



# Info Santé Environnement Intérieur

N°24  
Septembre 2008

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

### Concilier économies d'énergie et qualité de l'air intérieur

Le Grenelle de l'Environnement a opté pour des objectifs ambitieux dans le domaine du bâtiment en mettant en particulier le cap sur des bâtiments basse consommation à 50 kilowatts heure d'énergie primaire par mètre carré et par an. Cet objectif sera généralisé par la réglementation pour tous les bâtiments neufs dès 2012. Bien que confrontée à une complexité technique et économique supérieure, la diminution des consommations d'énergie dans le parc de bâtiments existants est également un objectif majeur du Grenelle.

Ainsi, les mutations dans le domaine de la construction seront profondes et porteront notamment sur la conception architecturale, l'isolation de l'enveloppe et les systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation avec, en particulier, une incitation forte pour le recours à la biomasse comme combustible.

On oppose souvent efficacité énergétique des constructions et qualité de l'air intérieur, la nécessité de conserver la chaleur (ou la fraîcheur) impliquant souvent un confinement accru des espaces clos et, en corollaire, une augmentation du niveau de contamination de l'air. Les travaux de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) ont ainsi mis en évidence l'existence d'une réduction sensible des débits de ventilation dans les bâtiments construits après la réglementation thermique du début des années 1980. Le risque d'un confinement plus important dans les bâtiments mieux isolés est donc bien présent si on ne met pas en place les solutions appropriées.

On aurait tort, et désormais chacun en a bien pris conscience, de s'engager dans le combat contre l'effet de serre sans se préoccuper des impacts en matière de santé environnementale, en particulier des conditions sanitaires et de confort des lieux de vie. Mais comment s'y prendre ?

La qualité de l'air intérieur est régie par la combinaison de trois facteurs déterminants : les occupants, les sources (de contamination) et les mouvements d'air. Il convient d'agir simultanément sur chacun de ces axes ; voudrait-on en négliger un seul que les efforts consentis sur les deux autres seraient anéantis. Il s'agit de viser la mise en place d'un véritable ensemble de mesures coordonnées.

Du côté des occupants des logements, la bonne nouvelle est que seulement 10 % d'entre eux n'ont jamais entendu parler de la qualité de l'air intérieur, que 85 % ouvrent les fenêtres au moins une fois par jour (même en hiver) et que 50 % pensent qu'il y a un risque pour la santé. L'exploitation des données de ventilation de la campagne « logements » de l'OQAI met également en lumière que les stratégies spontanées d'aération des occupants sont davantage déterminantes pour le renouvellement d'air que la diversité technique des systèmes en place. Ainsi, l'information du public à grande échelle, de même que l'organisation d'une réponse de proximité aux demandes de conseils et aux plaintes, seront des éléments clés de cet ensemble de mesures.

Concernant le contrôle des sources de contamination, pour celles de nature chimique, la réponse se situe clairement du côté du contrôle des émissions des produits industriels (produits de construction et de décoration, mobilier, produits d'entretien, électroménager...). Les bâtiments « basse consommation » ne pourront pas se permettre d'intégrer des produits fortement émissifs, notamment en composés volatils. Le Grenelle de l'Environnement propose ainsi la mise en place d'un étiquetage des produits, basé sur des limites d'intérêt sanitaire, afin que le consommateur ou le prescripteur puisse choisir en toute connaissance. *Suite en page 2*

**Christian COCHET, Centre scientifique et technique du bâtiment**

L'usage encouragé de la combustion de la biomasse devra quant à lui s'accompagner de vigoureux progrès dans l'épuration des fumées faute de voir se dégrader la qualité de l'air intérieur (et extérieur) sur des types de pollution qui semblaient appartenir au passé. Les solutions techniques à apporter aux problématiques spécifiques liées à la présence de radon ou d'autres contaminations dans les sols devront, pour leur part, également être adaptées aux contraintes énergétiques.

Une plus grande sophistication des dispositifs de gestion de l'air va poser de manière plus aiguë la question des contaminations microbiologiques de l'air et de l'entretien de ces dispositifs. En revanche, la meilleure isolation des constructions devrait diminuer les effets de condensation liés aux ponts thermiques et les infiltrations d'eau liées aux défauts d'étanchéité.

Enfin, la maîtrise des mouvements d'air va prendre une importance croissante. L'air sera à la fois vecteur thermique et source d'air neuf. La gestion de l'air à l'intérieur des bâtiments va ainsi devenir un élément central de la réduction des consommations d'énergie. En effet, les consommations induites pour réchauffer ou rafraîchir l'air entrant pourront, en proportion de l'énergie totale nécessaire au bâtiment, représenter jusqu'à 40 % des consommations dans les bâtiments les mieux isolés. Seront privilégiées pour atteindre les objectifs énergétiques : la récupération de chaleur de l'air extrait et la régulation fine des débits de renouvellement d'air en fonction de l'occupation des bâtiments et d'indicateurs suivis par des capteurs. En parallèle, on assistera à l'incorporation croissante, dans les dispositifs de gestion de l'air, de systèmes de traitement (filtration, épuration, décontamination) ayant pour objectif de diminuer les expositions aux différents contaminants, qu'ils soient apportés par l'air extérieur, générés par les produits ou activités présents dans les bâtiments ou qu'ils résultent de la présence humaine. Ces orientations devraient favoriser d'importantes innovations technologiques dans les années à venir dont il conviendra d'évaluer l'efficacité et l'innocuité.

Bien entendu, le rythme de ce changement sera conditionné par le contexte économique. Au-delà de la volonté de sauver la planète, l'augmentation du coût des énergies sera mise en balance, par les ménages et les maîtres d'ouvrage, avec les investissements à consentir pour améliorer les performances des bâtiments.

Concilier économies d'énergie et qualité de l'air intérieur est cependant plus que jamais une nécessité de santé publique incontournable. C'est une action phare du second plan national santé environnement actuellement en cours de préparation.

**Christian COCHET, Centre scientifique et technique du bâtiment**

## SOMMAIRE

Substances → p2 ; Lieux de vie → p4 ; Effets sanitaires → p10 ; Expologie – Évaluation des risques → p15 ; Informations diverses → p21

Les astérisques renvoient aux termes du glossaire. → p25

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

### Une cire pour plancher contenant des PCB, source probable de niveaux élevés de PCB dans le sang des occupants, dans l'air et dans la poussière de maison

**Source** : Rudel R.A., Seryak L.M., Brody J.G. ; PCB-containing wood floor finish is a likely source of elevated PCBs in residents' blood, household air and dust: a case study of exposure ; Environmental Health, 7(2) [2008]

**Article analysé par** : Denis BARD, École des hautes études en santé publique – EHESP ; [denis.bard@ehesp.fr](mailto:denis.bard@ehesp.fr)

Les polychlorobiphényles (PCB) ont été très largement utilisés comme isolants électriques, ignifuges, plastifiants, en traitement de surface, dans les encres, mastics, peintures..., des années 1920 jusqu'à leur interdiction dans les pays industrialisés au début des années 1980. Ces composés sont très persistants (la majeure partie des PCB\* produits

serait toujours présente dans l'environnement) et lipophiles ; ils se concentrent dans les chaînes alimentaires. Cet article évalue les expositions des habitants de maisons aux États-Unis, dont le parquet avait vraisemblablement été traité par une cire contenant des PCB\* dans sa formule commerciale.

Dans une précédente étude de la qualité de l'air intérieur de 120 maisons du Nord-Est des États-Unis conduite en 1999-2001, les auteurs avaient identifié deux maisons où les niveaux de PCB\* dans l'air et dans la poussière intérieurs étaient particulièrement élevés (somme des congénères 52, 105 et 153 respectivement dans chacune des deux maisons : 23 et 35 ng.m<sup>-3</sup> dans l'air ; 21 et 68 µg.g<sup>-1</sup> dans la poussière) <sup>(1)</sup>. Les auteurs ont voulu en 2004-2005 vérifier les résultats initiaux, évaluer les concentrations sanguines en PCB\* des résidents et tenter d'identifier la source de contamination. Les deux maisons étaient occupées chacune par deux personnes, une femme et un homme dans la première, deux femmes dans la seconde (âges non précisés). L'air a été prélevé durant 24 heures sur une cartouche personnelle (8 à 9 L.min<sup>-1</sup>). La poussière a été recueillie par aspiration sur toutes les surfaces horizontales, dans toutes les pièces fréquentées. Des échantillons de sang ont été prélevés chez les quatre résidents. Les résidents ont été interrogés sur leur consommation présente et passée de poisson (matrice d'exposition commune aux polluants organiques persistants) et leur historique de résidence dans la maison.

Les concentrations en PCB\* (somme des congénères 52, 105 et 153) dans l'air et la poussière sont restées élevées d'une période d'échantillonnage à l'autre, accrues d'un facteur 1,1 à 4,8 dans l'air et d'un facteur 35 à 317 pour la poussière par comparaison avec les résultats mesurés dans un autre échantillon (16 logements) de la même région quelques années auparavant par une autre équipe <sup>(2)</sup>. Les teneurs observées (somme de dix congénères de PCB\*) dans les prélèvements sanguins étaient supérieures au 95<sup>ème</sup> percentile (ou voisines de celui-ci) des mesures effectuées lors d'une campagne nationale aux États-Unis à la même période (pour les plus de 59 ans), chez trois occupants de ces maisons, et inférieure à la médiane chez la quatrième, résidente depuis peu. Les concentrations en 4,4'-DDE (métabolite du pesticide DDT) n'étaient en revanche pas particulièrement élevées chez ces sujets. Les résultats ne reflètent donc pas une consommation importante de graisses animales,

car les concentrations en PCB\* et 4,4'-DDE auraient alors été toutes deux élevées. Dans l'une des maisons, l'un des occupants s'est souvenu avoir utilisé une cire de marque connue durant les années 1950 à 1960, dont la formule contenait alors des PCB\*.

Les auteurs concluent qu'il est très peu vraisemblable que les niveaux élevés de PCB\* mesurés chez les occupants soient d'origine alimentaire. Ils observent aussi que les profils de congénères observés sont plus proches de ceux des sujets professionnellement exposés aux PCB\*, que de ceux de la population générale. Au final, ces résultats montrent que certaines personnes peuvent avoir été considérablement exposées aux PCB\* par une autre voie que l'alimentation. Les auteurs rappellent que des situations similaires ont déjà été rapportées dans la littérature, la source de PCB\* étant par exemple des mastics.

### **Commentaires**

Les résultats de cette étude sont sommairement présentés (l'âge des résidents n'est pas indiqué par exemple) et la présentation est confuse, ce qui complique la lecture. L'étude, de principe très simple, et portant sur seulement deux maisons, a le mérite de rappeler l'existence de sources anciennes, mais toujours actives d'exposition aux PCB\* dans des maisons de construction antérieure aux années 1980, ce qui peut permettre d'interpréter, le cas échéant, des teneurs sanguines en PCB\* aberrantes. Or, une telle situation pourrait être d'actualité si des études d'imprégnation en population sont conduites, comme cela semble être prévu suite à la récente redécouverte de la présence de PCB\* à un niveau élevé dans les poissons de plusieurs fleuves français.

(1) Rudel R.A., Camann D.E., Spengler J.D. *et al.* ; Phthalates, alkylphenols, pesticides, polybrominated diphenyl ethers, and other endocrine-disrupting compounds in indoor air and dust ; *Environmental Science & Technology*, 37(20) [2003]: 4543-53.

(2) Vorhees D.J., Cullen A.C. and Altshul L.M. ; Polychlorinated biphenyls in house dust and yard soil near a Superfund site ; *Environmental Science & Technology*, 33(13) [1999]: 2151-2156.

### **Autres articles d'intérêt sur la thématique SUBSTANCES :**

Plaisance H., Desmettres P., Leonardis T. *et al.* ; Passive sampling of glycol ethers and their acetates in indoor air ; *Journal of Environmental Monitoring*, 10(4) [2008]: 517-526.

Weschler C.J., Salthammer T. and Fromme H. ; Partitioning of phthalates among the gas phase, airborne particles and settled dust in indoor environments ; *Atmospheric Environment*, 42(7) [2008]: 1449-1460.

Moularat S., Robine E., Ramalho O. and Oturan M.A. ; Detection of fungal development in closed spaces through the determination of specific chemical targets ; *Chemosphere*, 72(2) [2008]: 224-232.

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



## LIEUX DE VIE

### Impact du scénario de ventilation sur le renouvellement d'air et sur la concentration en nombre de particules dans une salle de classe climatisée

**Source** : Guo H., Morawska L., He C. and Gilbert D. ; Impact of ventilation scenario on air exchange rates and on indoor particle number concentrations in an air-conditioned classroom ; Atmospheric Environment, 42(4) [2008]: 757-768.

**Article analysé par** : Olivier RAMALHO, Centre scientifique et technique du bâtiment – CSTB ; [olivier.ramalho@cstb.fr](mailto:olivier.ramalho@cstb.fr)

La ventilation, par son rôle d'aération et de dilution, fait partie des solutions de gestion possibles pour diminuer le niveau de polluants dans les environnements intérieurs, et en particulier dans les locaux d'enseignement. Néanmoins, son rôle ambivalent, à la fois comme source de polluants d'origine extérieure et comme puits de polluants présents à l'intérieur, rend cette gestion particulièrement difficile. Dans cette étude de cas, les auteurs ont cherché à caractériser l'impact de différents scénarios de ventilation sur le taux de renouvellement d'air et sur la concentration en nombre de particules ultrafines d'origine extérieure dans une salle de classe. Les différents scénarios impliquent une ouverture de fenêtres, la mise en route d'un système de climatisation et/ou l'utilisation de ventilateurs de plafond.

Les mesures en nombre de particules ont été réalisées dans une salle de classe climatisée (190 m<sup>3</sup>) d'une école primaire rurale d'Australie à l'aide d'un analyseur à mobilité électrique (SMPS, *Scanning Mobility Particle Sizer*) placé au centre de la pièce sur un bureau à une hauteur de 1,5 m. L'instrument permet de déterminer la distribution en taille des particules comptées dans une gamme de diamètre allant de 14 à 800 nm sur une période de balayage de 3 min. L'air prélevé est rejeté à l'extérieur. Un deuxième instrument du même type est placé sur le terrain de jeu de l'école pour la mesure en simultané des particules présentes dans l'air ambiant. Une station météorologique portable enregistre la température, l'humidité relative, la direction et la vitesse du vent. La campagne de mesure a duré deux semaines, du 4 au 20 septembre 2006. La salle de classe dispose d'une unité de climatisation murale prélevant 480 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> d'air extérieur lorsqu'elle est mise en route. Une partie de l'air est recyclée (taux de recirculation non renseigné) et le mélange « air extérieur + air recyclé » passe au travers d'un filtre grossier. Des ventilateurs de plafond sont également présents dans la salle de classe. Le taux de

renouvellement d'air a été déterminé par la mesure de la décroissance de la concentration en CO<sub>2</sub> utilisé comme gaz traceur et généré dans la pièce en l'absence des élèves, soit le week-end, soit après les heures de cours. Un questionnaire permet de noter toutes les activités dans la salle de classe, les mises en route de l'unité de climatisation et la présence de sources de particules extérieures.

La concentration en nombre de particules dans la salle de classe était en moyenne de 2 000 particules.cm<sup>-3</sup> (de 200 à 14 000 particules.cm<sup>-3</sup>) contre 3 000 particules.cm<sup>-3</sup> (de 100 à 120 000 particules.cm<sup>-3</sup>) à l'extérieur. Le ratio intérieur/extérieur (I/E) variait de 0,01 à 30 avec une valeur moyenne sur les deux semaines égale à 1,3. Les variations sont associées à la présence de sources intérieures (principalement le nettoyage avant et après les cours) et extérieures (feux de biomasse), aux conditions météorologiques et à la perméabilité de la salle de classe. Pour caractériser l'impact de la ventilation, les différences dans les ratios I/E moyens observés ont été utilisées, en prenant uniquement en compte les épisodes sans sources intérieures de particules. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau en page suivante. Le ratio I/E est en moyenne significativement plus important ( $p < 0,001$ ) lorsque les fenêtres sont fermées et les climatiseurs et ventilateurs éteints, au regard des autres scénarios. Aucune autre différence significative n'est observée. Lorsque le climatiseur est mis en route, la baisse du ratio I/E est attribuée au système de filtration intégré. Contrairement aux attentes, l'ouverture des fenêtres diminue en moyenne le ratio I/E. La moyenne des ratios I/E mesurée pour les différents scénarios est plus faible que celle observée dans d'autres études. Cette différence peut être attribuée à l'utilisation d'un système de climatisation, la présence de ventilateurs, la faible perméabilité de la salle de classe, le faible niveau de particules à l'extérieur ou la combinaison de tous ces facteurs.

### *Moyenne des ratios I/E des concentrations en nombre de particules selon le scénario de ventilation*

Fenêtres	Climatiseur	Ventilateurs au plafond	TRA (h <sup>-1</sup> )	Moyenne des ratios I/E (écart-type)	n
fermées	éteint	en fonctionnement	0,23	0,502 (0,168)	129
fermées	en fonctionnement	éteints	0,72	0,524 (0,199)	297
ouvertes	éteint	en fonctionnement	2,16	0,531 (0,189)	21
ouvertes	éteint	éteints	nm	0,559 (0,267)	398
fermées	éteint	éteints	0,12	0,621 (0,203)	3 098
fermées	en fonctionnement	en fonctionnement	0,90	ne	ne
ouvertes	en fonctionnement	en fonctionnement	7,92	ne	ne

TRA : taux de renouvellement d'air ; nm : non mesuré ; ne : non exploitable

Nota : Les ratios sont calculés sur un pas de temps de 3 min.

Pour l'ensemble des scénarios, le ratio I/E décroît selon une loi de puissance lorsque la concentration extérieure augmente, ce qui suggère que l'efficacité de transfert diminue en conséquence. Cette augmentation des concentrations extérieures concerne principalement les particules de diamètre inférieur à 50 nm (aérosol de combustion), le diamètre médian en nombre en l'absence de sources significatives se situant entre 60 et 80 nm. Ces particules ultrafines présentent des vitesses de dépôt par diffusion très élevées et conduisent à des ratios I/E plus faibles que dans le cas de particules de diamètre plus élevé. En se basant sur le modèle précédent et des conditions extérieures stables, une relation a été établie entre le taux de renouvellement d'air et la concentration en particules à l'intérieur. Plus le taux de renouvellement d'air augmente (jusqu'à 2 h<sup>-1</sup>), plus la concentration intérieure en nombre de particules a tendance à diminuer, et ce quelle que soit la concentration extérieure (dans la gamme de 1 000 à 5 000 particules.cm<sup>-3</sup>). Ainsi, selon les auteurs, la pollution particulaire intérieure pourrait être gérée avec efficacité en adoptant un renouvellement d'air important qui à la fois diluerait la concentration de particules générées dans un local et limiterait l'impact des sources extérieures. Ces dernières sont dominées par des émissions de particules ultrafines (diamètre inférieur à 50 nm) qui présentent des vitesses de dépôt très élevées et une efficacité faible de transfert au travers de l'enveloppe du bâti.

### *Commentaires*

La conclusion des auteurs suggère que l'enveloppe du bâti joue un rôle protecteur vis-à-vis des sources extérieures de particules. Cependant, rien dans l'étude ne permet de laisser supposer cette possibilité et l'interprétation faite par les auteurs est hâtive. Tout d'abord, la construction du modèle proposé reliant la concentration en nombre de particules au taux de renouvellement d'air est très légère. D'une part, les particules présentent des comportements variables selon leur taille (et vraisemblablement leur nature). Ne considérer que la concentration totale des particules représente un premier biais. D'autre part, les valeurs de renouvellement d'air utilisées regroupent en réalité différentes situations qui ne sont pas forcément comparables les unes aux autres. La mise en route des ventilateurs, l'ouverture des fenêtres et le soufflage apporté par l'unité de climatisation vont venir modifier les conditions de brassage, les mouvements d'air et la turbulence dans la salle de classe. Ces conditions aérauliques ont un impact direct sur le dépôt de particules, lesquelles peuvent être, selon leur taille, déposées plus facilement ou remises en suspension. Cet aspect a été totalement négligé à tort par les auteurs. Par ailleurs, on peut regretter que les données météorologiques n'aient pas été exploitées plus avant. Leur importance dans l'efficacité de transfert des particules au travers de l'enveloppe reste aujourd'hui difficile à quantifier. Enfin, les exploitations et les interprétations des données recueillies sont insuffisantes pour répondre avec exhaustivité à la question posée, puisque la variabilité des paramètres clés, que sont le renouvellement d'air, l'efficacité de transfert et la constante de dépôt, n'a pas été prise en compte.



## LIEUX DE VIE

### Caractérisation et prédiction du nombre de particules ultrafines dans les salles de classe canadiennes durant les mois d'hiver : développement et évaluation d'un modèle

**Source :** Weichenthal S., Dufresne A., Infante-Rivard C. and Joseph L. ; Characterizing and predicting ultrafine particle counts in Canadian classrooms during the winter months: Model development and evaluation ; Environmental Research, 106(3) [2008]: 349-360.

**Article analysé par :** Denis BARD, École des hautes études en santé publique – EHESP ; [denis.bard@ehesp.fr](mailto:denis.bard@ehesp.fr)

Partant du constat que les enfants passent un temps significatif à l'école, les auteurs ont cherché dans cette étude i) à estimer le nombre de particules ultrafines (PUF) durant l'hiver dans des salles de classe au Canada, ii) à en étudier les déterminants et iii) à construire un modèle prédictif basé sur les conditions météorologiques, les concentrations en PUF\* dans l'air et les caractéristiques des salles de classe. Le modèle devait ensuite être testé pour validation.

Dans deux écoles volontaires de l'Ontario (A et B), 60 mesures de PUF\* ont été conduites en 2007 dans 37 classes durant les heures de cours. Les prélèvements ont été réalisés à 1 m du sol et au moyen d'un compteur de particules P-Trak. Les concentrations en PUF\* ont été exprimées en moyenne pondérée par le temps de mesure. L'humidité relative, la température et les concentrations en CO<sub>2</sub> ont été relevées tous les matins. Les PM<sub>2,5</sub>\* ont été mesurées dans les couloirs, et non dans les classes en raison du bruit du prélèvement. À l'extérieur, les auteurs ont mesuré les PUF\* matin et soir, pendant une courte

période en raison de températures fréquemment en dessous de 0°C, l'humidité relative et la vitesse du vent étant fournies par les stations météorologiques locales. Le taux de renouvellement d'air a été estimé à partir de la décroissance des concentrations en CO<sub>2</sub> après le départ des élèves. Les PUF\* ont été ensuite mesurées dans les classes et à l'extérieur de deux autres écoles (C et D) pour validation du modèle. Les relations entre le nombre de PUF\* dans les classes et les autres paramètres ont été estimées par modèles linéaires à partir des données des deux premières écoles. Une approche bayésienne (BMA) est à la base du modèle prédictif.

La vitesse du vent et la température ambiante sont négativement associées au nombre de PUF\* dans l'air ambiant. Le nombre de PUF\* dans l'air ambiant et la vitesse du vent (relation négative) sont des déterminants significatifs du nombre de PUF\* dans les classes. Les paramètres qui ont une influence significative dans les analyses combinées, retenus dans le modèle prédictif, apparaissent dans le tableau ci-dessous.

#### Modèles prédictifs du nombre de PUF\* dans les salles de classe et dans l'air ambiant

Variable dépendante : PUF*	$\alpha$	IC <sub>95%</sub> *	Variable explicative	$\beta$	IC <sub>95%</sub> *
Modèle de prédiction de la qualité de l'air intérieur	3 228 cm <sup>-3</sup>	2 199 ; 4 257	PUF* ambiantes (cm <sup>-3</sup> )	0,149	0,089 ; 0,21
Modèle de prédiction de la qualité de l'air ambiant	109 682 cm <sup>-3</sup>	49 047 ; 170 316	Température extérieure (°K)	-308	-538 ; -78
			Vitesse du vent (km.h <sup>-1</sup> )	-1 015	-1 282 ; -748
			Température extérieure × vitesse vent	137	79 ; 195

Une corrélation de 0,63 est observée entre les prédictions du modèle fondées sur les mesures combinées des écoles A et B et les valeurs mesurées dans les écoles C et D, tant dans l'air ambiant que dans les salles de classe. Les auteurs concluent que des estimations raisonnablement solides du nombre de PUF\* dans les salles de classe peuvent être produites par le modèle sur la base de leur nombre mesuré dans l'air ambiant, à la condition qu'il

n'existe pas de source intérieure active de PUF\*. Ils soulignent qu'ils ne disposent pas d'informations sur la composition chimique et la taille des PUF\*, ce qui ne permet pas d'identifier éventuellement les sources intérieures, et que la sensibilité limitée aux PUF\* de diamètre supérieur à 20 nm de l'appareillage utilisé sous-estime le comptage en nombre.

## Commentaires

Cette étude contribue à apporter des données, encore rares dans la littérature, sur les niveaux de PUF\* dans les environnements intérieurs, notamment pour ce qui concerne l'exposition des enfants considérés comme étant plus sensibles aux effets d'une exposition donnée. Il est par ailleurs important de disposer d'outils prédictifs appropriés à la conduite d'études épidémiologiques pour mieux évaluer les impacts sanitaires liés aux PUF\*. Il

apparaît ici que les concentrations ambiantes en PUF\* et la vitesse du vent sont des déterminants significatifs de la concentration en nombre des PUF\* dans les bâtiments. Les investigations ont été conduites sur un échantillon limité, et les résultats obtenus, quoique prometteurs, pourraient être le reflet d'une situation locale. Ils demandent à être confirmés sur d'autres terrains d'étude.



## LIEUX DE VIE

### Variations temporelles de l'exposition aux particules issues de fumées de bois dans l'environnement d'un internat

**Source** : Kingham S., Duranda M., Harrisona J. *et al.* ; Temporal variations in particulate exposure to wood smoke in a residential school environment ; Atmospheric Environment, 42(19) [2008]: 4619-4631.

**Article analysé par** : Sophie TETON, réseau de surveillance de la qualité de l'air en région Provence-Alpes-Côte d'Azur – Atmo PACA ; [sophie.teton@atmopaca.org](mailto:sophie.teton@atmopaca.org)

L'objectif de l'étude, conduite dans l'internat d'une école de Nouvelle-Zélande, est de caractériser l'évolution temporelle des concentrations intérieures et extérieures en particules en fonction de leur taille ( $PM_{10}^*$ ,  $PM_{2,5}^*$  et  $PM_{10}^*$ ) et d'analyser leurs proportions respectives.

L'internat est situé dans un vaste parc, entouré d'un environnement urbain connu pour ses niveaux élevés en particules émises par le chauffage au bois en hiver, période de mesure de l'étude. Le site de mesure intérieur est situé dans le couloir de l'internat et celui extérieur dans la cour de l'école. Tous deux sont équipés d'un TEOM (mesure des  $PM_{10}^*$ ) et d'un compteur optique Grimm (mesure des  $PM_{10}^*$ ,  $PM_{2,5}^*$  et  $PM_{10}^*$ ). Le TEOM n'est utilisé que pour déterminer les journées les plus et les moins polluées, l'analyse fine étant issue des mesures effectuées avec le Grimm.

La moyenne journalière en  $PM_{10}^*$  à l'extérieur pendant les trois mois de mesure est de  $18,7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . L'analyse détaillée a porté essentiellement sur les 28 jours de période scolaire.

Pendant les journées considérées comme faiblement polluées (30 % des concentrations extérieures en  $PM_{10}^*$  inférieures à  $12 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , soit 9 jours), le profil moyen des particules en extérieur est relativement similaire pour les trois tailles de particules étudiées. À l'intérieur, le profil et les niveaux enregistrés sont similaires pour les  $PM_{10}^*$  et  $PM_{2,5}^*$ , mais différents pour les  $PM_{10}^*$ . Les concentrations en  $PM_{10}^*$  augmentent nettement le matin de 7 h à 9 h (jusqu'à  $60 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ), avant de se stabiliser (vers  $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  soit deux fois les niveaux nocturnes et les niveaux à l'extérieur) jusqu'aux pics du soir (16 h et 21 h). Par ailleurs, l'augmentation des concentrations en  $PM_{10}^*$  à 7 h correspond à une diminution de la proportion

des particules fines dans les  $PM_{10}^*$  (de 60 à 80 % la nuit à 20 % le matin). Les auteurs expliquent ces différents profils par l'activité des étudiants entraînant une importante remise en suspension des  $PM_{10}^*$  aux moments du lever (7 h), de la fin des cours (16 h) et du coucher (21 h). Les corrélations entre les concentrations des différentes fractions sont bien meilleures la nuit. Les concentrations en  $PM_{2,5}^*$  et  $PM_{10}^*$  sont bien corrélées entre elles, que ce soit à l'intérieur ou à l'extérieur.

Pendant les journées considérées comme fortement polluées (30 % des concentrations extérieures en  $PM_{10}^*$  supérieures à  $19 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , soit 10 jours), l'évolution journalière en extérieur est similaire au cas des journées faiblement polluées, mais les concentrations sont plus élevées (teneur maximale en  $PM_{10}^*$  égale à  $53 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  à 21h50). En intérieur, la seule distinction notable est que, lorsque les niveaux en  $PM_{10}^*$  augmentent, la proportion des particules fines diminue de façon moins marquée. Ainsi, pour ces journées dites polluées, les niveaux élevés en  $PM_{10}^*$  à l'extérieur semblent masquer les effets de la remise en suspension à l'intérieur ; cette dernière a un impact moindre en proportion sur l'exposition totale que lors des journées à « faible » pollution.

Les auteurs concluent que l'exposition aux particules fines ( $PM_{10}^*$  et  $PM_{2,5}^*$ ) est directement reliée à la pollution extérieure (lorsqu'il n'y a pas de source directe en intérieur), alors que l'exposition aux  $PM_{10}^*$  est plus en lien avec la remise en suspension. Ainsi la mesure des  $PM_{10}^*$  en site fixe extérieur est d'une pertinence limitée pour estimer l'exposition. Les mesures appropriées dans cet environnement seraient celles de  $PM_{10}^*$  et  $PM_{2,5}^*$ , en plus ou à la place de la mesure des concentrations en  $PM_{10}^*$ .

## Commentaires

Cette étude conforte des travaux antérieurs. Mais elle montre en détail les variations temporelles entre les différentes fractions des particules et leur proportion respective, en traitant deux conditions de pollution différente. Elle montre que la mesure des PM<sub>10</sub>\* à l'extérieur ne peut à elle seule

représenter l'exposition aux particules. Il aurait été intéressant d'avoir une analyse de la composition chimique des particules, complémentaire à la granulométrie. Par ailleurs, il n'est pas clairement établi qu'une recherche exhaustive des sources intérieures des particules ait été réalisée.



## LIEUX DE VIE

### Taux de renouvellement d'air et concentration en formaldéhyde dans l'air intérieur résidentiel

**Source :** Gilbert N., Guay M., Gauvin D. *et al.* ; Air change rate and concentration of formaldehyde in residential indoor air ; Atmospheric Environment, 42(10) [2008]: 2424-2428.

**Article analysé par :** Gaëlle GUILLOSSOU, Service des études médicales d'EDF ; [gaelle.guillossou@edf.fr](mailto:gaelle.guillossou@edf.fr)

Santé Canada a révisé en 2006 les valeurs guides canadiennes de qualité d'air intérieur résidentiel pour le formaldéhyde (123 µg.m<sup>-3</sup> pour 1 heure d'exposition et 50 µg.m<sup>-3</sup> pour 8 heures d'exposition). De précédentes études de Gilbert portant sur des logements québécois ont mis en évidence des concentrations intérieures journalières supérieures à ces valeurs. Pourtant, un taux de renouvellement adapté devrait conduire au respect de ces valeurs guides dans la majorité des habitations canadiennes. La présente publication a donc ré-analysé les données d'une des précédentes études de l'auteur et a cherché à déterminer le taux de renouvellement d'air qui permettrait de respecter les nouvelles valeurs guides québécoises pour le formaldéhyde dans 95 % des habitations.

Les concentrations intérieures en formaldéhyde et le taux de renouvellement d'air (mesuré à l'aide d'un gaz traceur, le perfluorocarbène) de 96 logements

de la ville de Québec ont été mesurés durant l'hiver 2005. Les différentes caractéristiques des habitations ont été renseignées (année de construction, type de chauffage, de système de cuisson, travaux récents, achat de mobilier neuf...). L'association entre le taux de renouvellement d'air et la concentration en formaldéhyde a été estimée par un modèle de régression linéaire simple. Le taux de renouvellement d'air suffisant pour maintenir une concentration intérieure en formaldéhyde inférieure à 50 µg.m<sup>-3</sup> dans 95 % des logements suivis a ainsi pu être évalué.

Les mesures montrent des taux de renouvellement d'air inférieurs à 0,23 h<sup>-1</sup> dans 80 % des habitations. Les 20 % de logements dépassant cette valeur respectaient tous la valeur guide d'exposition au formaldéhyde sur 8 heures de Santé Canada (cf. tableau ci-dessous).

#### Taux de renouvellement d'air et concentrations en formaldéhyde dans les logements de l'étude

TRA# (h <sup>-1</sup> )	n	Concentration en formaldéhyde (µg.m <sup>-3</sup> )		Pourcentage des logements où la concentration dépasse la valeur guide 8 heures (50 µg.m <sup>-3</sup> )
		Gamme	Médiane	
[0 ; 0,113]	19	17,3 – 78,3	30,6	15,7
]0,113 ; 0,137]	20	15,1 – 90,0	35,1	10,0
]0,137 ; 0,160]	19	17,3 – 58,7	37,5	21,1
]0,160 ; 0,23]	19	10,5 – 52,0	25,9	10,5
> 0,23	19	9,6 – 48,3	22,6	0

# : TRA : taux de renouvellement d'air

Les concentrations intérieures en formaldéhyde les plus élevées concernaient des logements équipés de systèmes de chauffage électriques (plinthés chauffantes) et ceux ayant récemment fait l'objet de travaux de rénovation ou ayant été équipés de mobilier neuf (en bois ou en mélaminé) au cours de

l'année précédant l'étude. La raison pour laquelle les logements équipés de ce système de chauffage électrique présentent des concentrations intérieures en formaldéhyde supérieures n'a pas pu être déterminée dans cette étude.

Les taux de renouvellement d'air dans les logements suivis étaient relativement faibles, comparés au taux de 0,35 h<sup>-1</sup> recommandé dans la norme américaine ASHRAE 62-1999 (ASHRAE, *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*). Le respect de cette valeur permettrait pourtant de se conformer aux valeurs guides de Santé Canada dans la plupart des cas, excepté dans les logements équipés de plinthes chauffantes électriques, pour lesquels un taux supérieur est nécessaire (0,37 h<sup>-1</sup>).

Le taux de renouvellement d'air minimum, déterminé par le modèle, suffisant pour maintenir la concentration intérieure en formaldéhyde inférieure à 50 µg.m<sup>-3</sup> dans 95 % des logements suivis est de 0,26 h<sup>-1</sup>. Il passe à 0,34 h<sup>-1</sup> dans le sous-groupe des habitations contenant des sources récentes de formaldéhyde (travaux, mobilier...), puis à 0,37 h<sup>-1</sup> dans le sous-groupe des logements chauffés par plinthes chauffantes électriques.

### **Commentaires**

Cette étude permet de comparer les situations française et canadienne. En effet, les valeurs guides de qualité d'air intérieur résidentiel pour le formaldéhyde révisées par Santé Canada en 2006 sont bien supérieures aux valeurs guides françaises de qualité de l'air intérieur proposées par l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (50 µg.m<sup>-3</sup> applicables sur 2 heures, 10 µg.m<sup>-3</sup> pour une exposition à long terme). Les taux de renouvellement d'air et les concentrations intérieures en formaldéhyde des 96 logements québécois de cette étude sont du même ordre de

grandeur que les valeurs mesurées par l'OQAI\* dans les logements français. Quel serait alors, en France, le taux de renouvellement d'air à préconiser pour respecter les valeurs guides de qualité d'air intérieur ? Un taux de renouvellement d'air compris entre 0,5 et 1 h<sup>-1</sup> (supérieur à la recommandation de l'ASHRAE) est préconisé dans l'habitat français. Toutefois, ce taux reste théorique et est très rarement respecté, compte tenu des mesures d'économie d'énergie actuelles, couplées à une isolation importante des logements.

Par ailleurs, cette étude relève le fait que des concentrations plus importantes en formaldéhyde sont retrouvées dans les logements équipés de plinthes chauffantes (les données ont été relevées durant l'hiver 2005). Cependant, les auteurs n'ont pas cherché à expliquer ce phénomène : le fait de chauffer à partir du sol et près des murs entraîne-t-il une désorption accrue des COV\* contenus dans les peintures, les colles à moquette, les papiers peints, le mobilier ? Ce système de chauffage est-il une particularité nord-américaine ? Combien de logements québécois sont concernés ? Dans l'étude, quelle était la proportion de ces logements ? On peut aussi se demander si un autre type de chauffage électrique aurait les mêmes conséquences sur la qualité de l'air intérieur et si d'autres particularités du logement pourraient expliquer ces résultats.

Cette étude est donc intéressante, mais elle soulève un certain nombre d'interrogations qui restent malheureusement sans réponse.

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

Dodson R.E., Levy J.I., Spengler J.D. *et al.* ; Influence of basements, garages, and common hallways on indoor residential volatile organic compound concentrations ; *Atmospheric Environment*, 42(7) [2008]: 1569-1581.

Zuraimi M.S. and Tham K.W. ; Effects of child care center ventilation strategies on volatile organic compounds of indoor and outdoor ; *Environmental Science & Technology*, 42(6) [2008]: 2054-2059.

Lazaridis M., Aleksandropoulou V., Hanssen J.E. *et al.* ; Inorganic and carbonaceous components in indoor/outdoor particulate matter in two residential houses in Oslo, Norway ; *Journal of the Air & Waste Management Association*, 58(3) [2008]: 346-356.

Olson D.A., Turlington J., Duvall R.V. *et al.* ; Indoor and outdoor concentrations of organic and inorganic molecular markers: Source apportionment of PM<sub>2.5</sub> using low-volume samples ; *Atmospheric Environment*, 42(8) [2008]: 1742-1751.



## EFFETS SANITAIRES

### Exposition expérimentale à la fumée de bois : étude de l'inflammation des voies respiratoires et du stress oxydatif

**Source** : Barregard L., Sällsten G., Andersson L. *et al.* ; Experimental exposure to wood smoke: effects on airway inflammation and oxidative stress ; Occupational and Environmental Medicine, 65(5) [2008]: 319-324.

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

Les études épidémiologiques ont clairement mis en évidence des effets des particules issues des combustions sur la santé (augmentation de symptômes respiratoires, troubles cardiovasculaires, cancers du poumon, mortalité...). Les mécanismes (stress oxydatif, inflammation, troubles de la coagulation, dommage de l'ADN...) et les substances à l'origine de ces effets ne sont cependant pas totalement établis aujourd'hui. Les auteurs de ce travail ont étudié le stress oxydatif et l'inflammation dans les voies pulmonaires de volontaires sains exposés à de la fumée de bois.

La population est composée de 13 volontaires sains (6 hommes et 7 femmes, âgés de 20 à 56 ans), n'ayant jamais fumé et n'ayant eu ni infection, ni symptôme respiratoire au cours de la semaine précédant l'exposition. Dans un premier temps, ils sont restés 4 heures dans une chambre expérimentale où de l'air filtré était envoyé. Une semaine plus tard, ils sont restés 4 heures dans cette chambre où de l'air mélangé à de la fumée de bois était envoyé. La chambre ne pouvant contenir que 6 ou 7 volontaires, deux sessions ont eu lieu. En présence de fumée de bois, les particules sont presque en totalité inférieures à 1 µm. Les concentrations massiques médianes dans l'air sont égales à 279 et 243 µg/m<sup>3</sup> et les concentrations en nombre égales à 180 000 et 95 000 particules/cm<sup>3</sup> (respectivement lors des deux sessions). Lors de l'exposition à de l'air filtré, les niveaux d'exposition sont très faibles. Les marqueurs biologiques ont été étudiés dans des prélèvements réalisés à quatre stades identiques pour l'exposition à l'air filtré et pour l'exposition à la fumée de bois : avant l'entrée dans la chambre (niveaux de base), à la sortie de la chambre (t0), 3 heures et 20 heures après la sortie. Les marqueurs biologiques étudiés sont pour l'inflammation : l'oxyde d'azote (NO) dans l'air exhalé (débits de 50, 100 et 270 mL/s) avec calcul du NO alvéolaire, et la protéine CC16 des cellules pulmonaires Clara dans le sérum et dans l'urine ; pour le stress oxydatif : le malondialdéhyde dans l'air exhalé (prélèvement et concentration de 80 litres d'air). Les niveaux de ces biomarqueurs en présence d'air filtré ou de fumée de bois ont été comparés à t0, puis 3 heures et 20 heures après soustraction des niveaux de base.

Pour le NO exhalé mesuré avec un débit de 270 mL/s et le NO alvéolaire, des augmentations significatives sont mesurées 3 heures après l'exposition à la fumée de bois. Le niveau de CC16 est significativement augmenté dans le sérum 20 heures après cette exposition (aucune différence significative n'est observée pour les niveaux urinaires). L'analyse des différents points de prélèvement met en évidence ce qui avait été montré dans d'autres travaux, à savoir une variation diurne des niveaux de CC16 dans le sérum avec des niveaux plus faibles dans la journée. Aucune différence significative n'est observée pour les niveaux urinaires qui, par ailleurs, sont plus variables entre les individus que les niveaux dans le sérum. Pour le malondialdéhyde, des augmentations significatives sont observées dès t0 et surtout 20 heures après l'exposition à la fumée de bois.

Pour les auteurs, cette étude met en évidence des effets délétères à court terme de la pollution particulaire sur les voies pulmonaires distales : inflammation (augmentation du NO exhalé (270 mL/s), du NO alvéolaire, de la protéine CC16 dans le sérum) et stress oxydatif (augmentation du malondialdéhyde). D'autres résultats de cette même étude (publiés ailleurs) montrent une augmentation de facteurs de risque cardiovasculaire (facteur VIII) et de biomarqueurs de la peroxydation des lipides (8-iso-prostaglandine F<sub>2x</sub> urinaire). Selon les auteurs, l'ensemble de ces résultats met en évidence le lien entre inflammation pulmonaire et facteurs de risque cardiovasculaire. Ce design expérimental d'exposition à la fumée de bois pourrait aussi permettre d'étudier les relations entre les protéines de phase aiguë et les biomarqueurs pulmonaires. En variant les conditions d'exposition, des informations pourraient être obtenues sur les caractéristiques des particules qui sont importantes dans la génération des effets sanitaires observés.

#### Commentaires

Ce type d'étude expérimentale est intéressant, car il peut permettre d'éclaircir les mécanismes de toxicité induits par la pollution particulaire et de les relier à des polluants. Il peut aussi aider à déterminer les conditions optimales de prélèvement et de mesure de biomarqueurs.

Ainsi, concernant le malondialdéhyde, le prélèvement dans l'air exhalé (qui n'est pas standardisé) est complexe du fait notamment de possible contamination par la voie orale et du grand volume d'air à prélever. Les auteurs précisent que « beaucoup » de valeurs sont inférieures au seuil de détection, sans que cela n'affecte leur conclusion sur

le stress oxydatif. Le sexe et l'âge sont des facteurs qui peuvent influencer sur des marqueurs biologiques (notamment le malondialdéhyde) ; ils ne sont pas évoqués ici. Cette étude, en incluant les résultats non présentés dans l'article, peut être considérée comme une étape vers la validation d'un modèle expérimental d'exposition à la fumée de bois.



## EFFETS SANITAIRES

### Symptômes neurologiques liés au CO émis par des installations de gaz défectueuses : résultats d'une enquête transversale menée à Londres

**Source** : Croxford B., Leonardi G.S., Kreis I. ; Self-reported neurological symptoms in relation to CO emissions due to problem gas appliance installations in London: a cross-sectional survey ; *Environmental Health*, 7(34) [2008]

**Article analysé par** : Véronique EZRATTY, Service des études médicales d'EDF ; [veronique.ezratty@edf.fr](mailto:veronique.ezratty@edf.fr)

Une exposition chronique à des concentrations faibles de monoxyde de carbone (CO) pourrait avoir des effets sur le système nerveux central. L'objectif de cette étude était d'évaluer la relation entre la présence d'appareils au gaz défectueux dans des logements londoniens et la déclaration par les occupants de symptômes neurologiques.

En 2006, 597 logements situés dans des quartiers londoniens anciens dont la source d'énergie principale est le gaz, ont fait l'objet d'une enquête. Des informations sur les caractéristiques des logements et des appareils au gaz, ainsi que sur le comportement et la santé des résidents ont été recueillies par questionnaire. Un technicien qualifié « gaz » posait les questions à un seul occupant et inspectait en même temps tous les appareils fonctionnant au gaz (cuisinière, chaudière, cheminée au gaz <sup>(1)</sup> et chauffe-eau). La question principale concernant la santé était : « avez-vous eu un ou plusieurs de ces symptômes dans votre logement dans la semaine qui s'est écoulée : mal de tête, sensation de malaise ou d'évanouissement, perte de mémoire, manque de concentration, épisode de confusion ? ». Cinq catégories de risque d'exposition au CO ont été définies sur la base de la mesure du CO émis par les appareils (mesures réalisées à proximité des appareils selon la norme britannique), de leurs caractéristiques (installations non conformes) et de leurs conditions d'utilisation.

Un risque élevé d'exposition au CO, selon les critères établis par les auteurs, était constaté chez 6 % des ménages. Un risque d'exposition « nul ou très faible » était observé chez 69 % des foyers (concentration à proximité des appareils inférieure à 26 ppm). Au moins un appareil défectueux était retrouvé dans 22 % des logements. Les cheminées au gaz étaient les appareils le plus souvent incriminés comme « à risque » ou « présentant un

danger immédiat » (26 % de l'ensemble des cheminées au gaz), en comparaison des cuisinières (7 %) et des chaudières (5 %). 9 % des occupants ont signalé au moins un symptôme neurologique. Après ajustement sur le nombre d'occupants et la présence de retraités, une association a été retrouvée entre un risque élevé d'exposition au CO et la déclaration de symptômes pour les ménages ne recevant pas d'allocations (OR\* = 3,23 ; IC<sub>95</sub> %\* 1,28 – 8,15). Pour ces ménages, une relation dose-réponse était observée. En revanche, aucune relation dose-réponse n'a été retrouvée pour les ménages bénéficiant d'allocations.

Le statut de « bénéficiaire d'allocations » était un facteur de risque indépendant de la déclaration de symptômes neurologiques. L'absence d'effet clair de l'exposition au CO dans le sous-groupe bénéficiant d'une aide financière pourrait s'expliquer par un statut socio-économique plus faible et un tabagisme plus important dans cette population, deux facteurs confondants non pris en compte dans l'étude.

#### Commentaires

Bien que l'enquête ait été réalisée en été, saison où l'exposition domestique au CO est *a priori* moins importante qu'en hiver, une association entre l'exposition à de faibles concentrations en CO et la prévalence de symptômes neurologiques a été observée. Les auteurs estiment que l'interrogation du résident concomitante à l'inspection des appareils minimise les biais. Cependant, même si le technicien ne connaissait pas la catégorie de risque d'exposition au CO au moment de l'interrogatoire, il a pu être influencé par l'état des appareils inspectés. Un autre point problématique de l'étude réside dans le fait que la correspondance faite par les auteurs entre la concentration en CO à proximité des appareils et les valeurs guides de qualité de l'air de l'OMS\* n'est pas précisée.

De plus, le seuil de concentration en CO de 26 ppm en dessous duquel le risque est considéré comme « très faible ou nul » paraît très élevé. Par ailleurs, la ventilation des pièces contenant les appareils et l'entretien des installations n'ont pas été pris en compte. La non représentativité de l'échantillon de logements et de résidents inclus dans ce travail et ses limites méthodologiques (en particulier le fait

que les symptômes soient auto-déclarés) doivent conduire à mener d'autres études pour confirmer cette association et évaluer la véritable ampleur du risque à un échelon national.

(1) Les cheminées au gaz sont couramment utilisées en Angleterre ce qui n'est pas le cas en France. Leur système d'allumage et d'arrêt par télécommande est pratique, en particulier pour les personnes âgées ou handicapées.



## EFFETS SANITAIRES

### Exposition résidentielle au radon et cancer chez l'enfant

**Source** : Raaschou-Nielsen O., Andersen C.R., Andersen H.P. *et al.* ; Domestic radon and childhood cancer in Denmark ; *Epidemiology*, 19(4) [2008]: 536-543.

**Article analysé par** : Hélène BAYSSON ; [helene.baysson@laposte.net](mailto:helene.baysson@laposte.net), et Margot TIRMARCHE, Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire – IRSN ; [margot.tirmarche@irsn.fr](mailto:margot.tirmarche@irsn.fr)

Le seul effet actuellement associé à l'inhalation de radon est l'induction de cancer du poumon. Néanmoins, des études dosimétriques indiquent qu'une part de la dose due au radon et à ses descendants radioactifs peut être délivrée en dehors des poumons, en particulier à la moelle osseuse. Même si les doses reçues sont *a priori* faibles, l'hypothèse a été émise que cette irradiation naturelle pourrait entraîner un risque de leucémie. L'objectif de l'étude cas-témoin menée au Danemark par Raaschou-Nielsen *et al.* est de tester l'hypothèse d'une augmentation du risque de cancer chez l'enfant (leucémies, cancers du système nerveux central et lymphomes) après exposition domestique au radon.

Les cas de cancers éligibles sont les leucémies, les cancers du système nerveux central et les lymphomes diagnostiqués chez les enfants de moins de 15 ans entre le 1<sup>er</sup> janvier 1968 et le 31 décembre 1994. Les cas ont été identifiés à partir du registre de cancers danois, les témoins à partir d'un registre de population. L'historique résidentiel de chaque enfant a été retracé depuis sa naissance jusqu'à la date du diagnostic. Pour chaque adresse, la concentration en radon a été estimée en utilisant un modèle mathématique basé sur les facteurs prédictifs suivants : la zone géographique, la géologie et les caractéristiques de l'habitation telles que le type d'habitation, l'étage ou le matériau de construction <sup>(1)</sup>. L'exposition individuelle de chaque enfant au radon a ensuite été estimée en considérant le nombre d'années passées dans chaque habitation. Les risques relatifs ont été calculés grâce à une régression logistique conditionnelle.

Les résultats de cette étude reposent sur 2 400 cas de cancer (1 153 leucémies, 922 cancers du système nerveux central, 325 lymphomes) et 6 697 témoins. Les concentrations en radon ont été prédites pour 18 899 habitations (ce qui représente 94 % de l'ensemble des habitations dans lesquelles les enfants ont vécu). La moyenne arithmétique est de 48 Bq/m<sup>3</sup> (min : 4 Bq/m<sup>3</sup> ; max : 254 Bq/m<sup>3</sup>).

Les résultats (cf. tableau en page suivante) suggèrent une augmentation du risque de leucémie (tous types confondus) chez l'enfant en fonction de l'exposition au radon (bien que les risques relatifs ne soient pas statistiquement supérieurs à 1), mais aucune association avec les deux autres types de cancer (i.e. cancers du système nerveux central et lymphomes). Les risques relatifs, calculés pour différents types de leucémie, montrent une association positive et statistiquement significative entre l'exposition au radon et le risque de LLA (Leucémie Lymphoïde Aiguë).

D'après les auteurs, cette étude suggère que l'exposition au radon augmente le risque de LLA, mais pas les risques des autres types de cancer chez l'enfant. Ces résultats persistent :

- après ajustement sur d'autres facteurs de confusion potentiels (ordre de naissance de l'enfant, âge de la mère, densité du trafic, exposition aux champs électromagnétiques) ;
- lorsque l'analyse est répétée en sélectionnant uniquement les enfants ayant une bonne estimation de leur exposition au radon (pas de données manquantes, précision du géocodage des adresses).

Cependant, les auteurs ne donnent pas d'explication à leurs résultats qui sont différents suivant le type de leucémie.

## Risques de leucémie associés à l'exposition résidentielle au radon pendant l'enfance

Niveau d'exposition	Leucémies lymphoïdes aiguës	Leucémies aiguës non lymphoblastiques	Autres types de leucémie	Leucémies tous types
× 10 <sup>3</sup> Bq/m <sup>3</sup> par an	RR* (IC <sub>95%*</sub> )	RR* (IC <sub>95%*</sub> )	RR* (IC <sub>95%*</sub> )	RR* (IC <sub>95%*</sub> )
[0 ; 0,26[ #	1,00	1,00	1,00	1,00
[0,26 ; 0,89[	1,21 (0,98 – 1,49)	0,93 (0,50 – 1,71)	1,11 (0,62 – 2,00)	1,17 (0,97 – 1,41)
≥ 0,89	1,63 (1,05 – 2,53)	0,60 (0,25 – 1,41)	1,36 (0,48 – 3,83)	1,31 (0,92 – 1,88)
par 10 <sup>3</sup> Bq/m <sup>3</sup> par an	1,56 (1,05 – 2,30)	0,75 (0,34 – 1,62)	1,34 (0,53 – 3,40)	1,34 (0,97 – 1,85)

# : catégorie de référence

Nombres de cas et de témoins inclus : 850 cas et 1 686 témoins pour les leucémies lymphoïdes aiguës ; 149 cas et 294 témoins pour les leucémies aiguës non lymphoblastiques ; 135 cas et 262 témoins pour les autres types de leucémie ; 1 134 cas et 2 242 témoins pour les leucémies (tous types confondus)

### Commentaires

Cette étude est intéressante, car la question d'un risque accru de leucémie après exposition au radon a déjà été posée à plusieurs reprises. Une revue des études épidémiologiques effectuées sur le sujet a été publiée en 2001 <sup>(2)</sup>. Chez les enfants, une association positive entre la concentration en radon dans l'habitat et le risque de leucémie a été observée par la plupart des études géographiques notamment dans une étude française récente <sup>(3)</sup>, mais cette association repose sur des données agrégées au niveau géographique et non individuelles. À ce jour, une association entre l'exposition au radon et le risque de leucémie n'a pas été confirmée par les études cas-témoin menées en population générale. L'étude présentée ici apporte des éléments nouveaux. L'identification des cas a pu être basée sur un registre national, existant de longue date. Il y a eu peu de perte d'informations du fait d'une approche indirecte de l'estimation de l'exposition. D'autre part, les auteurs ont pu tenir compte de la durée de résidence dans chaque habitation. Cependant, les concentrations en radon ont été

estimées à partir d'un modèle mathématique et non mesurées directement dans les habitations des enfants. Or, il existe une grande variabilité des concentrations en radon d'une habitation à une autre, notamment en fonction du mode de vie des occupants (pratiques de ventilation, d'aération...). Ces erreurs autour de la mesure des expositions au radon tendraient à sous-estimer les relations mises en évidence. Les analyses de sensibilité montrent des risques relatifs plus élevés lorsque la population étudiée est restreinte aux enfants avec une meilleure estimation de leur exposition.

(1) Andersen C.E., Raaschou-Nielsen O., Andersen H.P. *et al.* ; Prediction of <sup>222</sup>Rn in Danish dwellings using geology and house construction information from central databases ; Radiation Protection Dosimetry, 123(1) [2007]: 83-94.

(2) Laurier D., Valenty M. and Timarache M. ; Radon exposure and the risk of leukemia: a review of epidemiological studies ; Health Physics, 81(3) [2001]: 272-288.

(3) Evrard A.S., Hémon D., Billon S. *et al.* ; Ecological association between indoor radon concentration and childhood leukaemia incidence in France, 1990-1998 ; European Journal of Cancer Prevention, 14(2) [2005]: 147-157.



## EFFETS SANITAIRES

### Syndrome des bâtiments malsains : déterminants psychologiques, somatiques et environnementaux

**Source** : Gomzi M., Bobic J., Radosevic-Vidacek B. *et al.* ; Sick Building Syndrom: Psychological, somatic, and environmental determinants ; Archives of Environmental & Occupational Health, 62(3) [2007]: 147-155.

**Article analysé par** : Hélène DESQUEYROUX, Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie – ADEME ; [helene.desqueyroux@ademe.fr](mailto:helene.desqueyroux@ademe.fr)

Le syndrome des bâtiments malsains (SBM) est considéré comme étant un problème sanitaire multifactoriel qui peut être décrit par un modèle bio-psychosocial, comportant trois modalités interactives : somatique (atopie, hyper-activité des

muqueuses), psychosociale (stress, personnalité, comportement et facteurs sociologiques) et environnementale (risques physiques, biologiques et chimiques).

Les auteurs ont étudié la contribution relative de chaque facteur dans la prédiction du SBM\* chez des employées de bureau. Ils ont testé trois hypothèses :

1. les femmes travaillant dans un immeuble avec air conditionné ont plus de symptômes de SBM\* que les femmes travaillant dans un immeuble ventilé naturellement ;
2. certains facteurs psychologiques influent sur la symptomatologie du SBM\* dans ces deux groupes ;
3. les symptômes du SBM\* sont plus souvent reportés par des sujets atopiques.

171 femmes volontaires ont été recrutées en Croatie à Zagreb, 78 travaillant dans des immeubles ventilés naturellement, 91 dans des immeubles avec air conditionné. Aucun immeuble ventilé naturellement n'avait de signe d'inconfort ou d'environnement poussiéreux. Les conditions intérieures des immeubles avec air conditionné (température, humidité relative, exposition aux poussières totales) étaient dans les limites réglementaires.

Toutes les femmes ont répondu à un questionnaire sur la présence de dix symptômes de SBM\* allant de la fatigue à des irritations, pendant trois jours au moins, lors des deux dernières semaines passées à leur bureau. Les facteurs psychosociaux ont été recueillis par le questionnaire de l'OOMS\* sur la qualité de vie (WHOQOL-BREF). Ce questionnaire évalue la santé physique des individus (douleur, traitements médicaux, sommeil, capacité intellectuelle...), leur état psychologique (sentiment positif ou négatif, estime de soi...) et leurs relations sociales (relations personnelles...), pendant les deux dernières semaines. L'échelle d'indice d'adaptation sociale (*Social Readjustment Rating Scale*, SRRS) a été utilisée, recensant 43 événements stressants au cours de la dernière année, de la mort de son conjoint, à un déménagement, un divorce... Enfin, l'indice de Cornell mesurant les traits de personnalité et les troubles psychosomatiques (phobie, anxiété...) a été renseigné.

Des marqueurs d'atopie (*Skin Prick* test et taux sériques d'immunoglobulines E) ont été analysés, ainsi que la réactivité des voies aériennes (tests bronchique et nasal).

L'indice de SBM\* et les symptômes d'irritation sont significativement plus élevés chez les femmes travaillant dans des immeubles avec air conditionné. Si on compare la prévalence des symptômes entre les deux groupes, une différence significative est observée pour la fatigue, l'irritation de la gorge, les éternuements et les refroidissements. En revanche, la durée d'exposition et l'irritation nasale sont plus importantes chez les femmes travaillant dans des immeubles ventilés naturellement.

L'analyse de ces différentes variables par régression logistique suggère que les individus qui présentent des troubles névrotiques, ceux qui estiment être en

mauvaise santé et ceux qui travaillent dans des immeubles avec air conditionné, ont plus de risque de présenter un indice de SBM\* élevé. Ce modèle explique 15 % de la variance du score de SBM\* obtenu. Ces variables restent significatives après ajustement sur les autres variables. De plus, l'évaluation subjective de l'état psychologique a un effet suppressor, c'est-à-dire que cette variable est associée aux autres variables indépendantes, mais n'agit pas directement sur les symptômes de SBM\*.

Les auteurs ont recherché si les variables psychologiques et somatiques avaient un rôle prédictif différent sur l'apparition de symptômes irritatifs ou généraux (fatigue, mal de tête...). Deux modèles de régression logistique séparés, l'un pour les symptômes irritatifs, l'autre pour les symptômes généraux, ont été testés. Un modèle a évalué l'influence des variables psychologiques, un autre celle des variables somatiques. Seul le modèle avec les variables psychologiques est significatif, pour les symptômes généraux comme pour les symptômes irritatifs. Le risque de présenter au moins un symptôme général de SBM\* augmente avec un état névrotique important (OR\* = 1,09 ; IC<sub>95%\*</sub> [1,02 – 1,17]) et un état de santé jugé dégradé (OR\* = 0,70 ; IC<sub>95%\*</sub> [0,52 – 0,95]). De même, le risque de présenter au moins un symptôme irritatif augmente avec un état névrotique important (OR\* = 1,09 ; IC<sub>95%\*</sub> [1,00 – 1,18]).

L'intérêt principal de cette étude est d'avoir évalué les différents déterminants du SBM\* à l'aide de méthodes objectives et de questionnaires validés. La prévalence de symptômes trouvée dans l'étude est du même ordre de grandeur que celle dans les autres études publiées (même si ces études ne sont pas strictement comparables méthodologiquement). Les résultats disponibles suggèrent que l'air conditionné est lié à au moins un symptôme du SBM\*, symptôme pour lequel on ne peut généralement pas trouver de cause dans l'environnement intérieur. Les auteurs remarquent fort justement que la caractérisation de l'exposition individuelle est insuffisante, ce qui limite aussi la possibilité aux chercheurs d'identifier les associations entre prévalence de symptômes et paramètres environnementaux. L'étude concerne uniquement des femmes, ce qui peut expliquer la fréquence relativement élevée de symptômes exprimés. Cette différence de susceptibilité entre les sexes est assez bien documentée dans la littérature. Enfin, les liens entre atopie et SBM\* sont controversés. Cette étude porte sur deux critères d'atopie, test cutané à des allergènes et taux sériques d'immunoglobulines E. L'atopie n'a pas été trouvée comme facteur prédictif de SBM\*. Aucune relation n'a été trouvée non plus avec la réactivité nasale ou bronchique. Il s'agit de la première étude à avoir étudié les relations entre le SBM\* et les réactivités non spécifiques de la peau et des voies aériennes supérieures et inférieures.

## Commentaires

L'inclusion des sujets est basée sur le volontariat, ce qui peut aussi expliquer la fréquence plus élevée de symptômes trouvée dans cette étude. Même si les auteurs se sont intéressés à trois immeubles ventilés naturellement contre deux à air conditionné, il y a eu plus de volontaires parmi les personnes travaillant dans les immeubles avec air conditionné que dans les immeubles ventilés naturellement. Cependant les auteurs ont vérifié que les deux groupes sont comparables pour l'âge, le statut tabagique et les variables psychologiques.

L'intérêt de l'étude est d'avoir recueilli, à l'aide de questionnaires validés, des données sur l'ensemble des symptômes généraux et somatiques, ainsi que

sur la personnalité des individus et leur qualité de vie. De cette façon, les auteurs ont réussi à mettre en évidence l'importance des variables psychologiques dans la survenue de symptômes du SBM\*.

Cependant, aucune étude des facteurs environnementaux n'a été entreprise. Certaines variables ont été renseignées, mais ce ne sont pas les mêmes dans les deux types d'immeuble (température, humidité relative, exposition aux poussières totales ou simple contrôle visuel). Ces données ne sont pas utilisables dans l'analyse. La reconduction d'une telle étude en intégrant l'évaluation des expositions intérieures serait très intéressante.

### Autres articles d'intérêt sur la thématique EFFETS SANITAIRES :

Salo P.M., Arbes S.J., Crockett P.W. *et al.* ; Exposure to multiple indoor allergens in US homes and its relationship to asthma ; *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 121(3) [2008]: 678-684.

Buchanan I.S.H., Mendell M.J., Mirer A.G. and Apte M.G. ; Air filter materials, outdoor ozone and building-related symptoms in the BASE study ; *Indoor Air*, 18(2) [2008]: 144-155.

Barnes C.S., Kennedy K., Gard L. *et al.* ; The impact of home cleaning on quality of life for homes with asthmatic children ; *Allergy and Asthma Proceedings*, 29(2) [2008]: 197-204.



## EXPOLOGIE – EVALUATION DES RISQUES

### Mesure des polybromodiphényléthers (PBDE) sur les mains et estimation de l'exposition par contact main bouche

**Source** : Stapleton H.M., Kelly S.M., Allen J.G. *et al.* ; Measurement of polybrominated diphenyl ethers on hand wipes: estimating exposure from hand-to-mouth contact ; *Environmental Science & Technology*, 42(9) [2008]: 3329-3334.

**Article analysé par** : Philippe GLORENNEC, École des hautes études en santé publique – EHESP ; [philippe.glorennec@ehesp.fr](mailto:philippe.glorennec@ehesp.fr)

Les polybromodiphényléthers (PBDE) sont utilisés comme retardateurs de flamme dans les produits électroniques. L'exposition à ces substances persistantes soupçonnées de perturber les fonctions endocriniennes et le développement neurologique est peu quantifiée à cause du manque de connaissance sur l'ingestion de poussières. L'objectif de cette étude est de tester la mesure des PBDE\* sur des essuie-mains (*hand wipes*), d'estimer les quantités sur la peau pour fournir une estimation de l'exposition par contact main-bouche.

L'étude a porté sur un échantillon de convenance à Durham (Caroline du Nord, États-Unis), en 2006-2007. Les mains de 17 femmes et de 16 hommes (dont 1 fille et 5 garçons, âgés de 8 à 10 ans) ont été essuyées par une gaze stérile imbibée d'alcool isopropylique. Après extraction au dichlorométhane, les gazes étaient analysées par

chromatographie gazeuse et spectrométrie de masse. L'exposition (ng/j) par contact main-bouche est estimée en multipliant la masse de PBDE\* mesurée sur les mains par la fraction transférée à la bouche par contact (50 %), la proportion de surface de main en contact avec la bouche (10 %) et le nombre quotidien de contacts (216 pour les enfants, 24 pour les adultes).

Des PBDE\* ont été détectés sur tous les essuie-mains analysés, avec une concentration (somme des congénères) de 2,6 à 1 980 ng, distribuée selon une loi log-normale, avec une proportion moyenne de 20 % de BDE-209. La paume de main semble plus chargée en PBDE\* ; en revanche la quantité ne semble pas dépendre de la taille de la main. Les quantités ingérées sont estimées à 1 380 et 154 ng/j (médiane) et 6 090 et 677 ng/j (95<sup>ème</sup> percentile) respectivement pour les enfants et les adultes.

La répartition des congénères sur les essuie-mains est similaire à celle décrite dans la littérature pour la poussière au sol, suggérant ainsi que l'exposition par ingestion se fait principalement via les poussières, même si une contamination directe des mains par contact avec des objets ne peut être écartée. Les estimations des expositions par contact main-bouche sont supérieures aux apports alimentaires et, pour les enfants, comparables à celles via le lait maternel. Elles sont, par rapport à celles obtenues en multipliant la concentration dans les poussières par la quantité de poussière ingérée, inférieures pour le 95<sup>ème</sup> percentile, mais supérieures pour les estimations médianes. Les auteurs suggèrent que l'utilisation d'estimations moyennes des quantités de poussières ingérées pourrait ainsi sous-estimer les doses.

### Commentaires

La publication est intéressante dans la mesure où elle porte sur un sujet émergent et relativement peu documenté, l'exposition par ingestion de poussières

de maison. L'enseignement principal est de confirmer qu'il s'agit d'une voie d'exposition très contributive à la dose totale. L'étude serait cependant à considérer comme essentiellement exploratoire pour plusieurs raisons : 1) le choix des sujets parmi l'entourage des auteurs interdit une quelconque généralisation des résultats, 2) le nombre (6) et l'âge (8 à 10 ans) des enfants inclus fait s'interroger sur la fiabilité des résultats présentés pour d'autres tranches d'âge, qui reposent donc sur une hypothèse de comportement identique pendant l'enfance, 3) la variabilité inter-individuelle est discutée et présentée, mais pas la variabilité temporelle intra-individuelle, du fait du peu de répétition des mesures et 4) les paramètres utilisés pour le calcul de l'exposition sont très peu documentés. En conclusion, cette étude souligne l'intérêt de considérer l'exposition via les poussières de maison pour certains composés, mais aussi l'ampleur des connaissances à acquérir pour passer de la contamination du milieu d'exposition à une estimation fiable de la dose.



## EXPOLOGIE – EVALUATION DES RISQUES

### Exposition des femmes enceintes aux phtalates : caractérisation par des prélèvements répétés d'échantillons d'urine et d'air intérieur

**Source :** Adibi J.J., Whyatt R.M., Williams P.L. *et al.* ; Characterization of phthalate exposure among pregnant women assessed by repeat air and urine samples ; Environmental Health Perspectives, 116(4) [2008]: 467-473.

**Article analysé par :** Antony CADENE, Vincent Nedellec Conseils ; [vincent.nedellec@vnc-sante.fr](mailto:vincent.nedellec@vnc-sante.fr)

Les phtalates sont utilisés dans les plastiques, les cosmétiques et les matériaux d'ameublement. 75 % de la population des États-Unis serait exposée aux phtalates. Dans les études épidémiologiques, l'exposition est parfois caractérisée par dosage des métabolites urinaires. Cependant, on ne connaît pas la variabilité de ces paramètres chez les femmes enceintes. Les objectifs de l'étude sont d'évaluer par la mesure de biomarqueurs urinaires et par la mesure dans l'air intérieur la variabilité de l'exposition des femmes enceintes, et de rechercher les corrélations entre les niveaux de métabolites urinaires du nouveau-né et de la mère et les niveaux de concentration dans l'air intérieur.

Le groupe d'étude est un sous-échantillon de la cohorte CCCEH (*Columbia Center for Children's Environmental Health*). 246 femmes enceintes, dominicaines et afro-américaines, ont été incluses dans l'étude, parmi lesquelles 28 ont bénéficié de mesures répétées pendant une période de six semaines. Des prélèvements d'air individuel pendant la journée deux jours de suite, ont été effectués chez 96 femmes au cours du dernier trimestre de leur

grossesse ; 32 ont accepté des mesures en poste fixe au logement. Des échantillons d'urines du lendemain de l'accouchement ont été collectés pour 16 femmes et 19 nouveau-nés.

Dans l'air, cinq phtalates ont été analysés : di-2-éthylhexyle phtalate (DEHP), di-*n*-butyle phtalate (DnBP), benzylbutyle phtalate (BBzP), di-iso-butyle phtalate (DiBP) et diéthyle phtalate (DEP). Dans les urines, neuf métabolites ont été recherchés : mono-éthyle phtalate (MEP), mono-*n*-butyle phtalate (MnBP), mono-benzyle phtalate (MBzP), mono-2-éthylhexyle phtalate (MEHP), MEOHP, MEHHP, mono-2-éthyl-5-carboxypentyle phtalate (MECPP), mono-isobutyle phtalate (MiBP) et mono-3-carboxypropyle phtalate (MCP). Un modèle à effet mixte est ajusté pour évaluer la reproductibilité des mesures via un coefficient de variabilité intra-classe (ICC). La sensibilité et la spécificité du test « utiliser une seule mesure *versus* utiliser des mesures répétées » pour caractériser l'exposition en classe faible ou forte ont été calculées.

Les phtalates et leurs métabolites ont été détectés dans 100 % des échantillons (air et urine), excepté MEHP (85 %) et MCPP (89 %) dans les urines. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous. Les concentrations dans l'air personnel (mesurées à l'aide de capteurs individuels) sont plus élevées que celles dans l'air intérieur, mais les intervalles de confiance se superposent, sauf pour le DEHP qui est significativement deux fois plus concentré dans l'air personnel. Parmi les phtalates mesurés, le DEHP possède la plus faible volatilité ; ceci explique probablement les faibles concentrations retrouvées dans l'air. Certains auteurs ont montré que ces concentrations étaient plus élevées dans les poussières que dans l'air intérieur. En ne considérant que les 27 femmes qui ont eu les deux types de prélèvement, les coefficients de corrélation entre l'air intérieur et l'air personnel sont de 0,54 pour le DnBP ( $p = 0,002$ ), 0,67 pour le BBzP

( $p < 0,0001$ ), 0,51 pour le DEP ( $p = 0,005$ ), 0,31 pour le DiBP ( $p = 0,11$ ) et 0,25 pour le DEHP ( $p = 0,21$ ).

Les coefficients de variabilité intra-classe pour les analyses urinaires vont de 0,3 pour le MEP à 0,66 pour le MBzP. Concernant l'air intérieur, ces coefficients vont de 0,48 (DEHP) à 0,83 (BBzP). Les concentrations dans l'air sont corrélées de manière variable aux métabolites urinaires :  $r = 0,71$  pour le BBzP,  $r = 0,44$  pour le DiBP et  $r = 0,39$  pour le DEP. Il n'y a pas de corrélation entre les concentrations urinaires chez la mère et celles chez l'enfant mesurées le lendemain de l'accouchement. En fin de grossesse, la gravité spécifique (mesure de la turbidité des urines, méthode décrite dans un autre article) semble plus pertinente que la créatinine pour ajuster les concentrations en phtalates sur la dilution urinaire.

### Concentrations en métabolites urinaires et en phtalates dans l'air

Phtalate	métabolite	Concentrations dans les urines (ng.mL <sup>-1</sup> )			Concentrations dans l'air (µg.m <sup>-3</sup> )	
		Adibi <i>et al.</i>	CCCEH <sup>1</sup>	NHANES <sup>2</sup>	personnel	intérieur
		médiane	géométrique #	géométrique #	géométrique #	géométrique #
DEP	MEP	202	232	235	2,15	1,66
DEHP	MEHP	4,8	4,8	4,5	0,18	0,09
	MEOHP	17,5	18,2	13,8		
	MEHHP	19,9	20,2	19,8		
	MECPP	37,1	38,3			
DnBP/DiBP	MnBP	35,5	37,5	21,5	0,45	0,38
	MiBP	10,2	9,5	3		
DnOP/DBP	MCPP	2	1,9	2,6		
BBzP	MBzP	17,2	17,5	16,5	0,05	0,03

# : moyenne géométrique

1 : Columbia Center for Children's Environmental Health, cohorte complète : n = 246

2 : National Health And Nutrition Examination Survey, résultats présentés : n = 853 femmes âgées de 18 à 40 ans

Les concentrations urinaires en métabolites du DEP et du DEHP sont moins reproductibles chez les femmes enceintes que celles du DiBP et du BBzP. Si l'on accepte une valeur d'ICC égale à 0,4, soit un seuil au-dessus duquel la reproductibilité des mesures est jugée acceptable, un seul prélèvement d'air intérieur semble suffisant pour caractériser valablement l'exposition des femmes enceintes aux

phtalates. En raison de leur plus grande variabilité, les métabolites urinaires (ICC < 0,4) doivent être mesurés plusieurs fois tout au long de la grossesse pour réduire le risque d'erreur de classification sur l'exposition. Toutefois, ces premiers résultats mériteraient d'être confirmés par des données plus nombreuses et des prélèvements plus fréquents.

## Commentaires

Les résultats de cette étude sont clairs et n'appellent aucun commentaire particulier. On peut néanmoins s'interroger sur leur extrapolation à des populations européennes ou à d'autres substances communément rencontrées dans les milieux intérieurs. Cette étude montre clairement que la mesure des biomarqueurs d'exposition n'est pas toujours la panacée de l'expologie. Avant de choisir

une méthode de mesure de l'exposition dans une étude, il est important de pouvoir comparer les performances en terme de sensibilité, de spécificité et de reproductibilité des différentes solutions à partir de données réelles et non pas supposées ou déduites. Les objectifs de l'étude interviennent également dans le choix de la méthode de mesure des expositions la mieux adaptée.



## EXPOLOGIE – EVALUATION DES RISQUES

### Influence de la matrice sur la bioaccessibilité du cuivre, du zinc et du nickel mesurés dans les poussières domestiques et dans les sols

**Source :** Rasmussen P.E., Beauchemin S., Nugent M. *et al.* ; Influence of matrix composition on the bioaccessibility of copper, zinc, and nickel in urban residential dust and soil ; Human and Ecological Risk Assessment, 14(2) [2008]: 351-371.

**Article analysé par :** Vincent NEDELLEC, Vincent Nedellec Conseils ; [vincent.nedellec@vnc-sante.fr](mailto:vincent.nedellec@vnc-sante.fr)

Les concentrations en métaux toxiques comme l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel... dans les poussières d'habitations en zones urbaines s'avèrent généralement plus élevées que celles mesurées à l'extérieur dans les sols. Dans les zones contaminées par l'industrie ou par un fond géochimique particulier, c'est généralement l'inverse qui est observé. Les causes de ce constat sont encore mal connues et généralement attribuées à l'affinité de ces métaux pour la matière organique, la présence de source métallique à l'intérieur ou la taille des particules. Ces ratios intérieur/extérieur augmentent lorsque l'on tient compte de la bioaccessibilité <sup>(1)</sup>. La mesure des concentrations dans les sols extérieurs n'est donc pas un bon indicateur d'exposition résidentielle. L'étude a pour objectifs de mesurer la spéciation chimique et physique des métaux <sup>(2)</sup> et d'explicitier le rôle de la composition des matrices (sols et poussières) dans la bioaccessibilité.

L'étude se base sur 63 échantillons de poussières intérieures et 66 échantillons de sols extérieurs de 22 maisons d'Ottawa (Canada). Le cuivre, le zinc et le nickel sont recherchés dans les poussières et les sols dans la fraction granulométrique inférieure à 150 µm. Deux méthodes d'extraction sont utilisées : une extraction totale à haute pression et forte température assistée de micro-ondes en présence d'HNO<sub>3</sub> et de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, puis détermination par ICP-MS ; une extraction de type bioaccessible (conformément à la norme européenne pour la

sécurité des jouets EN-71 1995, simulant les conditions du tractus digestif humain) réalisée dans un bain de 250 mL/g à 37 °C additionné d'HCl jusqu'à atteindre un pH de 1,5 après une minute de mise en contact, puis agité pendant une heure. La teneur en carbone des échantillons est mesurée. Les spéciations du cuivre et du zinc sont déterminées par spectrométrie d'absorption des rayons X.

Les masses de poussières intérieures collectées étant faibles, seize échantillons n'ont pu faire l'objet que d'une extraction totale. Les résultats sont présentés dans le tableau en page suivante.

Les résultats montrent la plus grande bioaccessibilité des métaux dans les poussières de maison comparée à leur bioaccessibilité dans les sols à l'extérieur.

À partir de six échantillons prélevés dans l'une des maisons, les auteurs montrent que la bioaccessibilité du cuivre et du nickel augmente lorsque la taille des particules analysées diminue. En revanche, la taille des particules n'a pas d'effet sur la bioaccessibilité du zinc. L'analyse des différentes spéciations du zinc montre une affinité particulière de ce métal avec la partie minérale des poussières de maison. La forme hydroxyle carbonate représente environ 50 % de la masse totale de zinc. Ces résultats ne sont pas identiques pour les spéciations du cuivre qui semblent être majoritairement sous forme organique. L'affinité du cuivre pour la fraction organique des poussières est donc confirmée dans cette étude.

**Concentrations en métaux dans le sol extérieur et dans les poussières intérieures et bioaccessibilité définie comme le ratio « concentration bioaccessible / concentration totale »**

	Limite de détection en µg/g (nombre d'échantillons)		Concentrations médianes en µg/g de matière sèche	
	Sol	Poussières	Sol	Poussières
<b>Cuivre</b>				
Cuivre total	5 (66)	0,4 (63)	17	152
Cuivre soluble #	1 (66)	0,4 (47)	5	66
Bioaccessibilité (%)			30	46
<b>Nickel</b>				
Nickel total	5 (66)	0,04 (63)	13	41
Nickel soluble #	0,1 (66)	0,04 (47)	2	16
Bioaccessibilité (%)			16	41
<b>Zinc</b>				
Zinc total	20 (66)	3 (63)	84	626
Zinc soluble #	4 (66)	3 (47)	18	410
Bioaccessibilité (%)			24	68
<b>Carbone organique (%)</b>	-	-	5,1	27,8
<b>Carbone inorganique (%)</b>	0,02 (66)	0,48 (47)	0,11	1,11

# soluble dans la solution acide simulant le liquide stomacal

Le protocole de mesure pour la fraction bioaccessible, issu de la norme EN-71, prescrit un ratio volume/masse entre le bain acide et la masse d'échantillon de 50 à 500 mL/g. Ayant testé des ratios allant jusqu'à 5 000 mL/g, les auteurs observent que ce ratio influence les résultats de bioaccessibilité. Celles du cuivre et du nickel sont multipliées par deux lorsque l'on multiplie par 20 le volume du bain acide (de 250 mL/g à 5 000 mL/g). Les auteurs recommandent d'utiliser un ratio de 10 000 mL/g pour mesurer la bioaccessibilité pour l'adulte, car ce ratio est plus proche des conditions réelles dans l'estomac. Les coefficients de corrélation entre la fraction bioaccessible et la concentration totale sont égaux à 0,84 pour le cuivre, 0,68 pour le nickel et 0,94 pour le zinc. Ceci confirmerait que la bioaccessibilité est indépendante des limites de solubilité.

Les auteurs concluent que la teneur en carbone organique dans les poussières, ainsi que la taille, sont les facteurs contrôlant les concentrations en métaux bioaccessibles dans les poussières intérieures. L'exposition estimée à partir des concentrations en métaux dans les sols extérieurs sous-estime les concentrations dans les poussières intérieures.

### Commentaires

Cette étude est très intéressante et riche d'enseignements en matière d'exposition intérieure. Elle sera très utile aux évaluateurs de risque et aux épidémiologistes. On peut toutefois regretter que les résultats ne concernent que trois métaux, alors que les protocoles d'analyse utilisés permettent certainement la recherche de nombreux autres éléments métalliques d'intérêt sanitaire. On note que les concentrations totales dans les sols sont inférieures aux concentrations bioaccessibles dans les poussières qui, elles-mêmes, ne sont qu'une part des concentrations totales intérieures. Selon les auteurs, ceci serait plus imputable à la nature des poussières qu'à d'éventuelles sources intérieures. Si la teneur en matière organique semble une explication valable pour le cuivre et le nickel, elle ne peut l'être pour le zinc.

(1) La bioaccessibilité est la fraction de polluant (ici les métaux) extraite de la matrice (poussières, sols, aliments, boissons) par les fluides digestifs tout au long du tractus gastro-intestinal. Cette extraction réalisée par le tractus digestif humain est généralement moins efficace que celle effectuée avec des acides forts dans les laboratoires d'analyse.

(2) La spéciation est la valence de l'élément, par exemple As III / As V ou Cr VI / Cr III. Elle renvoie également à l'identité du complexe dans lequel l'élément se trouve : par exemple PbO<sub>2</sub>. Cette spéciation dépend de plusieurs paramètres dont le pH ou le potentiel redox. Les constituants organiques ou minéraux des sols et des poussières influencent l'équilibre entre ces différentes formes.

### **Autre article d'intérêt sur la thématique EXPOLOGIE / ÉVALUATION DES RISQUES :**

Thompson B., Coronado G.D., Vigoren E.M. *et al.* ; Para Niños Saludables: A community intervention trial to reduce organophosphate pesticide exposure in children of farmworkers ; *Environmental Health Perspectives*, 116(5) [2008]: 687-694.

---

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

Destailats H., Maddalena R.L., Singer B.C. *et al.* ; Indoor pollutants emitted by office equipment: A review of reported data and information needs ; *Atmospheric Environment*, 42(7) [2008]: 1371-1388.

Bessot J.C. et Pauli G. ; Allergènes rares de l'environnement intérieur ; *Revue Française d'Allergologie et d'Immunologie Clinique*, 48(2) [2008]: 95-101.

Larsson L. ; Use of mass spectrometry for determining microbial toxins in indoor environments ; *Journal of Environmental Monitoring*, 10(3) [2008]: 301-304.

Trautmann C. ; Actinomycetes in indoor environment ; *Allergologie*, 31(3) [2008]: 99-109.

Bernstein J.A., Alexis N., Bacchus H. *et al.* ; The health effects of nonindustrial indoor air pollution ; *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 121(3) [2008]: 585-591.

Portnoy J.M., Barnes C.S. and Kennedy K. ; Importance of mold allergy in asthma ; *Current Allergy and Asthma Reports*, 8(1) [2008]: 71-78.

Van Hoof J. ; Forty years of Fanger's model of thermal comfort: comfort for all? ; *Indoor Air*, 18(3) [2008]: 182-201.

Tovey E.R. ; Allergen avoidance ; *Current Allergy and Asthma Reports*, 8(2) [2008]: 126-132.

Biette G.B., McCormack M.C., Hansel N.N. *et al.* ; Environmental issues in managing asthma ; *Respiratory Care*, 53(5) [2008]: 602-615.

Azuma K., Uchiyama I. and Ikeda K. ; The regulations for indoor air pollution in Japan: a public health perspective ; *Journal of Risk Research*, 11(3) [2008]: 301-314.

De Blay F., Ott M. et Posa M. ; Faut-il agir sur l'environnement pour la prévention primaire et tertiaire des maladies allergiques ? ; *Revue Française d'Allergologie et d'Immunologie Clinique*, 48(3) [2008]: 130-134.

### **Revue des maladies respiratoires, [2008]**

Cicolella A. ; Les composés organiques volatils (COV) : définition, classification et propriétés ; 25(2): 155-163.

Maupetit F. ; Méthodologie d'évaluation des caractéristiques sanitaires et environnementales des produits de construction ; 25(2): 164-172.

Casset A. et de Blay F. ; Effets sur la santé des composés organiques volatils de l'habitat ; 25(4): 475-485.

### **N° spécial du *Scandinavian Journal of Work Environment & Health*, Suppl. 4 [2008]**

Morawska L. ; Identifying and managing indoor-air problems ; 5-9.

Schneider T. ; Dust and fibers as a cause of indoor environment problems ; 10-17.

Lappalainen S., Salonen H., Lindroos O. *et al.* ; Fungal species in mold-damaged and nondamaged office buildings in southern Finland ; 18-20.

Andrejs B. and Rietschel P. ; Multifunctional analysis of health problems in office spaces ; 21-24.

Schneider T. ; Resolving indoor-air problems ; 25-29.

Lahtinen M., Lappalainen S. and Reijula K. ; Multiprofessional teams resolving indoor-air problems - emphasis on the psychosocial perspective ; 30-34.

Andersson K. ; Examining building-related symptoms in clinical practice ; 50-53.

Clements-Croome D. ; Work performance, productivity and indoor air ; 69-78.

Antikainen R., Lappalainen S., Lonnqvist S. *et al.* ; Exploring the relationship between indoor air and productivity ; 79-82.

Reijula K. ; Healthy air, better work - now and forever ; 83-86.

## INFORMATIONS DIVERSES

---

### Comptes-rendus de congrès

#### État de la ventilation dans les logements français, Paris, 16 juin 2008

L'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) a organisé ses derniers ateliers de la QAI\* sur le thème de la ventilation dans les logements. Il s'agissait notamment de présenter les enseignements de la campagne nationale « Logements » de 2003-2005 concernant spécifiquement la ventilation. Cette dernière a été évaluée par des moyens différents et complémentaires : une inspection visuelle du logement permettant d'évaluer qualitativement la perméabilité de l'enveloppe ; un descriptif des habitudes des ménages, s'agissant notamment des pratiques d'ouverture des fenêtres ; la mesure des débits d'air extrait aux bouches d'extraction, lorsque celles-ci existent ; la mesure du CO<sub>2</sub>, produit du métabolisme humain et marqueur du confinement, dans une chambre du logement.

Parmi les très nombreux résultats découlant de ces travaux, l'OQAI\* souligne le fait que la moitié du parc de logements représente des constructions anciennes non soumises aux réglementations les plus exigeantes en terme de maîtrise de l'énergie. Parallèlement, les logements plus récents, montrant donc une meilleure maîtrise des conditions d'aération grâce aux systèmes mécanisés, accusent cependant fréquemment des dysfonctionnements qui limitent fortement leur fiabilité. Enfin, l'OQAI\* met en avant le comportement déterminant des occupants dans l'aération des logements, par le biais de l'ouverture des fenêtres et des portes y compris en période de chauffage.

➔ Pour plus d'informations, consulter le site web de l'OQAI\* : <http://www.air-interieur.org>

---

#### 5<sup>th</sup> *Warwick Healthy Housing*, Université de Warwick, Coventry, 17-19 mars 2008

Cette conférence internationale sur le thème « Habitat Santé » est la cinquième depuis 1986 à être organisée par la faculté de droit de l'Université de Warwick sous l'égide de l'OMS\*. Contrairement aux conférences de plus grande ampleur que sont *Indoor Air* et *Healthy Buildings*, consacrées presque exclusivement à la qualité de l'air intérieur, celle-ci s'inscrit dans la lignée des symposiums organisés par l'OMS\*, dont le dernier a eu lieu en octobre 2004 à Vilnius. La spécificité des conférences de Warwick est d'apporter, en plus de la présentation des recherches internationales les plus récentes, un éclairage particulier sur les aspects réglementaires et législatifs pour tout ce qui concerne l'habitat et la santé. Près de 150 participants provenant de tous les continents et de nombreux pays, parmi lesquels sept Français, ont suivi la conférence organisée en sessions plénières et en ateliers consacrés à différentes thématiques telles que l'adaptation des logements au vieillissement de la population et au handicap, la précarité énergétique, l'efficacité énergétique, la santé des enfants, les accidents domestiques, le saturnisme, les risques associés aux infestations par des nuisibles...

Le thème majeur de la conférence a été l'évaluation de l'impact sur la santé d'interventions sur l'habitat. En particulier, les résultats en terme sanitaire de travaux s'inscrivant dans des programmes conduits en Nouvelle-Zélande et au Royaume-Uni (pays où l'efficacité énergétique des logements était initialement mauvaise) ont été présentés. En Nouvelle-Zélande, la température à l'intérieur des logements est bien inférieure aux recommandations

de l'OMS\*. Les résultats d'une étude randomisée, the *Housing, Insulation and Health Study* <sup>(1)</sup>, montrent que l'amélioration de l'isolation de près de 1 400 logements occupés par des personnes souffrant de pathologies respiratoires chroniques, a eu un impact favorable sur la santé et sur la qualité de vie des résidents avec une diminution significative des hospitalisations. Une seconde étude interventionnelle randomisée en simple-aveugle, la *Housing, Heating and Health Study*, conduite dans 409 foyers néo-zélandais, montre que l'amélioration du chauffage (remplacement d'appareils à gaz non raccordés ou d'appareils électriques portables de 2 kW par des pompes à chaleur, des appareils à bois ou encore des appareils à gaz raccordés) permet de réduire significativement les symptômes chez des enfants asthmatiques. Au Royaume-Uni, des enquêtes ont évalué l'impact sur la santé de 2 685 personnes ayant participé au principal programme gouvernemental d'amélioration de l'efficacité énergétique dans l'habitat précaire, le *Warm Front Scheme*. Après l'intervention, une élévation significative des températures, une diminution de l'humidité et des moisissures, ainsi qu'une diminution des difficultés pour payer les factures, ont été constatées. Le programme du *Warm Front* a eu un impact favorable sur la plupart des paramètres de santé rapportés par auto-questionnaire, en particulier sur la santé mentale des résidents. En revanche, l'impact potentiel sur le changement climatique n'est pas celui qui était escompté, du fait notamment d'une augmentation de la consommation d'énergie des ménages après l'intervention.

En conclusion, la conférence de Warwick 2008 a contribué à donner une vision claire et actualisée des programmes de recherche consacrés à l'évaluation des liens entre l'habitat et la santé. Elle a permis des échanges fructueux interdisciplinaires, ainsi que l'initiation de projets de recherche internationaux, en particulier sur les effets sanitaires de la précarité énergétique.

(1) Howden-Chapman P., Matheson A., Viggers H. *et al.* ; Retrofitting houses with insulation to reduce health inequalities: results of a clustered, randomised trial in a community setting ; British Medical Journal, 334 [2007]: 460-464.

*Compte-rendu rédigé par Véronique EZRATTY, Service des études médicales d'EDF*

---

## Thèse

### **Relations entre cadre et mode de vie, santé respiratoire et symptômes allergiques : mise en place d'une cohorte de nouveau-nés franciliens et bilan au terme d'un an de suivi**

*Cette thèse a été réalisée à la Faculté des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques Paris Descartes, avec le soutien logistique de la Mairie de Paris. Elle a été soutenue le 19 décembre 2007.*

Le travail de thèse réalisé concerne tout d'abord la mise en place du suivi d'une cohorte de naissances en population générale, menée en région francilienne et visant à évaluer les relations entre, d'une part, les manifestations respiratoires et allergiques et, d'autre part, les facteurs liés au mode et au cadre de vie dans lequel évoluent les enfants. L'élaboration du protocole de cette enquête prospective <sup>(1)</sup> s'appuie sur une analyse détaillée de la littérature relative à ce type d'étude, consistant à documenter de façon précise les méthodologies employées et à recenser l'ensemble des facteurs de risque considérés dans la recherche de l'étiologie des symptômes respiratoires et allergiques de l'enfant.

Les 4 177 nouveau-nés inclus dans la cohorte de février 2003 à juin 2006 constituent deux tiers des sujets éligibles et présentent un profil socio-démographique comparable à celui habituellement décrit dans d'autres cohortes analogues ; la catégorie socioprofessionnelle des parents, la taille de la fratrie, l'âge de la mère et l'origine géographique des parents influent sur l'acceptation de participer à la cohorte, comme sur l'adhésion au suivi longitudinal.

Au terme de la première année de suivi des nourrissons, les cinq questionnaires régulièrement renseignés par les parents ont permis de décrire la chronologie des évènements sanitaires et l'évolution des facteurs liés au mode et au cadre de vie où ils ont vécu de leur naissance à leur premier anniversaire, ces données constituant un précieux observatoire des premiers mois de vie des jeunes franciliens. L'incidence des infections des voies respiratoires, des sifflements, de l'eczéma, et la répétition de ces manifestations tout au long de la première année de vie ont été documentées. En termes d'incidences cumulées jusqu'au premier anniversaire, moins de 10 % des nourrissons n'ont eu aucun rhume ; les otites comme les

bronchites/bronchiolites concernent 40 % des enfants ; l'eczéma et les signes évocateurs d'allergie alimentaire touchent respectivement 27 et 2,8 % de la population ; 21,6 % des nourrissons présentent des sifflements, récurrents (trois épisodes ou plus) dans un cas sur trois.

En considérant tout particulièrement la fréquence des épisodes de sifflement et leur association à d'autres signes respiratoires comme la gêne respiratoire, la toux sèche nocturne et l'essoufflement, et en utilisant une méthode de classification, deux phénotypes respiratoires distincts ont été identifiés <sup>(2)</sup>. La recherche des facteurs de risque confirme le profil différencié de ces deux phénotypes. L'un (G2), correspondant aux nourrissons présentant des symptômes sévères d'obstruction bronchique (23,5 % de l'effectif total), semble dominé par les infections des voies respiratoires hautes et basses (OR\* ajusté d'appartenir à G2 : 1,38 [1,27 – 1,49] par bronchite/bronchiolite supplémentaire par comparaison au groupe de référence G0, formé d'enfants quasiment asymptomatiques). Plusieurs facteurs associés à G2 sont d'ailleurs clairement reliés aux infections répétées des voies respiratoires basses, comme par exemple, la fréquentation d'une crèche collective avant l'âge d'un an (OR\* ajusté : 1,35 [1,08 – 1,69] par rapport à la non fréquentation) ou la présence d'animaux domestiques (OR\* ajusté : 0,70 [0,52 – 0,94] par rapport à l'absence). Les résultats suggèrent que ces infections des voies respiratoires basses fragilisent l'arbre respiratoire des nourrissons de ce groupe, les rendant alors plus sensibles aux agents chimiques de l'environnement intérieur, provenant notamment de la fumée de tabac environnementale (FTE) (OR\* ajusté : 1,45 [1,14 – 1,84] pour les nourrissons exposés vs les non exposés à la FTE).

L'autre phénotype (G1), regroupant tous les nourrissons ayant souffert d'une toux sèche nocturne (8,7 % de la population étudiée), apparaît associé aux antécédents parentaux d'asthme, à une naissance pendant les mois de printemps, aux signes d'eczéma et d'allergie alimentaire (OR\* ajustés respectifs : 2,89 [1,04 – 8,05] pour deux parents asthmatiques *vs* aucun, 1,71 [1,10 – 2,65] par rapport à une naissance en automne, 1,40 [1,00 – 1,96] pour les nourrissons avec eczéma *vs* sans et 2,03 [0,99 – 4,15] en cas de signes évocateurs d'allergie alimentaire *vs* aucun), suggérant une prédisposition de ces enfants à l'allergie. L'allaitement maternel réduit le risque de présenter le phénotype G1 (OR\* ajusté : 0,93 [0,88 – 0,99] pour chaque mois d'allaitement maternel supplémentaire par comparaison aux nourrissons du groupe G0). Le profil particulier du phénotype G1 est conforté par la mise en évidence de l'effet protecteur d'un entretien fréquent du domicile (OR\* ajustés : 0,57 [0,38 – 0,84] en cas de passage quotidien de l'aspirateur *vs* moins souvent et 0,64 [0,44 – 0,94] en cas de passage hebdomadaire d'un balai équipé de lingettes *vs* moins souvent), ce qui évoque l'effet bénéfique de la réduction de l'exposition aux allergènes de l'environnement intérieur pour les enfants de ce groupe. Par ailleurs, la séparation des parents a un effet aggravant (OR\* ajusté : 2,65 [1,28 – 5,52]) pour les nourrissons présentant ce phénotype respiratoire, ce qui est cohérent avec l'impact documenté de certains facteurs psychosociaux sur l'aggravation d'un asthme préexistant chez des enfants plus âgés.

Enfin, des facteurs de risque d'eczéma (sexe masculin, antécédents parentaux et personnels d'allergie, humidité du domicile et revêtements récents sur les murs et/ou les sols du logement) et des symptômes évocateurs de rhinite allergique (antécédents parentaux et personnels d'allergie, signes d'obstruction bronchique, humidité du domicile, tabagisme passif postnatal et certains événements familiaux) ont également été mis en évidence, ce qui est peu décrit dans la littérature à cet âge de la vie.

Cette thèse présente le premier bilan au terme d'un an de suivi des enfants de la cohorte francilienne. Les résultats portent sur un effectif de 2 726 nourrissons, pour lesquels les données étaient disponibles au moment de l'exploitation statistique. Ils devront être complétés pour l'ensemble des enfants inclus dans la cohorte et suivis jusqu'à leur premier anniversaire. Enfin, le suivi longitudinal de la cohorte se poursuit et donnera lieu à des analyses ultérieures qui permettront de confirmer ou d'infirmer ces observations novatrices, relatives tant aux profils des phénotypes respiratoires identifiés qu'aux facteurs de risque mis en évidence.

➔ Pour plus d'informations, contacter Bénédicte CLARISSE : [benedicte.clarisse@hotmail.com](mailto:benedicte.clarisse@hotmail.com)

(1) Clarisse B., Nikasinovic L., Poinard R. *et al.* ; The Paris prospective birth cohort study: Which design and who participates? ; *European J Epidemiol*, 22(3) [2007]: 202-210.

(2) Clarisse B., Demattei C., Nikasinovic L. *et al.* ; Bronchial obstructive phenotypes in the first year of life among Paris birth cohort infants ; *Pediatr Allergy Immunol* (sous presse)

---

## Sur le web

Dans la continuité de la publication des premières valeurs guides de qualité d'air intérieur (VGAI) en 2007, l'**Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET)** a publié, en **mai 2008**, les VGAI qu'elle propose pour le **benzène**. L'examen des données relatives aux effets du benzène sur la santé humaine et des valeurs de référence déjà existantes pour ce composé a conduit le groupe de travail *ad hoc* à proposer :

- pour les effets hématologiques non cancérogènes : une valeur guide court terme de 30 µg.m<sup>-3</sup> en moyenne sur 14 jours, une valeur guide intermédiaire de 20 µg.m<sup>-3</sup> en moyenne sur un an et une valeur guide de 10 µg.m<sup>-3</sup> pour une exposition d'une durée supérieure à un an ;
- pour les effets hématologiques cancérogènes : une valeur guide égale à 2 µg.m<sup>-3</sup> ou 0,2 µg.m<sup>-3</sup> en fonction du niveau de risque choisi,

respectivement 10<sup>-5</sup> et 10<sup>-6</sup> (correspondant à une probabilité de survenue de 1 cancer sur 100 000 personnes, ou sur un million, exposées « vie entière »).

Toujours en **mai 2008**, l'AFSSET a rendu public le rapport d'évaluation des risques sanitaires pour la population générale liés aux expositions au formaldéhyde dans l'air ambiant et l'air intérieur. Ce document est accompagné d'une revue bibliographique des dangers du formaldéhyde et d'un choix de valeurs toxicologiques de référence, faisant l'objet d'un rapport spécifique. L'évaluation des risques est basée d'une part, sur la caractérisation d'expositions de courte durée liées à l'utilisation ponctuelle de produits de grande consommation (les émissions de 32 produits ont été testées), et d'autre part, sur l'étude de situations d'exposition chronique dans les lieux de vie fréquentés au quotidien.

Il en ressort que la survenue d'irritations oculaires et nasales n'est pas exclue, aussi bien lors de l'utilisation de certains produits, en conditions normales, que du fait du temps passé dans le logement. Le rapport conclut par ailleurs que le risque pour la population générale de développer un cancer du nasopharynx suite à l'inhalation de formaldéhyde seul semble négligeable au vu des niveaux de concentration actuellement mesurés dans l'air.

**Valeurs guides de qualité d'air intérieur, Le benzène**, Avis de l'AFSSET et rapport d'expertise collective, Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail, en partenariat avec le Centre scientifique et technique du bâtiment ; Mai 2008 – 95 pages

**Risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements intérieurs et extérieurs, Toxicité du formaldéhyde, état des connaissances sur la caractérisation des dangers et choix des valeurs toxicologiques de référence**, Avis de l'AFSSET et rapport d'expertise collective ; Mai 2008 – 88 pages

**Risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements intérieurs et extérieurs, Évaluation des risques sanitaires pour la population générale**, Avis de l'AFSSET et rapport d'expertise collective ; Mai 2008 – 103 pages

➔ <http://www.afsset.fr>, Rubriques *Les activités scientifiques > Les milieux de vie > Air > Air intérieur : valeurs guides* ou *Formaldéhyde*

---

**L'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN)** a publié en **mai 2008** un guide méthodologique pour mesurer la concentration en **radon dans les établissements thermaux**. Basé sur la norme AFNOR NF M60-771, ce guide s'appuie également sur des études menées par l'IRSN dans trois établissements thermaux français. Il fournit des éléments sur le nombre et l'implantation des appareils de mesure (choix des bâtiments et des locaux), ainsi que sur la pose et la dépose. Les modalités d'expression des résultats sont présentées. Une étude de cas est rapportée en annexe.

**Mesurage de l'activité volumique du radon dans les établissements thermaux**, Guide méthodologique référencé DEI/SARG/2008-028 ; Mai 2008 – 10 pages

➔ <http://www.irsn.org/>, Rubriques *Librairie > Guides techniques*

---

**L'Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM)** et **l'Institut de veille sanitaire (InVS)** ont publié en **juillet 2008** un ouvrage sur les stratégies de **dépistage du saturnisme chez l'enfant**, en réponse à une demande de la Direction générale de la santé. Ce document représente un complément de l'expertise collective de 1999 « Plomb dans l'environnement : quels risques pour la santé ? ». L'évolution de l'exposition infantile au plomb en France depuis cette dernière date et les facteurs de risque connus sont rapportés. Puis, après un bilan des activités de dépistage en France et des pratiques dans les autres pays, un jeu de différentes stratégies est proposé, adaptées à différents contextes (habitat à risque, site industriel voisin, zone à risque hydrique...).

de membres du personnel à l'automne 2007. L'ensemble des résultats a conduit les auteurs à avancer l'hypothèse d'un **syndrome des bâtiments malsains**, accentué par l'apparition concomitante de deux cas de dermatoses sévères sans lien avec la symptomatologie décrite.

**Saturnisme : quelles stratégies de dépistage chez l'enfant ?**, Expertise opérationnelle, Rapport InVS / INSERM ; Juillet 2008 – 316 pages

**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**, Chaud P., Heyman C. et Amah-Tchoutchoui K., Cellule interrégionale d'épidémiologie Nord ; Août 2008 – 42 pages

➔ <http://www.invs.sante.fr/>, Rubriques *Publications > Rapports scientifiques > Santé et environnement*

Par ailleurs, un rapport publié en **août 2008** par l'InVS présente les résultats des investigations épidémiologiques, cliniques et environnementales menées au centre hospitalier Henri Theillou (Clermont de l'Oise, 60), suite à la survenue de symptômes cutanés de type irritatif chez une dizaine

La qualité de l'air intérieur a occupé une place non négligeable dans les échanges du **Grenelle de l'Environnement** en 2007. Au sein des comités opérationnels mis en place ensuite, elle a été principalement abordée dans celui traitant des bâtiments neufs publics et privés (N°1). En effet, alors qu'une attention particulière est portée aux économies d'énergie dans le secteur du bâtiment, la QAI\* ne doit pas parallèlement être écartée des composantes de cette problématique. Ainsi, des mesures sont proposées relatives à l'étiquetage obligatoire des matériaux de construction et de décoration sur leurs émissions en COV\* et à

l'interdiction, dans ces produits, des substances cancérigènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction de catégories 1 et 2 selon la réglementation européenne.

**Grenelle de l'environnement, Comité opérationnel n°1, Bâtiments neufs publics et privés**, Maugard A., Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire ; Mars 2008 – 52 pages

➔ <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/>, Rubrique *Rapports publics*

La sensibilisation et l'information de la population générale et de personnes ressources sur le risque lié au **monoxyde de carbone** font partie intégrante des moyens de prévention et de réduction des intoxications oxycarbonées. La Direction de la santé publique de l'**Agence de la santé et des services sociaux de Montréal** présente, dans un rapport en date de **2008**, l'organisation de sa stratégie de communication mise en place durant l'hiver 2006/2007 : les populations cibles, le calendrier des actions, les outils utilisés et les relais exploités. Cette

présentation se termine par une évaluation de la campagne, en termes de bénéfices sanitaires notamment.

**Campagne de prévention des intoxications au monoxyde de carbone, Automne - hiver 2006/2007**, Palmieri S., Agence de la santé et des services sociaux de Montréal ; 2008 – 45 pages

➔ <http://www.santepub-mtl.qc.ca/Publication/pdfenvironnement/campagnemonoxyde0607.pdf>

---

## GLOSSAIRE

**COV** : Composés Organiques Volatils

**IC<sub>95%</sub>** : Intervalle de Confiance à 95 %

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé

**OQAI** : Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur

**OR** : Odd Ratio

**PBDE** : Polybromodiphényléthers

**PCB** : Polychlorobiphényles

**PM<sub>1 / 2,5 / 10</sub>** : Particules de diamètre aérodynamique médian inférieur à 1 / 2,5 / 10 µm

**PUF** : Particules Ultrafines

**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 Laflèche

Directeur de la rédaction : André Cicolella

Comité de rédaction du N°24 : Desqueyroux H., Guillaum M-T., Guillosoy G., Guitton S., Le Moullec Y., Mandin C., Nedellec V. et Teton S., avec la participation de Festy B.

Coordination et contact : Corinne Mandin, [corinne.mandin@ineris.fr](mailto: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 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, 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 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 de Recherches sur la Catalyse et l'Environnement de Lyon, 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 d'EDF, Université Bordeaux II – Équipe EA 3672 Santé Travail Environnement, Université de Caen, Vincent Nedellec Conseils.

Pour tout abonnement à la version électronique du bulletin, adressez vos coordonnées par email à : [corinne.mandin@ineris.fr](mailto:corinne.mandin@ineris.fr)