



Info Santé Environnement Intérieur

N°11
Février 2005

Bulletin de veille scientifique conçu et réalisé par le réseau RSEIN *Recherche Santé Environnement Intérieur*, grâce à des financements du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable et de la Direction Générale de la Santé

EDITO

Qualité de l'air intérieur : le Plan National Santé Environnement, levier d'action des pouvoirs publics

La Commission d'orientation du Plan national santé environnement (PNSE) a été critique vis-à-vis du dispositif réglementaire français relatif à la qualité de l'air intérieur. En effet, force est de constater que la réglementation française porte jusqu'à présent sur quelques polluants et reste très sectorielle. On peut citer la définition de débits minimaux d'air neuf dans les locaux d'habitation, les normes visant les caractéristiques, les performances et les concentrations en polluants dans les gaz de combustion des appareils thermiques, l'interdiction de l'utilisation de l'amiante et la gestion des immeubles bâtis en contenant, la réglementation sur le radon, voire l'interdiction de fumer dans les lieux recevant du public. Cependant, en France, seul le milieu professionnel fait l'objet de valeurs limites d'exposition pour certains polluants dans l'air intérieur.

D'une manière générale, pour agir sur la qualité de l'air intérieur, il existe deux moyens d'action classiques :

- la "dilution", c'est à dire la ventilation : les débits minimaux d'air neuf précités sont en cours de révision ;
- la réduction à la source : il s'agit d'actions notamment sur les matériaux de construction, les produits utilisés dans l'habitat (ameublements, décoration, produits d'entretien, d'hygiène...), les appareils de chauffage et de production d'eau chaude...

Ce second levier d'action procède d'une démarche de prévention. C'est l'objectif que s'est donné le Plan national santé environnement au travers de l'action 14, l'une des douze actions affichées comme prioritaires et intitulée : *"Mieux connaître les déterminants de la qualité de l'air intérieur"*. Cette action, pilotée conjointement par la Direction générale de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction (DGHUC) et la Direction générale de la santé (DGS), vise au renforcement et à l'extension des activités menées par l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI), afin d'évaluer l'exposition de la population aux polluants de l'air dans tous les environnements intérieurs. Dans ce cadre, les résultats de la vaste campagne de mesures menée par l'OQAI depuis 2004, dans plus de 700 logements français métropolitains, devraient être disponibles au cours de l'année 2005 ; le but poursuivi de cette campagne est l'identification des principales sources de polluants de l'air intérieur en vue d'élaborer des mesures de prévention et de réduction des risques sanitaires.

Cette démarche passe par l'élaboration de valeurs guides, ce qui incitera à la mesure de concentrations en polluants dans les habitats, et plus généralement dans les environnements clos. Des valeurs guides pourraient éventuellement permettre d'édicter de nouvelles normes ou réglementations sur la construction (notamment sur les produits de construction), la ventilation, ou certains produits de consommation (normes et labels). S'agissant de l'élaboration de recommandations sur les produits de construction, celle-ci devra être établie en lien avec les travaux réalisés dans le cadre de l'action n°15 du PNSE : *"Mettre en place un étiquetage des caractéristiques sanitaires et environnementales des matériaux de construction"*.

Il se dégage actuellement une volonté très forte de passer à une nouvelle dimension de gestion de la problématique de l'air intérieur, notamment grâce à une prise de conscience internationale et européenne (projets THADE, INDEX, ENVIE...). Le plan d'actions élaboré au niveau national devrait non seulement profiter de cette dynamique mais également y participer pleinement.

Catherine MIR, Adjointe au Sous-Directeur de la Gestion des Risques des Milieux à la Direction Générale de la Santé

SOMMAIRE

Substances → p2 ; Lieux de vie → p6 ; Effets sanitaires → p8 ; Informations diverses → p10

Les astérisques renvoient aux termes du glossaire. → p16

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

Émission d'aldéhydes dans la cuisine lors de fritures

Parmi les sources de pollution de l'air intérieur des habitats, les activités de cuisson, en particulier de friture, sont bien connues. Cependant, très souvent, les travaux sur le sujet s'attachent à étudier les émissions de particules fines. Fullana *et al.* ont considéré les émissions d'aldéhydes produits par la friture avec différentes variétés d'huile d'olive.

Ces huiles sont connues pour leur bonne stabilité, mais leur comportement lors de l'oxydation thermique liée à des opérations de friture n'avait pas été testé précédemment. Cette étude a ainsi permis de mettre en évidence l'émission de plusieurs dizaines d'aldéhydes dont l'acétaldéhyde et l'acroléine.

Taux d'émission de quelques aldéhydes (en mg/h.L. d'huile) selon la nature de l'huile et la température de friture

	Huile d'olive		Huile d'olive extra vierge	
	180°C après 1 heure de cuisson	240°C après 2 heures de cuisson	180°C après 1 heure de cuisson	240°C après 2 heures de cuisson
Acétaldéhyde	3,5 ± 0,8	7,3 ± 0,7	7,1 ± 1,3	14,5 ± 0,3
Propanal	4,0 ± 0,7	3,8 ± 0,8	5,2 ± 0,4	14,1 ± 0,7
Butanal	3,2 ± 0,6	2,9 ± 0,3	3,9 ± 0,4	17,1 ± 0,6
Pentanal	7,6 ± 1,0	16,2 ± 0,7	10,8 ± 1,4	31,2 ± 0,2
Hexanal	24,2 ± 4,0	10,6 ± 0,3	42,9 ± 4,0	51,9 ± 1,6
Heptanal	8,2 ± 2,8	105,8 ± 7,3	13,3 ± 0,7	46,1 ± 3,6
Octanal	Non détecté	Non détecté	Non détecté	Non détecté
Nonanal	14,3 ± 5,8	28,2 ± 0,9	32,4 ± 1,6	51,1 ± 12,1
Décanal	Non détecté	Non détecté	Non détecté	Non détecté
Acroléine	10,5 ± 0,4	37,9 ± 0,6	14,5 ± 2,2	26,1 ± 0,1

De ces travaux, il ressort qu'un contrôle de la température permet de prolonger la durée de vie des huiles et limite l'émission d'aldéhydes (température optimale de 180°C parmi les températures testées lors des expérimentations). La formation de ces composés dépend principalement de la température, et le taux de formation est pratiquement constant dans le temps. Il est également montré que l'utilisation d'huile d'olive pour la friture permet de réduire la formation d'aldéhydes, en particulier d'acroléine, en comparaison avec l'utilisation d'autres huiles, ce qui permet de réduire les risques sanitaires potentiels. Il aurait cependant été intéressant que des mesures en situation réelle puissent être menées en parallèle. En effet, en dépit des limites propres à ce type d'étude (pièce de l'expérimentation non nécessairement

représentative d'une cuisine "type"), les concentrations fournies restent néanmoins plus proches de celles auxquelles sont susceptibles d'être exposées les personnes et sont en conséquence plus exploitables en terme d'appréciation des expositions humaines et des effets sanitaires potentiels associés, que des mesures de taux d'émission d'aldéhydes.

Source : Fullana A., Carbonell-Barrachina A.A., Sidhu S. ; Comparison of volatile aldehydes present in the cooking fumes of extra virgin olive, olive and canola oils ; Journal of Agricultural & Food Chemistry, 52(16) [2004], 5207 – 5214

Article analysé par : Valérie DESAUZIERS, Laboratoire du Génie de l'Environnement Industriel – antenne de Pau de l'École des Mines d'Alès ; valerie.desauziers@ema.fr



SUBSTANCES

Développement d'une méthode alternative pour l'analyse du formaldéhyde

A l'heure où le formaldéhyde suscite de plus en plus d'attention en France et toujours autant de publications dans la littérature scientifique, une nouvelle méthode d'analyse du formaldéhyde dans l'air ambiant extérieur ou intérieur fait l'objet des travaux de Pinheiro *et al.* Ce développement est présenté comme une alternative à la méthode plus classique des cartouches imprégnées de 2,4-dinitrophénylhydrazine (DNPH). Son originalité réside dans sa spécificité et sa sensibilité grâce à l'utilisation d'un réactif spécifique, le Fluoral P, et à une mesure fluorimétrique. Le Fluoral P est préparé par la réaction de 0,3 mL d'acide acétique, 0,2 mL d'acétylacétone et de 15,4 g d'acétate d'ammonium, le tout étant complété à 100 mL par de l'eau désionisée. Le réactif ainsi préparé peut être conservé au frais et à l'abri de la lumière 60 jours. Les cartouches imprégnées de Fluoral P sont utilisées pour des prélèvements actifs d'air extérieur ou intérieur (débit de 1 L.min⁻¹; 120 minutes), puis éluées avec 10 mL de solution de Fluoral P avant analyse par spectrofluorimétrie. En raison de cette sélectivité, il n'est pas nécessaire d'utiliser une séparation chromatographique pour doser le

formaldéhyde à des concentrations 40 fois plus basses qu'avec les cartouches de DNPH (limite de détection de 2 ng/mL contre 80 ng/mL avec la méthode "classique"). Cette nouvelle méthode a également été validée par les auteurs en comparaison avec la méthode DNPH prise comme référence. Le gros point faible de cette technique réside dans le fait qu'il faut synthétiser le Fluoral P et en imprégner soi-même les cartouches. Ceci peut conduire à une moins bonne reproductibilité qu'avec la méthode DNPH pour laquelle les cartouches imprégnées sont disponibles sur le marché auprès de différents fournisseurs.

Source : Pinheiro H.L.C., de Andrade M.V., de Paula Pereira P.A., de Andrade J.B. ; Spectrofluorimetric determination of formaldehyde in air after collection onto silica cartridges coated with Fluoral P ; Microchemical Journal, 78(1) [2004], 15 – 20

Article analysé par : Valérie DESAUZIERS, Laboratoire du Génie de l'Environnement Industriel – antenne de Pau de l'École des Mines d'Alès ; valerie.desauziers@ema.fr



SUBSTANCES

Analyse de la contamination fongique de la poussière de maison au moyen de la PCR quantitative

La poussière constitue un réservoir d'éléments mycéliens et son étude a souvent été considérée comme un bon indicateur de la contamination cumulée des environnements intérieurs. L'objectif de l'étude de Meklin *et al.* est de détecter les logements contaminés par des moisissures à l'aide de la technique PCR (*Polymerase Chain Reaction*) utilisant la biologie moléculaire. Les résultats de 80 essais de PCR quantitative effectués sur la poussière récoltée dans 37 habitations sont rapportés. 19 logements (notés LS) ne présentent aucun développement visible de moisissures, ni humidité, ni aucune contamination antérieure. Les 18 autres logements ayant une surface contaminée totale d'au moins 0,2 m² sont qualifiés de "moisissures" (notés LM). La poussière est recueillie par aspiration de 2 m² de tapis pendant 2 min ou de la totalité du sol s'il est lisse. Elle est ensuite tamisée (355 µm) et stockée à -20°C. Les séquences rDNA de 82 espèces de moisissures (les genres *Aspergillus* et *Penicillium* comptent pour 70% du total) sont utilisées. La méthodologie d'obtention des caractéristiques des courbes de calibration et l'évaluation des facteurs d'amplification et de la sensibilité ont été rapportées dans d'autres publications. Les "primers" et sondes utilisés sont consultables sur le site de l'US-EPA*. En parallèle,

des dénombrements de spores revivifiables, exprimés en UFC (unités formant colonies) par gramme de poussière, sont effectués à partir de la poussière selon un protocole standardisé.

Globalement, aucun des contrôles négatifs n'a donné de signal, mais la matrice "poussière" divise la sensibilité par 5. D'une part, la comparaison entre LM et LS ne met en évidence aucune différence statistique entre ces 2 types de logements, que ce soit à l'échelon de la contamination globale ou spécifique. Vingt cinq espèces ou groupes rarement rencontrés (moins de 2 spores/mg) ont été éliminés pour la suite de l'analyse. Pour les espèces restantes, le rapport (R) entre les teneurs observées dans les LM et les LS est calculé : dans le groupe I constitué de 6 espèces (*Aspergillus ochraceus*, *Aspergillus penicillioides*, *Aspergillus unguis*, *Aspergillus versicolor*, *Eurotium complex*, *Cladosporium sphaerospermum*), R est supérieur à 1. Le rapport R est inférieur à 1 pour le groupe II. La somme des logs des teneurs en spores du groupe I est significativement plus élevée dans les LM que dans les LS, le contraire étant observé pour le groupe II. Si dans un logement, la somme des logs des concentrations des espèces du groupe I est supérieure à 19,4, il y a une forte probabilité (> 95%) pour qu'il soit contaminé.

D'autre part, l'isolement par cultures fait apparaître des concentrations de *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus ochraceus* et *Aspergillus versicolor* de l'ordre de 10 à $10^2 \cdot g^{-1}$, soit des concentrations 3 fois moins élevées que celles de ces mêmes espèces mesurées par la PCR quantitative. Aucune corrélation n'est trouvée entre les 2 techniques.

Discussion

Tous les bâtiments contiennent des moisissures venues de l'extérieur et la différenciation des logements sains et moisissus est une question depuis longtemps évoquée à laquelle la présente étude tente de répondre à l'aide de la PCR quantitative. Un indice simple est proposé, mais il s'appuie sur un choix très restreint d'espèces par rapport au foisonnement observé dans la réalité.

La PCR quantitative, technique rapide et facile, donne des résultats standardisés, quantitatifs et qualitatifs au niveau de l'espèce. Cependant, la spécificité de la technique est mise en défaut par le fait que certaines espèces ayant des séquences rDNA sensiblement identiques sont mesurées

ensemble. Il existe de multiples "seqvars", notamment pour *Penicillium chrysogenum* et *Cladosporium cladosporioides*.

Avec prudence, les auteurs suggèrent que des études à plus grande échelle doivent être mises en œuvre pour déterminer si la méthodologie employée (type d'échantillonnage, choix limité à 6 espèces d'intérêt, analyse des données) est suffisante pour déterminer le statut d'un logement quelles que soient sa localisation géographique et les circonstances.

Une fois validée à plus grande échelle, l'étude des poussières par PCR quantitative offrirait l'avantage de permettre la détection des contaminations cachées dans les cavités murales sans nécessiter de prélèvements destructifs ou de long terme.

Source : Meklin T., Haugland R.A., Reponen T. *et al.* ; Quantitative PCR analysis of house dust can reveal abnormal mold conditions ; Journal of Environmental Monitoring, 6(7) [2004], 615 – 620
Article analysé par : Annie MOUILLESEAUX ; annie.mouilleseaux@noos.fr



SUBSTANCES

Comparaison des méthodes de détermination des expositions aux pesticides résidentiels par questionnaire et par échantillonnage des poussières de maisons

Dans les études épidémiologiques visant à mesurer l'effet des pesticides sur la santé, l'évaluation des expositions est traditionnellement basée sur des questionnaires. Cependant, l'utilisation passée des pesticides au domicile est parfois difficile à détailler et dans ce type d'étude un biais important peut être introduit. L'analyse des poussières prélevées dans les moquettes et les tapis peut restituer une information plus objective et donner un meilleur reflet de l'exposition. Cependant, cette double approche (questionnaire et échantillonnage des poussières dans les logements) a été très peu explorée.

Fort de ce constat, les auteurs ont appliqué cette démarche dans différents logements en s'appuyant sur l'étude cas-témoin NHL (*non-Hodgkin's lymphoma*) réalisée sur une population d'adultes résidant à Détroit, Los Angeles, Seattle et dans l'Iowa. Ainsi, des échantillons de poussières de tapis et de moquette ont été collectés chez 521 sujets lors du passage de l'enquêteur en charge d'un questionnaire détaillé (usage et fréquence d'utilisation des pesticides au domicile, nature des traitements, produits utilisés, etc...), accessible via le site <http://dceg.cancer.gov/modules/PesticideHist.pdf>.

Les poussières ont été collectées directement dans le sac de l'aspirateur utilisé par le résident. Les auteurs ont utilisé ce mode d'échantillonnage après avoir démontré qu'il n'existait pas de différence entre ces échantillons et ceux prélevés par le HVS3 (*High Volume Small Surface Sampler*), appareil de référence pour la mesure des pesticides dans les poussières déposées sur les moquettes et tapis.

30 pesticides (18 insecticides, 10 herbicides, l'ortho-phénylphénol et le pentachlorophénol), 7 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et 5 composés de la famille des polychlorobiphényles ont été recherchés sur 513 échantillons de poussières. Après différentes extractions, les échantillons ont été analysés en chromatographie phase gazeuse et détection par spectrométrie de masse (CG/SM).

Les résultats indiquent que les composés les plus fréquemment détectés sont l'ortho-phénylphénol (fongicide présent dans les produits de désinfection), le pentachlorophénol (composé utilisé dans le traitement du bois), le 2,4-D (herbicide utilisé pour le traitement des pelouses et des cultures agricoles), le propoxur, le chlorpyrifos, la *cis*- et la *trans*-perméthrine (quatre insecticides à usage domestique) et le DDT (insecticide interdit). Les composés avec les plus fortes concentrations (moyenne géométrique) sont la *trans*- perméthrine, la *cis*-perméthrine, le 2,4-D et le pentachlorophénol.

Les auteurs montrent qu'il existe généralement un lien entre l'usage géographique des traitements et la présence de pesticides spécifiques dans ces zones géographiques. A Los Angeles, où l'on observe le plus fort traitement rapporté pour les insectes rampants, les puces, les tiques et les termites, on a également les plus fortes concentrations en propoxur, chlorpyrifos, diazinon, perméthrine et chlordane. L'Iowa avec le plus fort traitement pour les mauvaises herbes dans les jardins et les pelouses présente aussi les concentrations les plus fortes en 2,4-D et en dicamba. Toutefois, à Seattle où le plus grand nombre de résidents utilisant des insecticides et traitant leurs pelouses a été dénombré, les concentrations en insecticides pour les jardins et les pelouses sont moins élevées que sur les autres sites. Les auteurs avancent comme explication une possible dégradation des insecticides en raison du climat humide de Seattle.

L'analyse par régression a également permis de mettre en évidence plusieurs associations significatives entre le type de traitement et la nature des composés détectés dans les poussières. Ainsi, des associations significatives ont été observées entre le traitement des insectes rampants et la présence du propoxur et du chlorpyrifos ; entre le traitement des puces et des tiques et le carbaryl et la perméthrine ; entre le traitement des termites et le chlordane ; entre le traitement des insectes dans les jardins et pelouses et le carbaryl, le methoxychlore et le malathion ; et, entre le traitement des mauvaises herbes dans les jardins et pelouses et le 2,4-D. Pour beaucoup, les concentrations en pesticides sont également bien corrélées avec le nombre total d'applications des produits.

En conclusion, cette étude montre que les données issues d'un questionnaire sur la nature des traitements au domicile peuvent être bien corrélées avec les concentrations en pesticides mesurées dans les poussières. Toutefois, les auteurs insistent sur le travail d'enquête qui a été mené chez chaque résident afin de cibler au mieux l'utilisation des pesticides au domicile. Ils ont constaté que les résidents ont éprouvé de réelles difficultés à nommer les produits spécifiques. Selon les auteurs, l'échantillonnage des poussières offre une complémentarité au questionnaire. L'échantillonnage des poussières permet d'identifier les composés spécifiques auxquels les personnes sont exposées, en prenant en considération les produits utilisés au domicile mais également ceux liés aux sources extérieures.

Source : Colt J.S., Lubin J., Camann D. *et al.* ; Comparison of pesticide levels in carpet dust and self-reported pest treatment practices in four US sites ; Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, 14(1) [2004], 74 – 83
Article analysé par : Olivier BLANCHARD, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques – INERIS ; olivier.blanchard@ineris.fr



SUBSTANCES

Capacité de sorption des composés organiques volatils (COV) par la mousse de polyuréthane

La qualification de l'impact des matériaux sur la qualité de l'air intérieur nécessite l'acquisition de données concernant les propriétés de sorption et de diffusion des polluants dans ces matériaux. Les isothermes de sorption caractérisent en effet la capacité des matériaux à capter et à retenir les molécules polluantes, tandis que les coefficients de diffusion caractérisent la propension des polluants à migrer plus ou moins profondément à l'intérieur des matériaux, et donc à mobiliser plus ou moins de surface de pores pour leur adsorption.

Il n'existe à ce jour que très peu de données valables et la grande majorité d'entre elles concerne des matériaux de revêtement des parois (plâtre, moquette, peinture, ...). L'article de Zhao *et al.* traite pour sa part des caractéristiques de sorption et de diffusion de différents COV* dans un matériau utilisé pour le mobilier : la mousse de polyuréthane (canapés, matelas, oreillers, coussins, ...).

Le choix de ce matériau comme celui des COV* testés n'est pas anodin : la mousse de polyuréthane est reconnue comme ayant un fort pouvoir adsorbant et son utilisation est à ce titre préconisée dans un certain nombre de normes de l'US-EPA* pour le prélèvement des pesticides dans l'air. Les COV* choisis (naphthalène, 1,2,4-triméthylbenzène, styrène, p-xylène, éthylbenzène, chlorobenzène, toluène, benzène) présentent quant à eux des propriétés physico-chimiques différentes et un des objectifs de l'étude de Zhao *et al.* était de vérifier si les coefficients de partition et de diffusion mesurés pouvaient être corrélés à certaines de ces propriétés. L'objectif a été atteint puisque les auteurs mettent clairement en évidence une corrélation entre coefficient de partition et pression de vapeur saturante du composé d'une part, et entre le coefficient de diffusion des espèces et leur volume de Van Der Waals ou leur surface libre d'autre part.

Il est important de préciser que les auteurs de l'article travaillent depuis un certain temps sur ce thème et que la méthode expérimentale décrite sommairement dans l'article a déjà été utilisée pour tester d'autres systèmes COV*/matériau. L'intérêt de l'étude réside bien sûr dans la proposition de nouvelles données pour un matériau largement utilisé dans le bâtiment, mais aussi et surtout dans les corrélations mentionnées ci-dessus. Compte tenu du nombre de données à acquérir pour caractériser finement l'impact des matériaux sur la QAI* (chaque donnée est spécifique à un système gaz / matériau / température), la définition de moyens de prédiction des paramètres de sorption et de diffusion constitue une priorité. Les résultats obtenus par Zhao *et al* corroborent les conclusions d'autres études et constituent en ce sens une contribution intéressante. Signalons toutefois que si les valeurs des paramètres de sorption proposées ne

souffrent d'aucune contestation possible, les coefficients de diffusion ont été déterminés par identification des mesures à un modèle mathématique. Les valeurs proposées sont donc relatives à ce modèle, qui n'est par ailleurs pas nécessairement le meilleur pour reproduire les phénomènes de transfert de polluant dans les matériaux poreux.

Source : Zhao D., Little J.C., Cox S.S. ; Characterizing polyurethane foam as a sink for or source of volatile organic compounds in indoor air ; Journal of Environmental Engineering, 130(9) [2004], 983 – 989

Article analysé par : Patrice BLONDEAU, Laboratoire d'Étude des Phénomènes de Transfert Appliqués au Bâtiment – LEPTAB, Université de La Rochelle ; patrice.blondeau@univ-lr.fr



LIEUX DE VIE

Une source méconnue de contamination par les PCB dans les écoles et autres bâtiments

Les polychlorobiphényles ou PCB sont des composés organiques persistants dont les propriétés toxiques sont aujourd'hui bien documentées. Principalement utilisés dans les années 1970 dans des matériaux "fermés" (transformateurs électriques, condensateurs, ...), les PCB ont également été employés dans divers systèmes "ouverts", notamment dans la construction des bâtiments où ils étaient intégrés dans les matériaux d'étanchéité, de calfeutrage ou de colmatage. Ces produits sont dits "ouverts" car les PCB peuvent s'en échapper progressivement et être retrouvés dans leur environnement de proximité. Si la production de PCB est interdite aux Etats-Unis depuis 1977, l'utilisation de produits de colmatage contenant des PCB (mastic, anti-fuites, enduits, ...) dans les travaux de maçonnerie ou d'étanchéité des ouvrants a été largement répandue dans les années 1970. De nombreux bâtiments américains construits à cette époque sont donc susceptibles de contenir des calfeutrages renfermant des PCB, mais très peu d'études se sont penchées sur la présence actuelle des PCB dans ces immeubles et sur l'exposition potentielle de leurs occupants.

Dans ce contexte, une campagne de mesures a été réalisée durant l'été 2003 dans 24 bâtiments de la région de Boston construits dans les années 1970 afin d'estimer la présence de PCB dans les calfeutrages. Des PCB ont été détectés dans plus de la moitié des bâtiments (13/24). Dans un tiers des ouvrages (8/24), les concentrations en PCB dans les matériaux de calfeutrage (de 70,5 à 36 600 ppm avec une moyenne de 16 654 ppm par unité de poids) étaient supérieures à la valeur limite de 50 ppm

(seuil au delà duquel, selon les recommandations de l'agence américaine de protection de l'environnement formulées en 1998, les matériaux solides renfermant des PCB doivent faire l'objet de procédures de décontamination). Parmi ces bâtiments, on trouve principalement des écoles, des universités et d'autres établissements publics. Dans une très large majorité des cas (7/8), le composé identifié est l'Aroclor 1254, mélange complexe de composés biphényles chlorés (environ 59 à 71% de pentachlorobiphényle, 22 à 27% d'hexachlorobiphényle et 5 à 10% de tétrachlorobiphényle).

Même si cette étude a été réalisée sur un nombre restreint de bâtiments, ses résultats indiquent que les PCB sont fréquemment présents à des concentrations élevées dans les calfeutrages des bâtiments américains construits depuis pourtant maintenant une trentaine d'années. S'appuyant sur les résultats d'une enquête préalable dans les locaux d'une université américaine indiquant aussi, outre des teneurs en PCB dans les calfeutrages excédant largement la limite de 50 ppm (jusqu'à 33 000 ppm), la présence de PCB dans l'air intérieur (111 à 393 ng/m³) et dans les poussières prélevées dans les systèmes de ventilation (< 1 ppm à 81 ppm), ces données suggèrent qu'une contamination de l'environnement intérieur à partir des anciens matériaux de calfeutrage reste probable. Elles confirment ainsi des observations allemandes et scandinaves qui rapportent une relation entre la présence de PCB dans les matériaux de calfeutrage et les concentrations dans l'air et les poussières intérieures ainsi que dans les sols autour des fondations des bâtiments.

Les teneurs en PCB dans l'air à l'intérieur des bâtiments étaient 1,8 à 180 fois plus élevées que celles mesurées à l'extérieur, témoignant de la présence de sources intérieures de PCB. D'autres travaux indiquent par ailleurs une élévation des concentrations sanguines en PCB chez des enseignants allemands travaillant dans des établissements construits avec des calfeutrages riches en PCB. La présence de PCB dans les murs des écoles est une préoccupation particulière car ces composés sont notamment reconnus comme des agents toxiques sur le développement. Si ces résultats indiquent qu'il est nécessaire de faire procéder au remplacement des produits de calfeutrage dans les bâtiments construits dans les années 1970, ces opérations de décontamination doivent être réalisées dans des conditions de protection particulièrement strictes afin d'éviter non

seulement une contamination de l'environnement de proximité et des occupants des locaux, mais aussi l'exposition des travailleurs chargés de ces opérations. Des études scandinaves ont en effet montré, malgré l'utilisation et le port de dispositifs de protection, des concentrations sanguines en PCB trois fois plus élevées chez des ouvriers chargés de ces opérations de réhabilitation que dans la population générale.

Source : Herrick R.F., McClean M.D., Meeker J.D., Baxter L.K., Weymouth G.A. ; An unrecognized source of PCB contamination in schools and other buildings ; Environmental Health Perspectives, 112(10) [2004], 1051 – 1053

Article analysé par : Luc MOSQUERON, Vincent Nedellec Consultants ; luc.mosqueron@ymc-sante.fr



LIEUX DE VIE

Absentéisme et concentration en CO₂ dans des écoles américaines

L'objectif de l'étude de Shendell *et al.* était d'explorer la relation entre les concentrations en CO₂ (ou plus exactement le différentiel entre le CO₂ intérieur et le CO₂ extérieur, noté dCO₂) et l'absentéisme des élèves. Ainsi, en 2000 et 2001, 436 classes (âge moyen des bâtiments de 45 ans), dont 25 classes préfabriquées, appartenant à 22 écoles primaires des Etats de Washington et de l'Idaho ont été enquêtées. Seules 2 de ces classes ne disposaient pas de système individuel de ventilation mécanique. L'échantillonnage de ces 22 écoles (sur 224) a privilégié les écoles primaires situées en ville et/ou dans les districts les plus densément peuplés, ayant des classes disposant de système de ventilation indépendant (incluant chauffage, ventilation et air conditionné) et dans lesquelles les données d'absentéisme par classe étaient disponibles. L'enquête environnementale a été conduite par des techniciens qui ont visité chacune des classes à des moments divers dans la journée : 45,8% le matin, 9,7% pendant le déjeuner et 44,4% l'après-midi. Le CO₂ a été mesuré à deux reprises, pas plus de 5 minutes en moyenne à chaque fois. La première mesure était réalisée au centre de la classe à hauteur des élèves assis, à 1 mètre de ceux-ci, et la seconde dans l'air arrivant au système de ventilation. Les appareils de mesure ont été calibrés régulièrement pendant l'étude. Le différentiel entre les 2 mesures a ensuite été calculé.

L'absentéisme par jour de classe a été saisi par le technicien sur un tableur à partir des données fournies par l'administration de chaque école. Ensuite, un taux de présence annuel et un taux de présence avant l'enquête ont été calculés. De plus, des données démographiques et socio-économiques ont été collectées pour chaque école : sexe, groupe ethnique et participation à des repas gratuits

subventionnés. Les données d'absentéisme ont été analysées dans des modèles multivariés avec en variables explicatives le différentiel de CO₂ int./ext., le pourcentage d'élèves participant au programme de repas gratuits, le niveau de la classe, le type de bâtiments (préfabriqués ou non), l'état et les pourcentages d'enfants blancs et/ou hispaniques.

Des travaux, il ressort que 45% des classes ont un différentiel de concentration en CO₂ intérieur/extérieur supérieur à 1000 ppm et 4,5% une concentration au-dessus de 2000 ppm. Une augmentation de 1000 ppm du différentiel de CO₂ int./ext. est liée significativement à une diminution de 0,5 et 0,9% des taux de présence annuel et pré-enquête (soit une augmentation de 10-20% du taux d'absentéisme), après prise en compte de trois autres facteurs également liés au taux de présence : le type de bâtiments (plus d'absentéisme dans les bâtiments préfabriqués que dans les traditionnels), le pourcentage d'élèves participant aux programmes de repas gratuits (plus d'absentéisme si ce pourcentage est élevé) et le pourcentage d'enfants d'origine hispanique (moins d'absentéisme si ce pourcentage est élevé).

On retiendra notamment les taux de ventilation faibles (différentiel CO₂ int./ext. supérieur à 1000 ppm dans près de la moitié des salles enquêtées, soit d'après les auteurs un débit de ventilation inférieur à 7,5 L/s.personne), malgré les systèmes de ventilation systématiquement présents dans les salles de classe. A noter également une relation positive entre absentéisme et concentration de CO₂ en milieu scolaire, en faveur de l'hypothèse de l'augmentation de la transmission des infections respiratoires entre enfants dans des locaux mal ventilés.

La principale limite de l'étude est le temps extrêmement bref des mesures de CO₂ (5 minutes) un jour donné, à un horaire différent selon les écoles. Les auteurs argumentent d'une part qu'une seule mesure dans des locaux ventilés suffit, et d'autre part que l'erreur éventuelle de mesure du fait de la brièveté de la mesure ne pourrait que réduire l'association avec l'absentéisme. Il est néanmoins dommage que les auteurs n'aient pas mieux standardisé le moment de cette mesure, en imposant que la mesure se fasse, par exemple, « après 2 heures de présence des élèves dans la classe ». Deux autres limites à l'étude, à l'impact moindre néanmoins, résident dans le fait que certaines données (comme

les paramètres "ethnicité", "repas gratuits") ont été obtenues à l'échelle de l'école et non de la classe, et que les données d'absentéisme ont été recueillies de façon rétrospective à partir de données administratives. Au bilan, on retiendra le caractère tout à fait novateur de cette étude.

Source : Shendell D.G., Prill R., Fisk W.J., Apte M.G., Blake D., Faulkner D. ; Associations between classroom CO₂ concentrations and student attendance in Washington and Idaho ; *Indoor Air*, 14(5) [2004], 333 – 341

Article analysé par : Claire SEGALA, SEPIA-Santé ; sepia@sepia-sante.com



EFFETS SANITAIRES

Exposition prénatale aux pesticides, poids et taille à la naissance dans une cohorte urbaine de migrants

Cet article concerne l'analyse de données complémentaires¹ d'une cohorte d'enfants nés à l'Hôpital *Mount Sinai* de New York (étude *Children Environmental Study*). L'objectif était d'examiner les effets de l'exposition aux pesticides résidentiels durant la grossesse sur le développement fœtal et neurocomportemental. Les premiers résultats publiés montraient un niveau moyen d'exposition des mères particulièrement élevé (mesuré par dosage des métabolites urinaires du chlorpyrifos : TCPy²) soit 11,3 µgTCPy/g de créatinine, alors que dans les études nationales nord-américaines NHANES³ et NHEXAS⁴, ce niveau moyen était respectivement de 2,2 et 4,6 µg/g de créatinine. Les résultats montraient également une corrélation inverse entre la concentration en chlorpyrifos dans le plasma du cordon ombilical et le poids et la taille de naissance. L'analyse des nouvelles données comprend deux pesticides supplémentaires (diazinon et propoxur) et le dosage des pesticides dans l'air "personnel" des mères pendant la grossesse comme dans le plasma du cordon ombilical. L'enquête s'est déroulée de 1998 à 2002, les mères fumeuses étaient exclues de la cohorte.

Contrôlée pour les facteurs de confusion possibles (âge et poids de la mère, gain de poids pendant la grossesse, sexe de l'enfant, naissances multiples, ethnie, exposition passive à la fumée de tabac, saison de naissance, accouchement par césarienne et niveau socioéconomique, consommation d'alcool, niveau d'exposition aux hydrocarbures aromatiques polycycliques⁵), l'analyse des données ne montre pas d'association entre le niveau d'exposition atmosphérique personnel des mères et le poids, la taille ou la circonférence de la tête à la naissance. En revanche, les données montrent une corrélation significative entre les concentrations atmosphériques personnelles et les concentrations dans le plasma.

Le modèle de régression contrôlant les covariables indique une décroissance du poids et de la taille à la naissance respectivement de 42,6 grammes (IC_{95%} : -88,8 à -3,8 ; $p = 0,03$) et 0,24 centimètres (IC_{95%} : -0,47 à -0,01 ; $p = 0,04$) par unité log (ln{pg/g}) de concentration en chlorpyrifos dans le plasma du cordon. La somme (ajustée pour le potentiel toxique)⁶ des concentrations plasmatiques en chlorpyrifos et diazinon est aussi inversement corrélée ($p = 0,05$) avec le poids et la taille de naissance. La moyenne des poids de naissance chez les enfants les plus exposés était 186,3 g (IC_{95%} : -375,2 à -45,5 ; $p = 0,03$) inférieure à la moyenne des enfants moins exposés. L'association entre poids et taille de naissance et exposition au chlorpyrifos et au diazinon était fortement significative ($p = 0,007$) chez les enfants nés avant 2000-2001 (année de l'interdiction de l'usage résidentiel du chlorpyrifos et du diazinon). Chez les enfants nés après cette date, les niveaux d'exposition étaient clairement moins élevés et l'association avec le poids de naissance n'était plus visible ($p > 0,8$). Les concentrations en métabolites du propoxur (2-isopropoxyphenol) dans le plasma étaient inversement corrélées à la taille de naissance (limite de signification $p = 0,05$) après contrôle sur le chlorpyrifos et le diazinon.

Les auteurs concluent que l'exposition des mères au chlorpyrifos retarde la croissance fœtale et que le diazinon contribue à cet effet. Ces résultats confirment l'intérêt des mesures d'interdiction prises par l'US-EPA* pour l'usage résidentiel de ces deux molécules.

Analyse de l'article

La transformation des valeurs de concentrations plasmatique et aérienne en valeur log pour normaliser les distributions est correctement justifiée, tout comme l'utilisation d'une valeur par défaut égale à la limite de quantification divisée par deux pour les résultats d'analyse inférieurs à la limite de quantification. La corrélation observée entre l'exposition au chlorpyrifos et la diminution du poids de naissance, ainsi que l'amplification de l'effet lors d'une coexposition chlorpyrifos + diazinon confirment les données expérimentales chez l'animal. Cependant le mécanisme d'effet (diminution du poids de naissance) reste obscur. L'absence d'association entre les concentrations aériennes et la diminution du poids de naissance peut être due à l'existence d'autres voies d'exposition notamment l'alimentation. Une des limites de l'étude vient du fait qu'on ignore à quel point les concentrations plasmatiques au moment de l'accouchement représentent correctement le niveau d'exposition des mères durant toute la grossesse. Outre l'observation d'un effet néfaste sur la reproduction, cette étude confirme le bénéfice sanitaire lié à l'interdiction d'usage résidentiel du chlorpyrifos et du diazinon prise par l'US-EPA* en 2001.

1 : Parmi les publications de l'étude *Children Environmental Study*, l'article publié en 2003 dans *Environmental Health Perspectives* a été analysé dans le n°6 du bulletin *Info Santé Environnement Intérieur* (2003) : Berkowitz J. *et al.*, Exposure to Indoor Pesticide during Pregnancy in a Multiethnic, Urban Cohort G.S., *Environmental Health Perspectives*, 111(1) [2003], 79 – 84

2 : TCPy = 3,5,6-trichloro-2-pyridinol = métabolite urinaire du chlorpyrifos

3 : NHANES = National Health and Nutrition Examination Survey

4 : NHEXAS = National Human Exposure Assessment Survey

5 : La prise en compte des variables socioéconomiques, de la consommation d'alcool et de l'exposition aux HAP n'ayant aucun effet sur les résultats (force des corrélations, dimension de l'intervalle de confiance, ajustement du modèle, valeurs des estimateurs et niveau de signification des autres variables incluses dans le modèle), ces variables ont été exclues de l'analyse statistique.

6 : Selon les travaux de l'US-EPA* sur l'évaluation des risques pour les expositions cumulatives aux organophosphates, le diazinon est considéré comme 6 fois moins toxique (pour le même effet) que le chlorpyrifos.

Source : Whyatt R.M., Rauh V., Barr D.B. *et al.* ; Prenatal insecticide exposures and birth weight and length among an urban minority cohort ; *Environmental Health Perspectives*, 112(10), 1125 – 1132

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

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

Numéro Spécial *Indoor Air*, Volume 14, Supplément 7, Août 2004

- Olesen B.W. ; International standards for the indoor environment
- Holmer I. ; Cold but comfortable? Application of comfort criteria to cold environments
- de Dear R. ; Thermal comfort in practice
- Toftum J. ; Air movement - good or bad?
- Sundell J. ; On the history of indoor air quality and health
- Wargocki P. ; Sensory pollution sources in buildings
- Wyon D.P. ; The effects of indoor air quality on performance and productivity
- Seppanen O.A., Fisk W.J. ; Summary of human responses to ventilation
- Nazaroff W.W. ; Indoor particle dynamics
- Weschler C. J. ; Chemical reactions among indoor pollutants: what we've learned in the new millennium
- Hanssen S.O. ; HVAC – the importance of clean intake section and dry air filter in cold climate
- Clausen G. ; Ventilation filters and indoor air quality: a review of research from the International Centre for Indoor Environment and Energy
- Bornehag C.G. *et al.* ; Dampness in buildings as a risk factor for health effects, EUROEXPO: a multidisciplinary review of the literature (1998-2000) on dampness and mite exposure in buildings and health effects, *Indoor Air*, 14(2) [2004], 243 – 257
- Scarborough T.E. ; Indoor air pollution: A health concern ; *Pediatric Annals*, 33(7) [2004], 471 – 473
- Boffetta P. ; Epidemiology of environmental and occupational cancer ; *Oncogene*, 23(38) [2004], 6392 – 403
- Fung F., Clark R.F. ; Health effects of mycotoxins: A toxicological overview ; *Journal of Toxicology-Clinical Toxicology*, 42(2) [2004], 217 – 234
- Valent F. *et al.* ; Burden of disease attributable to selected environmental factors and injury among children and adolescents in Europe ; *Lancet*, 363(9426) [2004], 2032 – 2039
- Tan Z.C., Zhang Y.H. ; A review of effects and control methods of particulate matter in animal indoor environments ; *Journal of the Air & Waste Management Association*, 54(7) [2004], 845 – 854

INFORMATIONS DIVERSES

Politiques publiques

Dans le cadre de la mise en œuvre du plan d'action Santé Environnement 2004-2010 de la Commission européenne, une conférence internationale s'est tenue les 2 et 3 décembre 2004 en Hollande (alors à la présidence de l'Union européenne) pour concrétiser les actions à mener identifiées lors de la conférence interministérielle de Budapest (juin 2004 ; cf. bulletin *Info Santé Environnement Intérieur* N°9). Parmi les thèmes principaux traités lors de ces deux jours, on peut citer le biomonitoring humain, les systèmes d'information et de communication, la recherche, la qualité de l'air intérieur et la pollution générée par les transports. Les États-Membres ont présenté leurs expériences respectives et tout particulièrement les programmes de recherche financés par la Commission européenne dans chacun de ces domaines.

Les documents de travail préparés en vue de ces échanges sont consultables sur Internet. Le texte propre à la qualité de l'air intérieur rappelle les enjeux sanitaires, les besoins et les contributions attendues des parties prenantes aux échelles internationale, européenne et nationale, ainsi les efforts à prévoir par l'industrie. En annexe de ces considérations somme toute générales, sont compilées les actions et projets pilotés par les différentes directions de la Commission :

- DG SANCO (santé et consommation) : projet THADE (dont le rapport final est présenté ci-après) ; projet INDEX visant à établir des valeurs guides pour plusieurs polluants classiquement rencontrés dans l'air intérieur ayant des effets sanitaires reconnus (rapport à paraître sous peu) ;

- DG Enterprise : Directive Produits de Construction (DPC) (89/106/EEC) et son exigence essentielle N°3 visant à définir les critères sanitaires des matériaux de construction ;
- DG TREN (énergie et transports) : directive relative aux performances énergétiques des bâtiments (2002/91/EC) ;
- DG RTD (recherche et développement technologique) : projet EnVIE relatif aux effets sanitaires des polluants de l'air intérieur, financé par le 6^{ème} PCRD (en cours) et piloté par le Centre scientifique et technique du bâtiment ;
- DG ENV ;
- Centre commun de recherche de Ispra (JRC) : projet AIRMEX s'attachant à caractériser la QAI* dans des bâtiments publics, écoles et crèches (finalisation prévue pour fin 2005) ; action concertée *Urban Air, Indoor Environment and Human Exposure*, travaillant actuellement sur l'analyse et l'harmonisation des dispositifs européens de labellisation des matériaux de construction ; projet PEOPLE (exposition aux polluants atmosphériques dans 10 villes européennes) ; laboratoire INDOORTRON.

➔ Pour plus d'informations :

http://europa.eu.int/comm/environment/health/conf_en.htm
<http://indoorairenvie.cstb.fr/>

Normalisation

Deux normes relatives à l'air intérieur sont parues en novembre 2004 :

- **NF ISO 16000-1 : Air intérieur – Partie 1 : aspects généraux de la stratégie d'échantillonnage.** Cette première partie de la norme ISO 16000 traite de l'importance de la stratégie d'échantillonnage à mettre en œuvre en fonction du microenvironnement à investiguer et des objectifs des mesurages. Elle concerne tout type d'environnement intérieur, à l'exception des locaux industriels à pollution spécifique. Les établissements recevant du public et les habitacles automobiles sont par exemple pris en compte ;
- **NF ISO 16000-2 : Air intérieur – Partie 2 : stratégie d'échantillonnage du formaldéhyde.** Ce second volet de la norme ISO 16000 concerne spécifiquement le formaldéhyde.

Le 10 décembre 2004, une thèse de doctorat intitulée "**Définition d'une méthodologie d'évaluation des procédés d'élimination des composés organiques volatils (COV) de l'air intérieur**" a été soutenue à l'École des Mines de Nantes. Cette thèse, réalisée au Centre scientifique et technique du bâtiment, avait pour objectif d'approfondir les connaissances sur les procédés d'élimination des COV, à des concentrations se rapprochant de celles rencontrées dans l'air intérieur, en vue d'établir une méthodologie d'évaluation de leur efficacité.

En effet, afin de réduire la pollution organique de l'air intérieur, la recherche s'oriente de plus en plus vers des procédés d'épuration montrant une efficacité pour l'élimination des COV. Toutefois les performances de tels procédés demandent à être évaluées dans des situations se rapprochant de leurs conditions d'utilisation.

Cette étude doctorale a permis dans un premier temps, de concevoir et développer des outils permettant d'estimer les performances de procédés pour l'élimination de faibles concentrations de COV. Deux enceintes expérimentales de volumes différents, ainsi qu'un système de génération d'air exempt d'hydrocarbures, ont été réalisés. Parallèlement, deux méthodes de génération d'air vicié, permettant de simuler un pic ou une émission continue de pollution, ont également été mises au point.

Dans un deuxième temps, trois procédés de traitement d'air ont été étudiés : l'adsorption sur charbon actif, l'oxydation photocatalytique et le traitement de l'air par les plantes d'intérieur. L'influence de différents paramètres sur l'efficacité de ces procédés a été évaluée en réacteur discontinu et continu, selon une approche cinétique.

En ce qui concerne l'adsorption, les essais ont été réalisés en présence de grains de charbon actif et d'adsorbants fibreux carbonés. Les résultats obtenus ont montré que les vitesses initiales d'adsorption sont influencées par les propriétés physico-chimiques de l'adsorbant et du polluant, ainsi que par le niveau d'agitation. La saturation progressive de l'adsorbant après plusieurs injections de polluants a été mise en évidence ainsi que l'existence d'une relation entre la vitesse initiale d'adsorption et la quantité de polluant adsorbée sur le matériau. Les limites du traitement par adsorption dans le cas d'une émission continue de pollution ont été soulignées.

Pour l'étude du procédé d'oxydation photocatalytique, les expérimentations ont été réalisées en présence de dioxyde de titane. Les influences de l'humidité et de la quantité de photocatalyseur sur la dégradation d'un polluant cible ont été évaluées. Les résultats ont mis en évidence un effet négatif de l'humidité dans la gamme étudiée et l'identification des intermédiaires de réaction a également été examinée.

Enfin, la possibilité d'un traitement de l'air par les plantes d'intérieur a été évaluée en réalisant des expérimentations sur trois espèces différentes. L'approche développée a permis de déterminer, dans les conditions expérimentales établies, l'élément de la plante responsable du phénomène d'élimination.

Ainsi, la méthodologie d'évaluation développée a permis de déterminer l'influence de divers facteurs sur l'élimination de COV, d'étudier les performances à plus ou moins long terme de ces procédés et d'évaluer leur efficacité face à un pic ou une émission continue de pollution.

➔ Pour plus d'informations, contacter Gaëlle BULTEAU : bulteau@cstb.fr

Sur le web

Sur la base des résultats de la campagne pilote de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur menée en 2001, **l'Institut de veille sanitaire** a mené un travail intéressant visant à analyser notamment l'influence du budget espace-temps (BET) et des modalités d'appréciation des concentrations intérieures, sur **l'estimation des expositions**. En effet, les concentrations d'exposition domestique quotidienne (CEDQ), selon l'usage qu'il est prévu d'en faire, peuvent être soit directement prises égales aux concentrations mesurées durant la période de la journée passée dans l'habitat, soit rapportées sur une journée complète. Par ailleurs, ont été évaluées l'influence du pas de temps des BET (10 minutes pour le carnet journalier et

15 minutes pour le semainier), l'influence de l'agrégation du BET (temps quotidien passé dans l'habitat considéré globalement sans distinction des temps passés dans chaque pièce ; la concentration intérieure étant alors égale à la moyenne des concentrations du logement) et l'influence combinée de tous ces paramètres.

Estimation de l'exposition des populations aux polluants présents à l'intérieur des habitations, Dor F., Zeghnoun A., Brosselin P., Institut de Veille Sanitaire ; Décembre 2004 – 79 pages

➔ <http://www.invs.sante.fr/> > Rubriques *Publications > Santé Environnement*

Deux nouveaux documents ont été mis en ligne sur le site de **l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur**.

L'inventaire des études françaises sur la qualité de l'air intérieur des bâtiments a été enrichi des études réalisées entre 2001 et 2004. Cet inventaire rassemble les nouvelles données françaises et en étudie leur validité en terme de métrologie, de représentativité et d'extrapolation. Après un chapitre présentant les études et programmes de recherche terminés ou en cours, des sections détaillées présentent, par polluant (dioxyde d'azote, monoxyde de carbone, composés organiques volatils, aldéhydes, éthers de glycol, particules inertes, biocontaminants, légionelles, radon et fumée de tabac environnementale) les données acquises dans les habitats, les écoles et crèches, les bureaux et le cas échéant les autres types de locaux.

Une revue des études européennes et américaines, portant sur la qualité de l'air intérieur dans les milieux résidentiels et comparables à celles menées par l'OQAI* a été réalisée par Vincent Nedellec Consultants.

Sont ainsi décrites les études d'expologie (évaluation de l'exposition des populations) et les études épidémiologiques comportant un volet propre à l'évaluation de l'exposition des populations dans les milieux intérieurs. Seules les campagnes de mesure considérées comme représentatives (échantillon tiré au sort avec protocoles validés par des experts nationaux ou internationaux, mesures répétées dans le temps et dans l'espace) ont été sélectionnées.

Inventaire des données françaises sur la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments : Actualisation des données sur la période 2001-2004, Observatoire de la qualité de l'air intérieur, Vincent Nedellec Consultants, réf. DDD/SB-2004-044 ; Octobre 2004 – 61 pages

Revue des enquêtes sur la qualité de l'air intérieur dans les logements en Europe et aux Etats-Unis, Observatoire de la qualité de l'air intérieur, Vincent Nedellec Consultants, réf. DDD/SB-2004-045 ; Octobre 2004 – 55 pages

➔ <http://www.air-interieur.org/> > Rubriques *Bibliothèque > Rapports et études*

Une étude menée en 2002 et 2003 par le **comité Nord-Pas de Calais de l'Association pour la prévention de la pollution atmosphérique (APPA)** avait pour objectif de **connaître l'impact des chauffages d'appoint au pétrole sur la qualité de l'air intérieur**, et d'étudier plus précisément les concentrations induites de monoxyde de carbone (CO). Les intoxications oxycarbonées occasionnent en effet 40 décès et 1000 hospitalisations par an dans la région, ce qui a fait de la thématique un des axes prioritaires du PRASE, Programme Régional d'Action Santé Environnement. Cette étude de l'APPA a permis de mesurer, pendant des périodes d'une semaine, les concentrations de CO dans 23 logements de la communauté urbaine de Lille abritant tous un ou

plusieurs poêles à pétrole. Malgré le faible nombre de logements étudiés, il a clairement été mis en évidence un impact direct du poêle sur les concentrations intérieures en CO. Des dépassements des valeurs guides de l'Organisation mondiale de la santé ont été constatés dans 4 des 23 logements. Les concentrations intérieures de CO varient particulièrement en fonction de la ventilation de la pièce et de l'entretien du poêle.

Diagnostic de l'impact des chauffages au pétrole sur le monoxyde de carbone dans les logements, Chambon C., Schadkowski C., APPA Nord-Pas de Calais ; Mars 2004 – 63 pages

➔ <http://www.appanpc-asso.org/> > Rubriques *Études > Exposition et Air intérieur*

L'établissement de **valeurs guides pour la qualité de l'air intérieur** (hors hygiène professionnelle) est une question d'actualité en France. En 2000, l'Organisation mondiale de la santé (OMS), dans la 2^{ème} édition de ses valeurs guides pour la qualité de l'air, avait introduit un chapitre propre aux polluants de l'environnement intérieur. Radon, fumée de tabac environnementale et fibres minérales artificielles y sont précisément étudiés. Cependant, aucune valeur guide n'est fixée par l'OMS pour ces polluants. Par ailleurs, de nombreux pays, pour certains depuis plusieurs années déjà (Canada depuis 1987), proposent des valeurs guides pour l'air intérieur. En **Angleterre**, la réflexion sur le sujet, engagée en 2001, a abouti en **décembre 2004** par la publication d'un document, qui après une partie rappelant les polluants de l'air intérieur, leurs sources et les moyens de les réduire, fournit des valeurs guides. Il est clairement précisé par les auteurs que ces valeurs n'ont aucunement vocation à devenir réglementaires.

Les valeurs guides proposées sont destinées à trois groupes de population principalement :

- les fabricants de matériaux et produits susceptibles de relarguer des composés volatils dans l'air intérieur ;
- les architectes et ingénieurs du bâtiment que ces valeurs doivent aider à la fixation des taux de ventilation ;
- les propriétaires et locataires, afin qu'ils disposent d'un recueil de valeurs leur permettant de positionner les niveaux de concentration mesurés dans leur logement.

La fixation de valeurs guides a concerné des polluants couramment rencontrés dans l'environnement intérieur et présentant des effets sanitaires connus. Les particules ont été exclues par les auteurs estimant que la fixation d'une valeur était inadéquate pour le moment. D'autres polluants sont susceptibles d'être intégrés ultérieurement à la liste définie à ce jour et rapportée dans le tableau suivant.

Valeurs guides pour la qualité de l'air intérieur proposées par le COMEAP, UK, en décembre 2004

	Valeur guide	Durée d'exposition
Dioxyde d'azote	300 µg/m ³	1 heure
	40 µg/m ³	<i>Année (Valeur provisoire)</i>
Monoxyde de carbone	100 mg/m ³	15 minutes
	60 mg/m ³	30 minutes
	30 mg/m ³	1 heure
	10 mg/m ³	8 heures
Formaldéhyde	100 µg/m ³	30 minutes
Benzène	5 µg/m ³	Année
Benzo(a)pyrène	0,25 ng/m ³	<i>Année (Valeur provisoire)</i>

Guidance on the Effects on Health of Indoor Air Pollutants, Committee on the Medical Effects of Air Pollutants, Department of Health ; December 2004 – 55 pages

→ <http://www.advisorybodies.doh.gov.uk/comeap/PDFS/guidanceindoorairqualitydec04.pdf>

Le dernier **congrès annuel britannique sur les recherches relatives à la qualité de l'air** a de nouveau accordé en 2004 une large place à la qualité de l'air intérieur. Les études présentées concernaient :

- l'identification et l'analyse des pics de pollution (oxydes d'azote, monoxyde de carbone, PM₁₀*, formaldéhyde et composés organiques volatils totaux) dans un panel de 37 maisons investiguées en hiver, puis en été ;
- la contamination des logements par les hydrocarbures suite à des accidents du type fuite d'une cuve de fuel domestique dans une habitation ou bien contamination massive des sols consécutive à la fuite d'un réservoir de fuel domestique commun à tout un quartier résidentiel ;
- la formation de nanoparticules pendant la cuisson des aliments ;

- les expositions intérieures et extérieures aux PM_{2,5}* d'une population de citoyens ;
- les expositions aux particules dans le métro londonien (comptage en nombre et caractérisation chimique de la fraction PM_{2,5}*) ;
- le développement d'un modèle multi-zones dérivé du code CFD (*Computational Fluid Dynamics*) COMIS ;
- les relations air extérieur / air intérieur issues de l'étude RUIPOH (*Relationships between Ultrafine and Fine Particulate Matter in Indoor and Outdoor Air and Respiratory Health*).

Proceedings of the 8th Annual UK Review Meeting on Outdoor and Indoor Air Pollution Research, 29 – 30 March 2004, MRC Institute for Environment and Health, Leicester, UK ; December 2004 – 147 pages
➔ <http://www.le.ac.uk/ieh/>

L'EFA, European Federation of Allergy and Airways Disease Patients' Associations, fédération de 41 associations européennes de patients allergiques répartis dans 23 pays, pilote le programme THADE, *Towards Healthy Air in Dwellings in Europe*, lancé en 2002 et financé par la Commission européenne. Les rapports issus des différents travaux des groupes d'experts ont été régulièrement mis en ligne (cf. bulletins *Info Santé Environnement Intérieur* N°8 et N°10).

Le **rapport final du projet** est disponible depuis fin 2004. Il rappelle les déterminants de la qualité de l'air intérieur, les données spécifiques de la QAI* dans les habitations européennes, les effets sanitaires corrélés, les valeurs guides et réglementaires disponibles dans les États-Membres et fournit une liste de recommandations visant à garantir une bonne QAI*.

Towards Healthy Air in Dwellings in Europe. The THADE Report ; 2004 – 96 pages
➔ <http://www.efanet.org/imgs/pdf/THADEfinal.pdf>

L'institut américain **Health Effects Institute** a une production dense et régulière de rapports faisant référence pour l'identification des effets sanitaires de la pollution atmosphérique et la quantification de ses impacts. En début d'année 2005, est parue une étude relative aux **expositions personnelles, intérieures et extérieures aux PM_{2,5}*** de deux groupes de non-fumeurs âgés de 50 à 84 ans résidant à Amsterdam et Helsinki, et souffrant de troubles cardiovasculaires. Il ressort, entre autres, de ces travaux que les corrélations entre les différentes expositions (mesurées en µg/m³) sont élevées, et plus particulièrement entre exposition personnelle et concentration intérieure dans l'habitat, ce qui était prévisible compte tenu de la fraction de temps quotidien élevée passée dans le logement par la population considérée. En revanche, les auteurs retiennent le fait que les concentrations extérieures et intérieures en PM_{2,5}* sont toutes deux des déterminants significatifs des expositions. Deux éléments empêchent cependant la généralisation de ces observations. D'une part, les stations de mesure des concentrations extérieures étaient toutes à

proximité des résidences des personnes des deux groupes d'étude, ce qui n'est pas nécessairement le cas des stations de fond urbaines de référence des études épidémiologiques. D'autre part, l'extrapolation à d'autres villes européennes, dans un autre contexte climatique en outre, est limitée par le fait que les typologies constructives sont différentes. En Hollande et Finlande, la cuisson, par exemple, se fait principalement au gaz naturel, ce qui n'est pas nécessairement le cas des autres villes et peut avoir une influence non négligeable sur les expositions aux poussières fines.

On peut signaler également le rapport paru en novembre 2004 sur l'évaluation par capteur individuel des expositions aux particules dans les différents micro-environnements (*Research Report 122*).

Personal, indoor, and outdoor exposures to PM in cardiovascular patients, Health Effects Institute, Research Report 127, Brunekreef *et al.* ; January 2005 – 90 pages
➔ <http://www.healtheffects.org/Pubs/Brunekreef.pdf>

Dans le domaine de la contamination fongique de l'environnement intérieur, la publication de deux documents américains est à signaler. D'une part, un **guide complet d'aide au diagnostic des moisissures** a été élaboré, en partenariat avec l'US-EPA*, par le département de médecine environnementale et professionnelle de **l'Université du Connecticut**. A destination des médecins généralistes, il fournit des grilles de lecture pour les symptômes sanitaires rapportés par les patients et des questionnaires visant à identifier et comprendre la présence éventuelle de moisissures et d'humidité dans les locaux. L'état des connaissances sur les effets sanitaires des moisissures est rappelé au lecteur. Plusieurs études de cas de contamination fongique dans des écoles sont présentées à titre d'exemple. D'autre part, un rapport du **département de la santé de l'Etat du Texas** fournit la liste exhaustive des **dispositions réglementaires pour l'identification et la remédiation des moisissures** présentes dans les logements et établissements recevant du public.

Ce document est à destination des propriétaires de ces bâtiments (obligations, recours en justice possibles, ...), ainsi que des travailleurs chargés de l'élimination des moisissures (formation, autorisations nécessaires, ...).

Guidance for Clinicians on the Recognition and Management of Health Effects Related to Mold Exposure and Moisture Indoors, Storey E., Dangman K., Schenck P., DeBernardo R., Yang C., Bracker A., Hodgson M., University of Connecticut Health Center, Division of Occupational and Environmental Medicine, Center for Indoor Environments and Health, Farmington ; September 2004 – 120 pages

➔ <http://www.oehc.uhc.edu/clinser/MOLD%20GUIDE.pdf>

Texas Mold Assessment and Remediation Rules, Indoor Air Quality Program, Toxic Substances Control Division, Texas Department of Health, Austin, Texas, Publication #2-15 ; May 2004 – 72 pages

➔ <http://www.baq1.com/txmold.pdf>

Parmi la littérature scientifique recueillie par la veille scientifique RSEIN ces derniers mois, on a pu noter plusieurs articles traitant des **politiques publiques de lutte contre le tabagisme** sous l'angle de l'impact sur la qualité de l'air intérieur et de l'acceptation sociale des mesures anti-tabagisme. Le bulletin épidémiologique hebdomadaire des CDC (*Centers for Disease Control*) du 12 novembre 2004 consacre également un article à la comparaison des niveaux intérieurs de PM_{2,5}* dans 22 lieux publics de 3 comtés à l'Ouest de New-York (restaurants, bars et bowlings).

En moyenne dans tous ces locaux, la concentration intérieure en PM_{2,5}* (exprimée en µg/m³) a diminué de 84% après l'interdiction du tabagisme.

Indoor Air Quality in Hospitality Venues Before and After Implementation of a Clean Indoor Air Law, Western New York, 2003, Morbidity and Mortality Weekly Report, November 12, 2004, Vol. 53(44), 1038 – 1041

➔ <http://www.cdc.gov/mmwr/PDF/wk/mm5344.pdf>

La présence de formaldéhyde dans l'air intérieur est un sujet largement d'actualité, également au Canada où les valeurs guides pour la qualité de l'air intérieur sont actuellement en cours de réévaluation. Le Bulletin d'information en santé environnementale, publié par **l'Institut national de santé publique du Québec**, a consacré son numéro de septembre-octobre 2004 aux **sources, concentrations et effets sur la santé du formaldéhyde**. Les concentrations en formaldéhyde mesurées dans les maisons canadiennes ces dernières années se situent dans une gamme allant de 3 µg/m³ à 107 µg/m³ (maison avec fumeur pour la fourchette haute), avec une moyenne entre 22 et 30 µg/m³ et entre 30 et 40 µg/m³ respectivement dans les maisons sans fumeurs et les maisons avec fumeurs.

L'exposition chronique à des concentrations supérieures à 50-60 µg/m³ est susceptible d'être à l'origine de troubles respiratoires chez les enfants. En revanche, les auteurs précisent qu'il n'y a pas lieu de s'inquiéter des risques de cancer associés aux concentrations habituellement mesurées dans les logements, conclusion qui diverge de celles d'autres études. Ce point mérite d'être approfondi : des travaux français en cours sous l'égide des Agences de santé publique devraient fournir de premiers résultats fin 2005 et ainsi apporter de nouveaux éléments.

Le formaldéhyde dans l'air intérieur, Sources, concentrations et effets sur la santé, Institut National de Santé Publique du Québec, Bulletin BISE, Volume 15(5), Septembre-octobre 2004

➔ <http://www.inspq.qc.ca/pdf/bulletins/bise/BISE-15-5.pdf>

Au Québec, depuis quelques années, une réflexion est engagée pour étudier et limiter l'**exposition des enfants aux pesticides utilisés en milieu résidentiel**. Il en découle la mise en place d'un nombre croissant de projets réglementaires sur l'usage résidentiel de ces produits. Cependant, peu de données existent sur les niveaux réels d'exposition des enfants québécois aux pesticides, notamment aux insecticides organophosphorés et aux herbicides chlorophénoxy utilisés pour l'entretien de pelouses. L'étude menée par l'**Institut national de santé publique du Québec** avait donc pour objectif d'améliorer les connaissances quant à l'exposition résidentielle des enfants québécois à ces substances et d'explorer l'effet de la réglementation municipale sur les niveaux d'exposition. Les métabolites urinaires des pesticides concernés ont été mesurés chez 89 enfants âgés de 3 à 7 ans répartis en 3 groupes distincts : 1- enfants résidant dans un secteur fortement réglementé et dont les parents n'utilisent pas de pesticides, 2- enfants résidant dans un secteur peu réglementé et dont les parents ont prévu

d'utiliser des pesticides, 3- enfants de ce même dernier secteur, dont les parents utilisent occasionnellement des pesticides. Un questionnaire descriptif des habitudes de vie était parallèlement distribué aux parents. Même si des corrélations avec les déterminants environnementaux et comportementaux sont difficilement identifiables à partir des résultats, du fait de lacunes dans le renseignement des questionnaires, cette étude est une des rares fournissant des données descriptives de l'exposition des enfants aux insecticides organophosphorés et aux herbicides chlorophénoxy.

Caractérisation de l'exposition aux pesticides utilisés en milieu résidentiel chez des enfants québécois âgés de 3 à 7 ans, Valcke M., Onil S., Belleville D., Dumas P., Savoie E., Bouchard M., Tremblay C., Institut National de Santé Publique du Québec, ISBN 2-550-43305-X ; Août 2004 – 135 pages

➔ <http://www.inspq.qc.ca/> > Rubrique *Publications*

Un rapport de 2003 sur l'**amiante dans l'air intérieur et extérieur**, publié par l'**Institut national de santé publique du Québec**, a été mis en ligne en février 2005. Ce document très complet fournit notamment les techniques de mesure des expositions aux fibres, les normes et les critères relatifs à ces expositions.

Fibres d'amiante dans l'air intérieur et extérieur - État de situation au Québec, Pierre Lajoie, Institut National de Santé Publique du Québec, Sous-comité de la mesure de l'exposition, ISBN 2-550-41045-9 ; Septembre 2003 – 99 pages

➔ <http://www.inspq.qc.ca/> > Rubrique *Publications*

GLOSSAIRE

COV : Composés Organiques Volatils

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

OQAI : Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur

PCB : Polychlorobiphényles

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

QAI : Qualité de l'Air Intérieur

US-EPA : US *Environmental Protection Agency* (Agence américaine de l'environnement)

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

Directeur de la publication : Georges Labroye

Directeur de la rédaction : André Cicoella

Comité de rédaction du N°11 : Cicoella A., Desqueyroux H., Dor F., Festy B., Mandin C., Nedellec V., Ramalho O., Sloïm M.

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

INERIS, Parc Technologique ALATA, BP 2, 60 550 Verneuil-en-Halatte

ISSN : En cours

Le réseau RSEIN, en relation avec l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur, est constitué de représentants des structures suivantes : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie, Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique, ATMO Poitou-Charentes représentant les Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Centre Technique du Bois et de l'Ameublement, Complexe de Recherche Interprofessionnel en Aérothermochimie, Faculté de Pharmacie de Marseille, Faculté de Pharmacie de Paris V, association Haute Qualité Environnementale, Hôpitaux de Rouen, Hôpitaux de Strasbourg, INSERM U 472, Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, Institut de Veille Sanitaire, Laboratoire Central de la Préfecture de Police de Paris, Laboratoire d'Étude des Phénomènes de Transfert Appliqués au 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, SEPIA-Santé, Vincent Nedellec Consultants.

Pour tout abonnement à la version électronique du bulletin, veuillez adresser vos coordonnées par email à : corinne.mandin@ineris.fr