deux valeurs guides égales à 100 µg/m³ et 60 µg/m³ en moyenne pour 30 minutes et 24 heures d'exposition respectivement, afin de protéger des irritations respiratoires.

LUKI – LUft und KInder, Einfluss der Innenraumluft auf die Gesundheit von Kindern in Ganztagschulen, Endbericht, Umweltbundesamt, REP-0182, ISBN: 3-85457-980-2 ; 2008 – 236 pages
➔ <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0182.pdf>

Bewertung der Innenraumluft, Formaldehyd, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft ; Janvier 2009 – 39 pages
➔ <http://copyright.lebensministerium.at/article/articleview/73136/1/7277>

Compte tenu des effets sanitaires connus liés à la **contamination fongique** des logements, l'**Institut national de santé publique du Québec** a souhaité conduire une étude visant à déterminer le moyen le plus adéquat permettant d'obtenir une image précise des caractéristiques et de l'ampleur de cette contamination dans l'ensemble du parc de logements québécois. Les critères recherchés pour le dispositif de mesure étaient la fiabilité (reproductibilité), la facilité de mise en œuvre et le coût abordable. Les deux outils testés *in fine* ont été la visite à domicile par des inspecteurs spécialisés et le questionnaire téléphonique portant sur les caractéristiques du bâti et la présence de moisissures. Il en ressort qu'aucun

des deux outils ne donne satisfaction dans la mesure où très peu de concordances (parfois aucune) ne ressortent entre les observations visuelles et la description faite par les occupants. Les travaux se poursuivent donc pour identifier d'autres méthodes.

Validité de deux instruments de mesure des caractéristiques des habitations liées à la qualité de l'air intérieur, Pinsonneault L, Blanchette C, Leclerc JM, Institut national de santé publique du Québec ; Mai 2008 – 90 pages
➔ http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/856_Etude_validite_instruments.pdf

Aux États-Unis, le **Government Accountability Office (GAO)** a examiné en 2008 les travaux conduits aux États-Unis sur les **moisissures dans les environnements intérieurs**. Ce travail avait pour objectif d'identifier les besoins de connaissances dans ce domaine et dans quelle mesure les agences fédérales étaient en moyen d'y répondre eu égard à leurs programmes de recherche en cours (réalisés ou financés). Le GAO devait également expertiser les recommandations à destination du grand public issues des résultats de la recherche. Dans le rapport final paru en **septembre 2008**, le GAO synthétise les effets sur la santé des moisissures et les programmes de recherche en cours ; il recommande à

l'US-EPA*, d'une part d'assurer la coordination nationale et d'identifier les priorités de recherche, et d'autre part de garantir une meilleure cohérence des recommandations émises.

Indoor mold. Better coordination of research on health effects and more consistent guidance would improve federal efforts, US Government Accountability Office, Report to the Chairman, Committee on Health, Education, Labor and Pensions, US Senate, GAO-08-980 ; Septembre 2008 – 65 pages
➔ <http://www.gao.gov/products/GAO-08-980>

On signale également les parutions suivantes.

Le comité régional Nord-Pas de Calais de l'**Association pour la prévention de la pollution atmosphérique (APPA)** a publié le N°74 de la revue *Air Pur*, consacré au **formaldéhyde**. L'état des connaissances sur la chimie de ce composé, les moyens de mesure, les effets sanitaires associés et la réglementation, ainsi que l'exposition professionnelle et l'évaluation des risques pour la population générale, sont présentés au travers de huit articles scientifiques. ➔ <http://www.appanpc.fr/>

Les rapports finaux du **projet européen EnVIE**, visant à définir des politiques publiques communautaires sur la qualité de l'air intérieur et la santé, ont été publiés en mars 2009. Ce projet a été présenté par son coordinateur dans le numéro 23 du bulletin *Info Santé Environnement Intérieur*.
➔ <http://www.envie-iaq.eu/>

Le rapport final du projet mené par l'institut belge **Hainaut Vigilance Sanitaire** pour la mise au point d'un outil d'évaluation de l'environnement intérieur des **milieux d'accueil de la petite enfance**, en l'occurrence des crèches, dont les résultats avaient

été présentés dans le numéro 24 du bulletin *Info Santé Environnement Intérieur*, vient d'être publié.

➔ <http://www.nehap.be>, Rubriques *Projets et actions* > *Les projets CEHAP* > *Milieux d'accueil de la petite enfance*

Annnonce de manifestation scientifique

L'Institut national de recherche agronomique (INRA), en collaboration avec le Centre national de la recherche scientifique (CNRS), le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) et l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), organise le colloque national **MicroBAERO 2009** sur la microbiologie des aérosols, qui se tiendra les 6, 7 et 8 octobre 2009 à Narbonne, France. L'objectif du colloque est de réaliser un état des connaissances sur la formation et la dispersion des bioaérosols, et les risques associés pour l'homme, l'animal et le végétal. Le colloque s'articulera autour de sept sessions de communications orales et écrites, introduites par des conférenciers invités. Programme et inscriptions :

<http://www1.montpellier.inra.fr/narbonne/colloques/MICROBAERO2009/index.html>

➔ Pour plus d'informations, contacter : microbaero@supagro.inra.fr

Bilan de la veille scientifique du réseau RSEIN, Année 2008

722 articles collectés, dont 52 ont fait l'objet d'une analyse critique dans le bulletin

La base de données du réseau RSEIN comptait 4 251 références fin décembre 2008.

GLOSSAIRE

ADN : acide désoxyribonucléique

ARN : acide ribonucléique

BTEX : Benzène, Toluène, Éthylbenzène, Xylènes

CO : monoxyde de carbone

COV : Composés Organiques Volatils

DEHP : diéthylhexyl phtalate

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

IC_{95%} : Intervalle de Confiance à 95 %

NOAEL : *No Observed Adverse Effect Level*

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PBDE : polybromodiphényl éthers

PBPK : *Physiologically Based Pharmacokinetic*

PM_{2,5/10} : Particules de diamètre aérodynamique médian inférieur à 2,5/10 µm

QAI : Qualité de l'Air Intérieur

RR : Risque Relatif

SBM : Syndrome des Bâtiments Malsains

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

Directeur de la publication : Vincent Lafèche

Directeur de la rédaction : André Cicoella

Comité de rédaction du N°26 : Desqueyroux H, Guillaum M-T, Le Moullec Y, Mandin C, Ramalho O et Teton S, avec la participation de Bonnet C, Denes-Bejat T, Festy B, Guillosoou G, Marchand C.

Coordination et contact : Corinne Mandin corinne.mandin@ineris.fr

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

ISSN 1760-5407

Le réseau RSEIN, en relation avec l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur, est constitué de représentants des structures suivantes : Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie, Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique et ses comités régionaux Nord-Pas de Calais et PACA-Marseille, ATMO PACA représentant les Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air, Bureau Véritas, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Complexe de Recherche Interprofessionnel en Aérothermochimie, École des Hautes Études en Santé Publique, Faculté de Pharmacie de Marseille, Faculté de Pharmacie de Paris V, Hôpitaux de Marseille, Hôpitaux de Rouen, Hôpitaux de Strasbourg, Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, Institut de Radioprotection et de 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 : corinne.mandin@ineris.fr