



Info Santé Environnement Intérieur

N°19
Juin 2007

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

EDITO

Qualité de l'air intérieur et performance énergétique des bâtiments : antinomie ou convergence ?

Le secteur du bâtiment représente à ce jour 22 % des émissions de dioxyde de carbone (2/3 attribuables au résidentiel et 1/3 au tertiaire). Les besoins en énergie associés au renouvellement d'air représentent 30 à 40 % des besoins de chauffage d'un bâtiment. Cette part a en outre tendance à augmenter du fait de l'amélioration de l'isolation du bâti conduisant à limiter les déperditions de chaleur par l'enveloppe. À l'heure des politiques publiques de réduction des émissions de gaz à effet de serre par 4 (plan « facteur 4 »), la ventilation constitue donc une composante majeure pour l'atteinte des objectifs nationaux.

Parallèlement, en France, la ventilation des bâtiments est globalement médiocre pour de multiples raisons : une réglementation complexe, peu appliquée et très peu contrôlée, des intervenants multiples (tant au niveau de la conception que de l'installation) et une absence de référents qualifiés uniques, une maintenance quasi inexistante, l'impact sous-estimé des travaux de rénovation et de réhabilitation, une appropriation nulle, voire même un rejet, par les occupants. Le développement de systèmes de ventilation performants, condition *sine qua non* pour garantir un air sain dans les locaux, est ainsi indispensable. On peut dès lors s'interroger sur la compatibilité des deux objectifs, apparemment contradictoires, de réduction des dépenses énergétiques et d'amélioration de la qualité de l'air intérieur.

C'est précisément cette dualité qui constitue le challenge à relever pour les prochaines années. De premiers travaux réalisés à la demande de l'ADEME ⁽¹⁾ montrent que la conciliation de ces problématiques est non seulement réaliste, mais réellement positive. L'amélioration des performances des systèmes de ventilation sur l'ensemble du parc (réglage au débit réglementaire, évolutions des techniques : modulation des débits en fonction de l'occupation, ventilation mécanique contrôlée hygroréglable, ventilation double flux...) permet simultanément une réduction des émissions de CO₂ représentant jusqu'à 25 % de l'effort à fournir dans le secteur du bâtiment d'ici 2050 pour atteindre le « facteur 4 ».

Les besoins de recherche et développement sont indéniables. Il faut imaginer des solutions de ventilation innovantes conciliant exigences de qualité d'air intérieur et maîtrise de l'énergie et, par exemple, favoriser la création de systèmes intelligents dont le fonctionnement serait modulé par un indicateur de qualité d'air intérieur. Un tel indicateur, composite par essence, est nécessairement complexe à élaborer, puisque devant représenter simplement un environnement aux multiples facettes. Son élaboration passe par une meilleure identification des sources d'émission de substances chimiques ou agents biologiques dans les environnements clos. Parallèlement, la profession du bâtiment doit évoluer vers plus de technicité grâce à une formation adaptée des ingénieurs et une qualification des installateurs des systèmes.

Le « facteur 4 » ne doit en aucun cas être atteint au détriment de la qualité de l'air intérieur, mais les deux problématiques doivent être associées et offrir simultanément des perspectives de recherche et d'évolution des métiers.

Alain MORCHEOINE, Directeur de l'air, du bruit et de l'efficacité énergétique, Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME)

(1) « Installations de ventilation dans l'existant : enjeux et propositions d'amélioration à travers les diagnostics ». Lire plus d'informations sur cette étude en page 16 de ce bulletin.

SOMMAIRE

Substances → p2 ; Lieux de vie → p4 ; Effets sanitaires → p5 ; Expologie – Évaluation des risques → p10 ; Informations diverses → p15

Les astérisques renvoient aux termes du glossaire. → p19

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

Effets de l'utilisation d'huiles essentielles sur la qualité de l'air intérieur

Les huiles essentielles, majoritairement constituées de substances chimiques contenant des groupes carbonyles, deviennent un sujet d'étude incontournable du fait de leur apparition dans les environnements intérieurs en lien avec des produits de consommation. L'objet de cette étude est de caractériser les émissions de composés organiques volatils (COV) lors de l'évaporation d'huiles essentielles dans des environnements intérieurs.

Les trois huiles choisies correspondent aux huiles les plus vendues selon les résultats d'une enquête de marché nationale : l'huile de lavande (*Lavandula angustifolia*), l'huile d'eucalyptus (*Eucalyptus globules*) et l'huile d'arbre à thé (*Melaleuca alternifolia*). La composition chimique de ces huiles a été préalablement déterminée. Un diffuseur d'huiles essentielles utilisant une bougie est employé afin d'évaporer 300 µL d'huile diluée dans 50 mL d'eau distillée. Les mesures sont menées dans deux types d'environnements intérieurs : une chambre (volume : 21,6 m³) et un bureau (28,2 m³) avec des taux de renouvellement d'air (TRA) de respectivement 1,8 h⁻¹ et 1,3 h⁻¹. Durant les trois heures qui suivent le début de l'évaporation de l'huile, des mesures de monoxyde de carbone (CO), de dioxyde de carbone (CO₂), de COV* totaux (COV_T) et de PM₁₀* sont réalisées toutes les minutes grâce à des analyseurs automatiques, tandis que des prélèvements de bactéries et de moisissures dans l'air de la pièce sont effectués régulièrement (30, 60, 120 et 180 minutes). Enfin, des tubes contenant des adsorbants spécifiques (Tenax TA et

Carboxène) sont utilisés afin de mesurer des COV* indicateurs (d-limonène, p-cymène, eucalyptol, linalool et 4-terpinénol) durant la période d'évaporation de l'huile.

De ces travaux, il ressort que :

- les émissions de COV_T apparaissent maximales durant les vingt premières minutes d'évaporation pour l'eucalyptus et l'arbre à thé, tandis que pour la lavande, les émissions croissent plus lentement pour atteindre une valeur stable à partir de 30 à 45 minutes. Le niveau moyen de COV_T durant l'évaporation des huiles est de 0,74 ppm contre 0,48 ppm avant les essais ;
- les concentrations en CO et en CO₂ sont significativement supérieures en période d'évaporation des huiles (1,48 contre 0,47 ppm et 543 contre 435 ppm, respectivement), tandis que les niveaux de PM₁₀* semblent légèrement plus élevés en période d'évaporation, mais les différences observées sont peu significatives (2,45 contre 2,42 ppm) ;
- après évaporation de chacune des huiles, les concentrations de bactéries décroissent avec un niveau minimal atteint après 30 minutes. Toutefois, il semble que cet effet sur les bactéries ne persiste pas dans le temps, comme pour les moisissures dont les niveaux diminuent également après 30 minutes.

Concentrations en µg/m³ des COV* indicateurs mesurés durant l'évaporation des huiles

Composé	Source majoritaire	Bureau	Chambre
Linalool	Lavande	496 à 604	594 à 978
d-Limonène	Eucalyptus, Arbre à thé, Lavande	2 à 69	< 32
4-Terpinénol	Arbre à thé	623 à 882	468 à 954
p-Cymène	Arbre à thé	< 132	14 à 173
Eucalyptol	Eucalyptus	42 à 1541	34 à 522

Jusqu'à présent, les études portant sur les activités biologiques des huiles utilisaient des protocoles de diffusion ou de contact. Cette étude est la première qui démontre l'activité antimicrobienne des huiles sur les aérosols microbiologiques. Les résultats obtenus montrent une activité antimicrobienne des trois huiles testées sur les aérosols de moisissures et de bactéries. Cette activité est observable uniquement durant les trente à soixante minutes qui suivent le début de l'évaporation, lorsque les niveaux de COV* émis dans l'air par les huiles sont les plus élevés. Il n'y a pas de persistance dans le temps de l'effet des huiles sur les micro-organismes.

D'importantes émissions de terpènes apparaissent lors de l'évaporation des trois huiles. Des expérimentations supplémentaires sont nécessaires afin d'évaluer leur contribution à l'apparition de polluants secondaires, tels que le formaldéhyde, ainsi qu'à la formation d'aérosols organiques secondaires en présence d'ozone, et leurs implications sanitaires.

Source : Su H-J., Chao C-J., Chang H-J., Wu P-C. ; The effects of evaporating essential oils on indoor air quality ; Atmospheric Environment, 41 [2007]: 1230-1236

Article analysé par : Mélanie NICOLAS, Institut de recherches sur la catalyse et l'environnement de Lyon – IRCELYON ; melanie.nicolas@irceylon.univ-lyon1.fr



SUBSTANCES

Variation saisonnière de quatre genres fongiques majeurs dans l'air d'habitations

L'étude avait pour objectif de déterminer la variation saisonnière des quatre genres fongiques majeurs que sont *Alternaria*, *Cladosporium*, *Penicillium* et *Aspergillus* dans des maisons de patients allergiques situées à Barcelone (Espagne).

Vingt-deux patients ont été tirés au sort sur un échantillon de 40 individus souffrant d'une allergie respiratoire aux moisissures (asthme et/ou rhinite allergique), volontaires pour participer à cette étude. Parmi ceux-ci, 15 patients étaient allergiques à *Alternaria*, 5 à *Alternaria* et *Cladosporium*, 1 à *Alternaria*, *Cladosporium* et *Penicillium*, 1 aux 4 genres.

Les échantillons d'air ont été collectés pendant chaque saison entre le printemps 2004 et l'hiver 2005. De 4 à 6 échantillons étaient prélevés à l'intérieur (chambre à coucher et autres salles fréquentées par les patients et/ou pièces humides), 2 à l'extérieur. Les spores mycéliennes contenues dans l'air aspiré à l'aide d'un échantillonneur type microflow TM60, à un débit constant de 1,5 L/min, se déposent sur des boîtes de Pétri (type Rodac Ø 60 mm) remplies de milieu de malt et de milieu rose bengale complémenté avec du chloramphénicol. Elles sont incubées de 4 à 10 jours à 25°C, les identifications débutant à partir de 48 heures. Les résultats sont strictement qualitatifs (présence des genres choisis) sans relation avec le nombre. Les résultats sont analysés par un test χ^2 ou, selon les cas, par le test de Fisher.

Au total, 581 échantillons sont obtenus, 431 à l'intérieur et 150 à l'extérieur, et 11 843 colonies sont étudiées parmi lesquelles 85 % appartiennent aux 4 genres choisis. Aucune différence significative n'est observée entre les 2 environnements, l'extérieur étant pourtant plus riche en spores que l'intérieur.

Dans l'air intérieur et à l'extérieur, les résultats pour l'ensemble des genres sont différents selon la saison, les *Penicillium* montrant une moindre amplitude de variation. A l'intérieur, c'est en automne que *Cladosporium*, *Penicillium* et *Aspergillus* sont les plus fréquents, *Alternaria* étant plus en été. A l'extérieur, *Penicillium* est plus fréquent en hiver, *Aspergillus* en été. En intérieur comme à l'extérieur, *Cladosporium* et *Penicillium* sont les genres les plus fréquents quelle que soit la saison. La présence très significative dans l'air intérieur de certaines espèces potentiellement allergisantes est observée : *Alternaria alternata*, *Cladosporium cladosporioides*, *Cladosporium herbarum*, *Penicillium chrysogenum*, *Aspergillus niger* et *Aspergillus versicolor*. Au bilan, l'étude montre que si 36 genres fongiques ont été identifiés, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus* et *Alternaria*, classés en ordre décroissant de fréquence, forment plus de 80 % de la flore.

L'interprétation des résultats des analyses peut être très différente selon que l'on considère l'ensemble d'un genre ou seulement certaines espèces de ce genre car les allergènes ne sont pas distribués également dans toutes les espèces d'un même genre. L'identification des moisissures au niveau de l'espèce est nécessaire pour pouvoir corrélérer les résultats avec les données allergologiques et cliniques. Enfin, il est indispensable de considérer l'environnement du patient dans son ensemble (extérieur, habitat, travail, établissement scolaire...).

Source : Gomez de Ana S., Torres-Rodriguez J.M., Alvarado Ramirez E. *et al.* ; Seasonal distribution of *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium* and *Penicillium* species isolated in homes of fungal allergic patients ; Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology, 16(6) [2006]: 357-363

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

À lire également :

Hazrati S. and Harrad S. ; Causes of variability in concentrations of polychlorinated biphenyls and polybrominated diphenyl ethers in indoor air ; *Environmental Science & Technology*, 40(24) [2006]: 7584-7589

Giovannangelo M., Gehring U., Nordling E. *et al.* ; Determinants of house dust endotoxin in three European countries - the AIRALLERG study ; *Indoor Air*, 17(1) [2007]: 70-79

Ashley K., Applegate G.T., Wise T.J. *et al.* ; Evaluation of a standardized micro-vacuum sampling method for collection of surface dust ; *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 4(3) [2007]: 215-223



LIEUX DE VIE

Modélisation multizone du transport particulaire dans le bâtiment

La présente étude concerne l'évaluation du transport de particules fines au sein d'une enceinte expérimentale représentant un appartement composé de trois pièces. Plus particulièrement, les auteurs comparent les niveaux de concentration en particules mesurés dans les différentes pièces à ceux prédits grâce à l'utilisation d'un modèle de calcul aérodynamique multizone (COMIS) et d'un modèle de calcul de dynamique des aérosols en ambiances intérieures (MIAQ4).

D'une part, COMIS permet la prédiction des débits entre les différentes zones d'un bâtiment et entre celles-ci et l'extérieur en prenant en compte les effets du vent, du tirage thermique, de la ventilation mécanique et des éléments structurels du bâtiment (fissures, fenêtres et portes, bouches de ventilation, composants du réseau de ventilation...). D'autre part, MIAQ4 calcule la variation de concentration en particules d'une zone en considérant le transport avec les zones avoisinantes, la sédimentation gravitationnelle, la coagulation, la diffusion thermique et la présence de sources et de puits internes à la zone. Ainsi, la démarche adoptée consiste à établir dans un premier temps le schéma aérodynamique du bâtiment multizone à l'aide de COMIS, puis de calculer les concentrations en particules à l'aide de MIAQ4. Puisque la masse de flux d'air est beaucoup plus grande que la masse de polluant, l'effet du polluant sur les débits d'air interzonaux peut être ignoré et il est donc inutile d'effectuer un véritable couplage de MIAQ4 vers COMIS.

Tout d'abord, la comparaison avec les mesures de concentration en gaz traceur effectuées lors de cette étude montre la faible influence de la température (les zones présentant des températures très voisines) et l'importance de la prise en compte des débits des appareils de mesure (de gaz traceur et de particules) dans l'évaluation de l'évolution de la concentration en gaz traceur dans les zones. Ensuite, les prédictions correspondent bien, pour chaque taille de particules, à la tendance observée lors de la phase expérimentale. Cependant, on note quand même

une sous-estimation systématique des niveaux de concentration imputable, selon les auteurs, à la variabilité de la source de particules, qui les aurait conduit à sous-estimer la quantité de particules injectées lors de la modélisation.

La présente étude représente la première validation d'un outil capable d'évaluer le transport de particules polluantes au sein de bâtiments multizones. Cet outil peut ainsi s'avérer particulièrement important dans une stratégie de réduction de la pollution particulaire à l'intérieur des bâtiments, puisqu'il permet de prédire les concentrations dans chaque zone, ainsi que l'exposition des usagers aux différentes tailles de particules. Son association avec la nouvelle génération de codes thermo-aérodynamiques permettra de disposer d'outils intégrant les calculs énergétiques et de qualité de l'air nécessaires à la modélisation de bâtiments économes en énergie et qui garantissent parallèlement un environnement sain pour leurs usagers.

On peut regretter que deux paramètres importants qui interviennent dans le calcul de la concentration en particules, à savoir l'intensité turbulente de l'air et le débit de la source de particules, n'aient pas été mesurés. En effet, dans leurs calculs, les auteurs utilisent des valeurs de la littérature qui peuvent ne pas être complètement adéquates pour le cas traité. Ainsi, une sur-évaluation de l'intensité turbulente entraînerait une sur-évaluation du dépôt et conduirait à la sous-estimation des niveaux de concentration observés dans cette étude, au même titre qu'une sous-estimation du débit de particules. Par ailleurs, le modèle MIAQ4 repose sur l'hypothèse forte d'homogénéité spatiale de la concentration en polluant. Ainsi, son utilisation se limite aux cas des petits volumes dans lesquels le polluant est parfaitement mélangé à l'air de la zone. Pour les cas des grands volumes présentant une certaine hétérogénéité de la concentration en polluant, l'utilisation d'une approche plus fine de type CFD* reste nécessaire.

Enfin, on peut s'interroger sur l'avantage d'utiliser COMIS/MIAQ4 par rapport à CONTAM, code bien connu développé au NIST ⁽¹⁾. En effet, CONTAM intègre aussi un modèle de calcul aérodynamique multizone comparable à COMIS et traite également de la dynamique des polluants gazeux et particulaires de manière similaire à MIAQ4. Cependant, à l'inverse de MIAQ4, CONTAM traite les particules comme un ensemble de particules de taille unique. Ainsi, pour modéliser les phénomènes qui dépendent de la taille des particules comme le dépôt, la coagulation ou la thermophorèse, l'utilisation de MIAQ4 est incontournable.

(1) <http://www.bfsl.nist.gov/IAQanalysis/CONTAM/overview/1.htm>

Source : Sohn M.D., Apte M.G., Sextro R.G. and Lai A.C.K. ; Predicting size-resolved particle behavior in multizone buildings ; Atmospheric Environment, 41(7): 1473-1482

Article analysé par : Marc ABADIE, Laboratoire d'Étude des Phénomènes de Transfert Appliqués au Bâtiment – LEPTAB, Université de La Rochelle ; marc.abadie@univ-lr.fr

À lire également :

Bex V., Barra S., Dusséaux M. *et al.* ; Housing environmental audits: the experience of the hygiene laboratory of Paris city ; Journal de Mycologie Médicale, 16(4) [2006]: 197-203

Fromme H., Twardella D., Dietrich S. *et al.* ; Particulate matter in the indoor air of classrooms - exploratory results from Munich and surrounding area ; Atmospheric Environment, 41(4) [2007]: 854-866

Carslaw N. ; A new detailed chemical model for indoor air pollution ; Atmospheric Environment, 41(6) [2007]: 1164-1179



EFFETS SANITAIRES

Étude écologique de l'association entre piscines couvertes en Europe et prévalence de l'asthme chez l'enfant

La prévalence de l'asthme et des maladies allergiques a fortement augmenté dans les pays développés depuis quelques décennies. Étant donné la relative rapidité de ce phénomène, des facteurs génétiques ne peuvent pleinement l'expliquer. Aussi, il a été proposé que des changements comportementaux et/ou environnementaux soient impliqués. Parmi les propositions figure « l'hypothèse hygiéniste » selon laquelle l'augmentation des maladies allergiques serait liée à la réduction de l'exposition aux agents microbiens et/ou infectieux pendant la petite enfance. L'effet protecteur de ce type d'exposition est depuis lors très étudié. Parallèlement, une nouvelle hypothèse a vu le jour récemment selon laquelle l'augmentation de l'asthme serait en partie liée à la fréquentation grandissante par les enfants depuis quelques dizaines d'années des piscines désinfectées par le chlore. Les agents impliqués seraient des produits volatils (principalement la trichloramine) dérivés du chlore et des matières organiques, responsables de l'augmentation de la perméabilité de l'épithélium bronchique. Dans le travail présenté ici, les auteurs ont confronté des données sanitaires recueillies dans le cadre de la première phase de l'étude ISAAC (*International Study of Asthma and Allergies in Childhood*) en Europe et le nombre de piscines chlorées par habitant. Il s'agit d'une étude épidémiologique de type écologique géographique.

Les données ont été recueillies par questionnaire écrit et/ou vidéo auprès de 189 150 enfants de 13-14 ans issus de 69 villes (21 pays européens) et auprès de 94 549 enfants de 6-7 ans issus de 33 de ces 69 villes. Sauf si mentionné, les commentaires concernent la population d'enfants de 13-14 ans.

Trois variables ont été retenues pour estimer la prévalence d'asthme : la première dans le questionnaire écrit correspond à la question « avez-vous déjà eu de l'asthme ? » (définie par la suite par : prévalence d'asthme renseignée par questionnaire écrit), puis la seconde et la troisième concernent les sifflements dans les 12 derniers mois renseignés dans le questionnaire vidéo et dans le questionnaire écrit. Ces différentes variables rendent complexe la lecture des résultats. Cependant, ce choix résulte des observations faites au préalable dans l'étude ISAAC, sur la faible corrélation entre les prévalences de sifflements issues des deux types de questionnaires, alors qu'il existe une forte corrélation entre sifflements « vidéo » et asthme. La prévalence d'autres affections allergiques a aussi été recensée : la rhinite, le rhume des foies et l'eczéma.

Le nombre de piscines couvertes accessibles au public dans chaque ville a été déterminé à partir de plusieurs sources Internet : site international consacré à la natation, services des sports des villes et régions... Le mode de désinfection des piscines a été recherché, et celles utilisant des désinfectants autres que le chlore (ozone par exemple) ont été écartées.

Les liens entre les prévalences d'asthme et le nombre de piscines ont été étudiés dans des modèles statistiques multivariés. Pour chacune des villes, les relations ont tenu compte de plusieurs types de facteurs connus pour être liés à l'asthme : informations géographiques (altitude), météorologiques (précipitations, température), socioculturelles (nombre de naissances par femme, consommation de tabac...), économiques (produit intérieur brut). Les relations ont été étudiées globalement pour toutes les villes, puis en distinguant les villes du Nord et du Sud de l'Europe (la Loire en France délimitant la frontière) et les villes de l'Ouest (pays ayant intégré l'Union européenne en 2004 + Ile de Malte) et de l'Est. De plus, les analyses ont été reproduites sans les villes du Royaume-Uni et de l'Irlande, car les prévalences de sifflements et d'asthme y sont les plus élevées.

En premier lieu, cette étude montre des différences marquées dans le nombre de piscines par habitant entre l'Est et l'Ouest de l'Europe, soit en moyenne respectivement 1 pour 300 000 et 1 pour 50 000. En revanche, aucune différence significative n'est observée entre le Nord et le Sud. Les prévalences d'asthme (asthme renseigné par questionnaire écrit et sifflements renseignés par questionnaire vidéo) présentent le même type de variation Est-Ouest.

Si l'on considère l'ensemble des villes européennes, les analyses brutes indiquent des associations positives et significatives entre le nombre de piscines par habitant et les prévalences de toutes les affections allergiques étudiées (voir tableau). Quand l'analyse est limitée aux pays d'Europe de l'Ouest, seuls les sifflements (questionnaire écrit) et l'asthme sont significativement liés au nombre de piscines. Et seul l'asthme reste significativement lié au nombre de piscines après exclusion du Royaume-Uni et de l'Irlande. En Europe de l'Est, aucune affection allergique, y compris l'asthme, n'est significativement liée au nombre de piscines par habitant. Les analyses multivariées confirment les associations entre asthme et sifflements et l'offre de piscines, indépendamment des facteurs tels que le produit intérieur brut, l'altitude et la température quand on analyse l'ensemble des villes européennes. Quand l'analyse multivariée est limitée aux pays d'Europe de l'Ouest, seule persiste l'association asthme-piscine.

Une analyse graphique des prévalences ajustées montre que la prévalence de sifflements (questionnaire écrit) augmente avec le nombre de piscines uniquement en Europe du Nord, alors que les prévalences de sifflements (vidéo) et d'asthme augmentent avec le nombre de piscines à la fois en Europe du Nord et du Sud. Lorsque l'association piscine-asthme est étudiée dans la population d'enfants de 6-7 ans, elle existe, mais elle est moins forte que chez les enfants de 13-14 ans.

Les conclusions de cette étude épidémiologique sont soumises aux biais classiquement associés aux études écologiques : éventuel facteur de risque non pris en compte, mauvaise estimation de l'exposition. Cette dernière possibilité concerne ici l'approximation du nombre de piscines par habitant comme variable d'exposition, la difficulté du recensement du nombre de piscines couvertes par ville et des traitements de désinfection utilisés, et enfin le manque de données chiffrées sur les teneurs en chloramine. À propos des difficultés rencontrées pour effectuer ce recensement, les auteurs soulignent notamment la particularité du Royaume-Uni et de l'Irlande où les établissements scolaires disposent fréquemment de piscines intérieures. Or, ces dernières n'ont pas pu être recensées, ce qui a pu conduire à une sous-estimation conséquente du nombre de piscines par habitant dans ces pays.

Cependant, l'intérêt principal de cette étude réside dans le fait qu'elle appuie, avec un design d'étude différent (étude écologique), des études épidémiologiques préexistantes (études transversales) montrant des associations entre la fréquentation des piscines chlorées et l'asthme chez l'enfant. En dépit de la faiblesse des associations, ces résultats apparaissent importants du fait qu'un nombre élevé d'enfants est amené à fréquenter les piscines, tant dans le cadre privé que scolaire.

Source : Nickmilder M. and Bernard A. ; Ecological association between childhood asthma and availability of indoor chlorinated swimming pools in Europe ; Occupational and Environmental Medicine, 64(1) [2007]: 37-46

Article analysé par : Marie-Thérèse GUILLAM, SEPIA-Santé ; sepia@sepia-sante.com

Coefficients de régression et intervalles de confiance à 95 % (IC_{95%}) entre les maladies atopiques chez les enfants de 13-14 ans et le nombre de piscines couvertes utilisant le chlore pour 100 000 habitants

	Europe de l'Ouest	Europe
Sifflements (renseignés par questionnaire)	3,08 (1,22 – 4,93)	3,39 (1,96 – 4,81)
Sifflements (renseignés par vidéo)	0,29 (-0,31 – 0,88)	1,08 (0,49 – 1,67)
Asthme	1,94 (0,97 – 2,91)	2,73 (1,94 – 3,52)
Rhinite	1,26 (-0,63 – 3,15)	3,86 (2,11 – 5,61)
Rhume des foins	1,09 (-1,04 – 3,21)	2,88 (1,17 – 4,60)
Asthme atopique	0,78 (-0,26 – 1,81)	1,32 (0,52 – 2,12)



Cette étude française de type « exposition humaine contrôlée » vise à évaluer l'effet d'une pré-exposition au formaldéhyde sur la réponse asthmatique, après provocation allergénique. L'hypothèse testée est que le formaldéhyde majore l'expression clinique, fonctionnelle et biologique de la réaction allergique chez des asthmatiques allergiques. Les auteurs ont ainsi inclus 12 sujets non fumeurs âgés de 18 à 44 ans souffrant d'asthme intermittent et allergiques aux pollens. Les patients étaient traités pour leur asthme par β 2-stimulant à la demande, mais aucun n'était sous corticothérapie ou tout autre traitement. L'étude a été réalisée en dehors de la saison des pollens et en dehors d'un épisode infectieux. Le protocole expérimental comprenait, à 15 jours d'intervalle, deux visites au cours desquelles les sujets étaient exposés, dans une chambre d'inhalation et au repos, pendant 1 heure, soit à 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de formaldéhyde, soit à de l'air filtré. L'ordre des expositions était randomisé et effectué en double aveugle. Chaque exposition était suivie d'un test de provocation allergénique aux pollens de graminées administrés par inhalation et à des doses croissantes. Le volume expiratoire maximal par seconde (VEMS) était mesuré immédiatement après chaque doublement de la concentration en allergènes afin d'obtenir la dose d'allergènes (notée PD15 VEMS et exprimée en index de réactivité (IR)) induisant une chute de 15 % du VEMS.

Des explorations fonctionnelles respiratoires ont été effectuées avant, pendant, immédiatement après et 8 heures après la fin du test de provocation allergénique. L'hyperréactivité bronchique a été mesurée à l'aide du test à la méthacholine 8 heures après la fin du test de provocation allergénique. La dose de méthacholine provoquant une chute de 20 % du VEMS initial (PD20 méthacholine) a été déterminée après inhalation de doses croissantes de méthacholine, jusqu'à 4 mg.

Des expectorations induites, réalisées avec des concentrations croissantes de solutions hypertoniques, ont également été recueillies juste avant et immédiatement après le test à la méthacholine.

Des biomarqueurs d'inflammation ont été dosés dans le surnageant obtenu après traitement des expectorats. Un comptage du nombre total de cellules non squameuses et des comptes différentiels (cellules bronchiques, macrophages, lymphocytes, polynucléaires neutrophiles et éosinophiles) ont complété l'analyse des expectorations induites.

Enfin, des données de morbidité ressentie ont été recueillies par questionnaire tous les quarts d'heure

pendant toute la durée de l'exposition et les sujets étaient invités à mesurer deux fois par jour leur débit de pointe et leur VEMS sur une période de deux semaines suivant chaque exposition.

Les résultats indiquent qu'une pré-exposition au formaldéhyde a tendance à augmenter la PD15 VEMS (0,80 IR), comparé à l'air filtré (0,25 IR ; $p=0,06$), ce qui suggère un effet « protecteur » du formaldéhyde sur la réponse allergique. En revanche, aucun effet du formaldéhyde n'est observé sur l'hyperréactivité bronchique (PD20 méthacholine = 0,17 mg), comparé à l'air filtré (PD20 méthacholine = 0,23 mg ; $p=0,42$). De plus, aucun des biomarqueurs de l'inflammation mesurés dans les expectorations induites n'était modifié par l'exposition au formaldéhyde, comparés à l'air filtré. Enfin, ni les données de morbidité ressentie, ni les mesures de débit de pointe mesurées pendant les 15 jours suivant l'exposition n'ont été affectées par l'exposition au formaldéhyde, comparées à l'air filtré.

Cet article décrit une étude expérimentale originale. En effet, les effets de l'exposition au formaldéhyde sur la réponse asthmatique ont fait l'objet de quelques études, de type épidémiologique essentiellement, qui suggèrent un impact de ce polluant ubiquitaire des milieux intérieurs sur la pathologie asthmatique et allergique. Seuls quelques rares travaux expérimentaux, menés chez l'animal uniquement, ont cherché à mettre en évidence un mécanisme toxicologique pouvant expliquer les observations épidémiologiques. Cette étude expérimentale chez l'homme est ainsi l'une des premières ⁽¹⁾. Conduite de façon rigoureuse et très complète, elle a recours à la procédure d'exposition humaine contrôlée en chambre d'inhalation, qui est une méthode de référence en matière de pollution atmosphérique, mais délicate à mettre en œuvre compte tenu des conditions drastiques exigées en France, notamment sur le plan éthique. D'autre part, elle évalue l'impact sanitaire de l'exposition au formaldéhyde sur la réponse asthmatique à l'aide d'un éventail d'examen qui permettent de décrire les répercussions de l'exposition formaldéhyde/allergènes à la fois sur le plan fonctionnel, l'hyperréactivité bronchique et l'inflammation bronchique. La rigueur et la richesse des outils méthodologiques contrastent avec les résultats qui apparaissent décevants, voire déroutants, notamment avec la mise en évidence du rôle « protecteur » du formaldéhyde sur la réponse allergique, ce qui va à l'encontre de l'hypothèse testée.

Les limites méthodologiques passées en revue par les auteurs ne permettent pas d'expliquer cette absence d'effet délétère du formaldéhyde sur la réponse allergique. Cependant, comme précisé dans la conclusion, si une pré-exposition unique au formaldéhyde n'a pas d'effet marquant sur la réponse allergique chez des sujets souffrant d'asthme intermittent, rien ne permet d'affirmer qu'un résultat comparable aurait été obtenu chez des asthmatiques sévères, ou bien après une exposition chronique. D'autres travaux sont donc nécessaires pour tester ces hypothèses.

En conclusion, bien que les résultats ne permettent pas d'incriminer le formaldéhyde dans l'exacerbation de la réponse allergique chez l'adulte asthmatique, la présente étude est une étude pionnière, de grande qualité, qui appelle d'autres

travaux afin de mieux évaluer l'impact du formaldéhyde sur l'allergie. Par exemple, il serait intéressant d'évaluer les effets d'une exposition répétée au formaldéhyde sur la réponse allergique, ce qui correspond davantage à la réalité des expositions environnementales.

(1) Voir également (Casset *et al.*, 2006) étude analysée dans le bulletin *Info Santé Environnement Intérieur* N°18

Source : Ezratty V., Bonay M., Neukirch C. *et al.* ; Effect of formaldehyde on asthmatic response to inhaled allergen challenge ; *Environmental Health Perspectives*, 115(2) [2007] : 210-214

Article analysé par : Lydia NIKASINOVIC, Laboratoire de Santé publique – Environnement, Université Paris Descartes ; lydia.nikasinovic@univ-paris5.fr



EFFETS SANITAIRES

Pesticides à l'intérieur des logements et risque de néphroblastome (tumeur de Wilms)

La tumeur de Wilms, ou néphroblastome, est une tumeur maligne embryonnaire du rein de l'enfant de moins de 5 ans. Aux États-Unis, l'incidence semble stable depuis plusieurs décennies avec environ 500 nouveaux cas par an.

Plusieurs études ont évalué l'association entre l'exposition parentale à des pesticides dans différents environnements (professionnel, agricole, résidentiel) avec des résultats discordants, certaines retrouvant une association, d'autres non. Ce travail, conduit par le NWTSG (*National Wilms Tumor Study Group*), est la plus grande étude cas-témoin réalisée à ce jour explorant l'association entre l'exposition *in utero* et pendant l'enfance aux pesticides utilisés à domicile et le développement d'un néphroblastome. Les cas étaient des patients de moins de 16 ans pris en charge de 1999 à 2002 dans 128 hôpitaux américains et canadiens. 512 cas potentiels n'ont pu être inclus, par exemple parce que le médecin traitant a refusé qu'ils soient contactés. Cependant, aucune différence significative n'a été retrouvée entre les cas potentiellement éligibles, qu'ils aient été interviewés ou non. Sur les 653 cas éligibles, 523 mères (80 %) ont pu être interviewées. Les témoins ont été identifiés par tirage au sort à partir d'un listing téléphonique et ont été appariés sur l'âge et la région géographique de résidence. Le taux de réponse à la phase de recrutement des témoins était de 51 %. Pendant l'interview téléphonique, les informations recueillies sur les facteurs de risque potentiels de néphroblastome comprenaient des données sur la grossesse et la naissance, les expositions durant l'enfance, le passé professionnel des parents, les antécédents familiaux médicaux et la consommation de tabac, d'alcool et de médicaments. Concernant l'utilisation de pesticides,

il a été demandé aux mères si elles avaient utilisé, à partir du mois précédent la grossesse jusqu'à la date du diagnostic, des produits chimiques pour lutter contre différents nuisibles (insectes, champignons, rongeurs, mauvaises herbes) dans la maison ou le jardin, ainsi que pour traiter les animaux ou les personnes contre des insectes (application sur le corps), et si des professionnels étaient intervenus. Si la mère répondait par l'affirmative, il lui était demandé combien de fois le produit avait été utilisé. Les pesticides ont été classés selon le lieu d'utilisation et le type de produit avec une évaluation de la période d'exposition.

Les résultats de l'analyse par régression logistique se sont basés sur les informations obtenues par les interviews téléphoniques des 523 mères des cas et des 517 mères des témoins. Environ, 61 % des mères des cas et 57 % des mères de témoins ont rapporté avoir utilisé des pesticides. L'utilisation de pesticides était associée à une légère augmentation du risque de néphroblastome après ajustement (OR* = 1,3 ; IC₉₅ %* = 1,0-1,7). Ce résultat reflète essentiellement l'utilisation d'insecticides qui représentait 88 % de l'utilisation de pesticides. L'association entre l'utilisation d'insecticides et le risque de néphroblastome était du même ordre (OR* = 1,4 ; IC₉₅ %* = 1,0-1,8) et aucune élévation des OR* n'a été retrouvée pour les autres types de pesticides. Les données recueillies sur la fréquence d'utilisation de pesticides étaient imprécises et n'ont montré aucune tendance en faveur d'une relation dose-réponse. Les résultats étaient similaires selon que l'exposition avait eu lieu durant la grossesse ou pendant l'enfance, ainsi que selon que l'enfant avait été allaité ou non.

En conclusion, l'exposition à des pesticides dans le logement n'est pas associée à un risque significativement augmenté de développement d'un néphroblastome dans cette étude. Ses limites sont inhérentes à la méthodologie des études cas-témoin (biais d'anamnèse). De plus, il n'a pas été demandé si des mesures de protection, pouvant affecter l'exposition, avaient été prises pendant l'utilisation de pesticides (port de gants, éviction de l'enfant, ventilation de la pièce). Une autre limite est l'impossibilité d'avoir pu obtenir des informations de la part des pères. En effet, la fiabilité des données dépend en partie de celui des deux parents qui a utilisé les pesticides. Les auteurs suggèrent que les recherches futures s'attachent à affiner l'évaluation des expositions et comportent des prélèvements d'échantillons de poussières dans le logement, ainsi que des dosages biologiques avant et pendant la grossesse.

Source : Cooney M.A, Daniels J.L., Ross J.A. *et al.* ; Household pesticides and the risk of Wilms tumor ; Environmental Health Perspectives, 115(1) [2007]: 134-137

Article analysé par : Véronique EZRATTY, Service des Études Médicales d'EDF et de Gaz de France; veronique.ezratty@edf.gdf.fr



EFFETS SANITAIRES

Perturbations symptomatiques et physiologiques survenant suite à une ré-exposition à l'humidité intérieure de locaux professionnels après inondation

Cette étude épidémiologique vise à évaluer les perturbations symptomatiques et physiologiques survenant chez des personnes exposées au travail à l'humidité présente après une inondation.

Les participants à cette étude étaient des employés travaillant dans les archives de l'hôpital universitaire de la ville d'Uppsala, Suède. Après une inondation survenue durant l'été 1997, tous les employés présents (n=18) en décembre 1997 ont été sollicités pour participer à l'étude. Les investigations, conduites en dehors de la saison pollinique (janvier 1998), comprenaient deux visites au département de médecine professionnelle et environnementale de l'hôpital. Ce département n'avait pas été touché par les inondations. La première visite était programmée le lundi, après une période de 10 jours de congés ; la seconde visite avait lieu le mercredi suivant, après que chaque employé était retourné travailler pendant 2 jours dans le bâtiment des archives où il travaillait habituellement et qui avait été inondé. Chaque visite comprenait un examen médical, un questionnaire administré par un médecin, la mesure du temps de rupture du film lacrymal, la mesure des dimensions des fosses nasales par rhinométrie acoustique, un prélèvement de sécrétions nasales par lavage nasal et enfin des explorations fonctionnelles respiratoires. Les auteurs ont étudié séparément l'effet du jour de la semaine sur les différents paramètres fonctionnels et physiologiques. De plus, des mesures à l'intérieur des locaux ont été réalisées les mêmes jours que les visites médicales (bâtiments des archives et du département de médecine professionnelle et environnementale, ce dernier étant considéré comme bâtiment de référence). Les paramètres

mesurés étaient la température, l'humidité relative, les concentrations en CO₂, en formaldéhyde, en particules inhalables, en composés organiques volatils d'origine microbienne et en micro-organismes (nombre de moisissures et de bactéries viables et totales).

S'agissant des expositions environnementales, les archives et les locaux de référence ne différaient ni en terme de température, ni en terme d'humidité relative, ni en terme de ventilation. De même, les concentrations en particules inhalables, en formaldéhyde, en moisissures et en bactéries étaient faibles et similaires dans les deux locaux. En revanche, les teneurs en COV* d'origine microbiologique étaient plus élevées dans le bâtiment inondé des archives (149 ng/m³) par rapport au bâtiment de référence (97 ng/m³). Les résultats de cette enquête montrent qu'après ré-exposition pendant deux jours aux archives, la prévalence des symptômes oculaires (p < 0,001), nasals (p = 0,002) et pharyngés (p < 0,001) était significativement augmentée. De même, la prévalence de dyspnée (p = 0,006), mal de tête (p = 0,002), nausée (p = 0,04) et fatigue (p = 0,01) était majorée après ré-exposition. En revanche, aucun effet de la ré-exposition n'est mis en évidence sur la mesure de la dimension des fosses nasales ou des paramètres fonctionnels respiratoires. Le temps de rupture du film lacrymal était significativement diminué après ré-exposition, passant de 16 à 8 secondes (p = 0,003). Enfin, la concentration en protéines éosinophiles mesurée dans le lavage nasal était significativement augmentée après ré-exposition, passant de 1,0 à 1,2 µg/m³ (p = 0,04).

Cette étude épidémiologique s'inscrit dans le champ très nourri de la recherche sur le syndrome des bâtiments malsains. Cependant, la plupart des travaux épidémiologiques font appel à des données de morbidité ressentie (déclaration de symptômes par les sujets) entachée d'une forte composante subjective. La présente étude reprend ce type de données mais y ajoute des données de morbidité diagnostiquée, plus objectives, telles que le temps de rupture du film lacrymal, la mesure des dimensions des fosses nasales, des explorations fonctionnelles respiratoires ou des biomarqueurs d'inflammation nasale. Par ailleurs, cette étude combine un ensemble de données symptomatiques et d'examen physiologiques variés, à des mesures environnementales d'un grand nombre de polluants des milieux intérieurs, ce qui en fait une recherche d'une grande richesse.

En conclusion, cette étude indique que la ré-exposition durant 2 jours à des locaux professionnels ayant des antécédents d'inondation est susceptible d'induire d'une part des symptômes respiratoires, nasals et oculaires, d'autre part des perturbations dans la physiologie lacrymale et enfin une augmentation de l'inflammation nasale d'origine allergique. Ces résultats mériteraient d'être

complétés. En effet, malgré la richesse des mesurages environnementaux, il est regrettable qu'aucune explication étiologique ne puisse être avancée dans ce travail, ce qui en limite la portée sur le plan de la prévention. L'analyse statistique n'étant pas multivariée et l'effectif étant faible, il serait utile de mettre en place une étude similaire mais qui s'attacherait à mieux caractériser les populations étudiées qui sont, dans cette étude, très hétérogènes sur le plan médical (allergiques/non allergiques, asthmatiques/non asthmatiques) et comportemental (fumeurs, non fumeurs, ex-fumeurs). Ceci permettrait de mieux cibler certaines populations à risque telles que les asthmatiques et les allergiques et de proposer des recommandations de santé publique plus franches.

Source : Wieslander G., Norbäck D. and Venge P. ; Changes of symptoms, tear film stability and eosinophil cationic protein in nasal lavage fluid after re-exposure to a damp office building with a history of flooding ; *Indoor Air*, 17(1) [2007]: 19-27

Article analysé par : Lydia NIKASINOVIC, Laboratoire de Santé publique – Environnement, Université Paris Descartes ; lydia.nikasinovic@univ-paris5.fr

À lire également :

Bakke J.V., Norbäck D., Wieslander G. *et al.* ; Pet keeping and dampness in the dwelling: associations with airway infections, symptoms, and physiological signs from the ocular and nasal mucosa ; *Indoor Air*, 17(1) [2007]: 60-69

Campo P., Kalra H.K., Levin L. *et al.* ; Influence of dog ownership and high endotoxin on wheezing and atopy during infancy ; *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 118(6) [2006]: 1271-1278

McConnell R., Berhane K., Molitor J. *et al.* ; Dog ownership enhances symptomatic responses to air pollution in children with asthma ; *Environmental Health Perspectives*, 114(12) [2006]: 1910-1915



EXPOLOGIE – EVALUATION DES RISQUES

Comparaison entre les déclarations parentales de consommation de tabac et les concentrations en nicotine mesurées au domicile des enfants

Cette étude multi-centrique regroupant une large population d'enfants vivant en Suède, aux Pays-Bas et en Allemagne, vise à évaluer l'accord existant entre les déclarations parentales de consommation de tabac obtenues par questionnaire et les mesurages de nicotine dans l'air prélevé au domicile familial. En Allemagne, l'étude a été complétée par des mesures de cotinine urinaire, un marqueur de la dose interne de fumée de tabac environnementale (FTE) inhalée, chez les enfants.

Le protocole comprenait deux visites au domicile, à 15 jours d'intervalle, durant la saison froide. Au cours de la première visite, un enquêteur plaçait dans le séjour un capteur passif mesurant la nicotine et remettait aux parents un questionnaire standardisé permettant de recueillir pendant

15 jours des informations sur les consommations de tabac dans le séjour. Les participants d'Allemagne étaient invités à déclarer les jours et les consommations de tabac dans la chambre de l'enfant 24 heures avant le recueil des urines. Au cours de la seconde visite, l'enquêteur récupérait le capteur passif, le questionnaire environnemental et, pour l'Allemagne, les prélèvements urinaires. Les auteurs ont ainsi pu déterminer, par rapport aux mesurages de nicotine dans l'air (test de référence), la valeur des déclarations parentales de consommation de tabac au domicile en calculant la sensibilité, la spécificité, les valeurs prédictives des déclarations parentales et enfin le pourcentage de domiciles mal classés.

Les concentrations en nicotine et les réponses aux questionnaires étaient disponibles pour 347, 335 et 354 domiciles allemands, hollandais et suédois respectivement. Les concentrations en cotinine urinaire, en nicotine de l'air et les réponses aux questionnaires étaient disponibles pour 307 des 347 enfants allemands. La comparaison des données métrologiques de nicotine dans l'air avec les données de consommation de tabac indique que les concentrations en nicotine augmentent avec les quantités de tabac déclarées selon une relation dose-réponse. La sensibilité était moyenne à bonne (allant de 55,3 à 73,3 %), ce qui indique que pour un pourcentage important de domiciles, aucune déclaration de tabagisme n'était enregistrée dans les questionnaires alors que les concentrations en nicotine dépassaient la limite de détection. De même, la valeur prédictive positive était moyenne, allant de 66,7 à 77,8 % selon les pays et indiquant que les deux tiers environ des domiciles étaient classés exposés par le questionnaire alors qu'ils l'étaient vraiment, et que par conséquent, un tiers des domiciles étaient classés exposés alors qu'ils ne l'étaient pas en réalité. La spécificité et la valeur prédictive négative étaient en revanche très bonne (> 90%), ce qui indique que pour la plupart des domiciles où les concentrations en nicotine étaient inférieures à la limite de détection, les parents déclaraient bien ne pas fumer au domicile. De même, la plupart des parents qui déclaraient ne pas fumer au domicile avaient effectivement des concentrations en nicotine dans l'air inférieures à la limite de détection. Ainsi, moins de 7 % des domiciles étaient mal classés pour l'ensemble des participants.

S'agissant de l'accord entre les déclarations de consommation de tabac au cours des 24 heures précédant le prélèvement urinaire et les concentrations en cotinine urinaire, les résultats montrent une sensibilité (42,3 %) et une valeur prédictive positive (47,8 %) plutôt moyennes, contrairement à la spécificité (93,0 %) et à la valeur prédictive négative (91,4 %). Ainsi, un nombre important d'enfants présentait des concentrations en cotinine urinaire supérieures à la limite de détection alors que leurs parents ne déclaraient pas de tabagisme au domicile. De même, plusieurs enfants dont les parents avaient déclaré un tabagisme au domicile avaient des niveaux de cotinine urinaire inférieurs à la limite de détection.

La présente étude pose la question cruciale de la fiabilité des déclarations parentales de consommation de tabac au domicile dans le cadre d'études épidémiologiques. En effet, toute étude épidémiologique qui s'intéresse à la santé respiratoire des enfants se doit de tenir compte de l'exposition des enfants à la FTE*, principal facteur de confusion. La plupart des travaux ont recours au

questionnaire parental, qui est un moyen simple d'évaluer l'exposition. De précédentes recherches avaient déjà tenté de valider le questionnaire parental par rapport à la nicotine dans l'air, avec des résultats contradictoires. Quelques travaux méthodologiques avaient cherché à évaluer la qualité de ces données subjectives en les confrontant aux mesurages de cotinine urinaire et avaient conclu à une concordance moyenne entre les deux méthodes. Néanmoins, ces méthodes ne mesurent pas exactement la même réalité, la cotinine urinaire étant une mesure de la dose interne d'un sujet après exposition à différents environnements au cours des précédentes 24 à 48 h, alors que les déclarations parentales relèvent davantage de consommations quotidiennes chroniques au domicile.

La présente étude, menée sur une large population d'enfants vivant dans différents pays européens, montre que, si le pourcentage de domiciles mal classés est faible (moins de 7 %), il existe indéniablement une sous-déclaration parentale de tabagisme au domicile pour un pourcentage important de domiciles présentant des concentrations en nicotine supérieures à la limite de détection. Les auteurs apportent plusieurs explications. A côté d'une possible sous-déclaration intentionnelle liée au sentiment de culpabilité des parents, il semblerait que la sous-déclaration parentale soit non intentionnelle et plutôt liée au fait que les parents fument réellement peu dans le séjour et plus volontiers dans une autre pièce ou sur le balcon, ce qui n'évite malheureusement pas une possible contamination du séjour. Ces résultats ne remettent cependant pas en question l'usage du questionnaire parental selon les auteurs, compte tenu des avantages de cette méthode par rapport aux méthodes de mesurage qui sont chères et lourdes à mettre en œuvre.

Au total, cette étude, à vocation méthodologique, conduite sur un échantillon important d'enfants et selon une méthode commune standardisée, vient finalement rassurer les épidémiologistes sur la valeur des déclarations parentales de consommation de tabac comparées à la méthode de référence qui est la mesure de la nicotine dans l'air. Sous réserve de quelques améliorations, le questionnaire parental garde toute sa place pour évaluer l'exposition à la FTE*, y compris pour des enfants malades.

Source : Gehring U., Leaderer B.P., Heinrich J. *et al.* ; Comparison of parental reports of smoking and residential air nicotine concentrations in children; *Occupational and Environmental Medicine*, 63(11) [2006]: 766-772

Article analysé par : Lydia NIKASINOVIC, Laboratoire de Santé publique – Environnement, Université Paris Descartes ; lydia.nikasimovic@univ-paris5.fr



EXPOLOGIE – EVALUATION DES RISQUES

Exposition d'enfants préscolarisés au pentachlorophénol, au bisphénol-A et au nonylphénol au domicile et dans les garderies

Dans le programme d'étude américain CTEPP (*Children's Total Exposure to Persistent Pesticides and Other Persistent Organic Pollutants*) visant à évaluer l'exposition à plus de 50 composés organiques persistants chez de jeunes enfants vivant en Caroline du Nord et dans l'Ohio, un volet spécifique de l'étude a permis de caractériser l'exposition à trois composés phénoliques suspectés d'agir comme des perturbateurs endocriniens : le pentachlorophénol (PCP), agent insecticide et fongicide dont les usages aux États-Unis sont strictement restreints depuis les années 80, le bisphénol-A (BPA), retrouvé dans de nombreux produits de consommation courante, et le nonylphénol (NP) et ses éthoxylates largement utilisés dans divers produits industriels (surfactants) ou domestiques. Les travaux ont consisté dans une première phase à mesurer ces trois composés dans différents milieux environnementaux et biologiques, puis, sur la base des résultats obtenus, à estimer l'exposition intégrée des enfants et la part relative de diverses modalités d'exposition (inhalation, ingestion alimentaire, ingestion non alimentaire). 257 enfants pré-scolarisés, âgés de 1 an et demi à 5 ans, ont été recrutés de manière à représenter différentes catégories sociales (niveau économique faible/moyen/élevé) et des situations environnementales urbaines ou rurales. Près de la moitié les enfants fréquentaient régulièrement une garderie.

Le protocole d'étude repose sur des mesurages environnementaux, pendant 48 heures, au domicile et, le cas échéant, dans la garderie (air ambiant et air intérieur, poussières de maison, sols, aliments et boissons collectés selon la méthode des repas dupliqués), complétés par des mesures individuelles (lingettes cutanées pour le recueil des composés présents sur les mains, urines collectées 3 fois par jour afin de mesurer le PCP exclusivement).

Les résultats montrent que le PCP et le BPA sont présents dans l'ensemble des milieux investigués, alors qu'au contraire le NP n'est que rarement détecté (< 11 % quel que soit le média considéré). Le BPA est présent dans plus de 50 % des échantillons d'air intérieur, sur les mains des enfants, les boissons (> 68 %) et les aliments (> 83 %). Le PCP est détecté dans plus de 50 % des échantillons d'air intérieur, d'air extérieur, de poussières de maison et d'urines. Contrairement au BPA, il n'a en revanche été que très rarement détecté dans les aliments, les boissons ou sur les mains des enfants.

À partir des concentrations mesurées dans les compartiments environnementaux et des temps passés dans chaque milieu de vie étudié ou des volumes ingérés ou inhalés, les auteurs ont estimé l'exposition totale potentielle (ng/jour) de chaque enfant et les doses potentielles absorbées par inhalation, ingestion alimentaire et ingestion non alimentaire (ng/kg/j) pour le PCP et le BPA. Considérée comme négligeable, l'exposition par voie cutanée n'a pas été prise en compte. Les estimations n'ont pas été réalisées pour le NP en raison de sa faible présence dans les milieux investigués. Les résultats indiquent que l'exposition au BPA est quasi exclusivement liée à l'ingestion alimentaire (99 %), l'exposition par voie respiratoire étant marginale. Au contraire du BPA, l'exposition totale des enfants au PCP est majoritairement liée à l'inhalation (90 % dans l'Ohio et 78 % en Caroline du Nord) et secondairement à l'ingestion indirecte (9 à 22 %). Le potentiel d'exposition totale au PCP, calculé par une autre approche à partir des quantités excrétées dans les urines, est largement supérieur (d'un facteur 10 environ) à l'estimation calculée par reconstitution à partir des concentrations mesurées dans les différents médias. Plusieurs hypothèses sont avancées pour expliquer cette divergence, en particulier : i) les mesures urinaires sur 48 heures ne sont pas un bon reflet d'une exposition très récente au PCP mais plutôt de l'exposition subie durant plusieurs semaines ; ii) la non prise en compte de l'exposition cutanée ; iii) la non prise en compte de l'exposition à l'hexachlorobenzène (HCH) dont le métabolisme conduit à l'excrétion urinaire de PCP.

En conclusion, les résultats indiquent que la qualité de l'air intérieur (dans les maisons et les garderies) joue un rôle déterminant dans l'exposition au PCP chez les jeunes enfants, l'exposition par voie alimentaire étant peu influente. Par ailleurs, alors que les concentrations en PCP et BPA dans l'air intérieur sont pourtant du même ordre de grandeur, l'inhalation ne joue au contraire qu'un rôle marginal dans l'exposition totale des enfants au BPA, celle-ci étant très largement dominée par les apports alimentaires.

Source : Wilson N.K., Chuang J.C., Morgan M.K. *et al.* ; An observational study of the potential exposures of preschool children to pentachlorophenol, bisphenol-A, and nonylphenol at home and daycare ; Environmental Research, 103(1) [2007]: 9-20

Article analysé par : Luc MOSQUERON, Institut national de l'environnement industriel et des risques – INERIS ; luc.mosqueron@ineris.fr



EXPOLOGIE – EVALUATION DES RISQUES

Comparaison des concentrations urinaires de certains pesticides chez les enfants et les parents, vivant ou non dans une ferme dans l'Iowa

Au printemps et à l'été 2001, 25 foyers vivant en ferme (24 pères, 24 mères et 66 enfants) et 25 foyers ne résidant pas dans une ferme et dont les parents n'étaient pas des agriculteurs (23 pères, 24 mères, 51 enfants) ont été retenus pour une étude d'exposition aux pesticides (atrazine, metolachlore, acetochlore, alachlore, glyphosate, chlorpyrifos et 2,4-D). Des campagnes de mesures ont été mises en œuvre : la première avait lieu 1 à 5 jours après une application extérieure de pesticides, la deuxième 3 à 5 semaines après. Deux échantillons d'urine par personne (un en fin de soirée, un le lendemain) étaient recueillis. Des échantillons de poussières étaient collectés dans chaque pièce à chaque visite. Un questionnaire accompagnait le recueil d'information pour chaque participant et documentait le traitement pesticide (substances épandues, date et heure d'application, surface traitée, avancement de la croissance des plantations, port d'équipement de protection).

Les métabolites des pesticides étaient analysés dans les prélèvements au moyen des techniques d'immunoessais, plus simples, rapides et utilisant moins d'échantillons que les techniques classiques. Pour des raisons de fiabilité, les auteurs ne rapportent les résultats que pour 4 composés (atrazine, chlorpyrifos, metolachlore et glyphosate).

Les prélèvements de poussières ont servi pour mesurer l'atrazine et le chlorpyrifos dans 20 maisons pour chaque groupe (ferme/non ferme). Le glyphosate et le metolachlore ont été mesurés dans les 5 groupes d'habitations restantes. L'atrazine a été détectée dans 23 % des échantillons. Les autres pesticides ont été détectés dans 80 % des prélèvements.

La taille de la ferme, le fait pour les enfants de jouer dans les récoltes ou d'aider leurs parents à une tâche de la ferme ont été ajoutés comme covariables pour l'analyse statistique.

Les moyennes géométriques ajustées de l'atrazine dans les urines des parents et des enfants des fermes étaient significativement supérieures à celles des familles n'habitant pas dans des fermes. Les concentrations en métabolites urinaires du chlorpyrifos étaient significativement supérieures chez les pères fermiers et supérieures à la limite de la significativité pour les mères habitant des fermes. En revanche, les niveaux du metolachlore et du glyphosate étaient similaires pour les deux groupes de parents. Aucune différence n'a été observée pour le glyphosate, le chlorpyrifos et le metolachlore chez les enfants.

Les moyennes géométriques des métabolites de l'atrazine et du chlorpyrifos étaient significativement supérieures dans l'urine des enfants dont le père avait récemment utilisé ces produits par comparaison aux niveaux urinaires chez les autres enfants. Une bonne corrélation des niveaux urinaires d'une même famille est généralement observée. Enfin, les auteurs notent également une bonne corrélation entre pesticides dans l'urine et dans les poussières prélevées, à l'exception de l'atrazine chez les mères habitant une ferme. Même si le chlorpyrifos est interdit à usage domestique depuis 2000, des traces de ce composé sont encore détectables dans presque tous les échantillons d'urine. Les valeurs mesurées sont 6 à 7 fois plus importantes que celles relevées dans la littérature. Ceci peut être dû à la technique de mesure dans les urines. Les plus grandes différences sont observées chez les pères.

La grande variabilité intra-personne comparée à l'inter-personne pourrait expliquer possiblement l'absence de résultats tout à fait nets. Cette situation peut également être due aux autres voies d'exposition qui n'ont pas été prises en compte dans l'analyse (alimentation, sols). Enfin, la petite taille des sous-échantillons, comparée au nombre de variables que les auteurs ont voulu tester, explique aussi cette absence de résultats concluants. Malgré ces limites, les résultats sont en faveur de l'hypothèse d'un transfert des pesticides à l'intérieur de l'habitation et confirment que les populations sont exposées aux pesticides à domicile et qu'en moyenne les familles d'agriculteurs le sont plus que les autres.

Source : Curwin B.D., Hein M.J., Sanderson W.T. *et al.* ; Urinary pesticide concentrations among children, mothers and fathers living in farm and non-farm households in Iowa ; *Annals of Occupational Hygiene*, 51(1) [2007]: 53-65
Article analysé par : Philippe PIRARD, Institut de veille sanitaire ; p.pirard@invs.sante.fr

À lire également :

Gustafson P., Barregard L., Strandberg B. *et al.* ; The impact of domestic wood burning on personal, indoor and outdoor levels of 1,3-butadiene, benzene, formaldehyde and acetaldehyde ; *Journal of Environmental Monitoring*, 9(1) [2007]: 23-32

Invernizzi G., Ruprecht A., De Marco C. *et al.* ; Residual tobacco smoke: measurement of its washout time in the lung and of its contribution to environmental tobacco smoke ; *Tobacco Control*, 16(1) [2007]: 29-33

Karlsson M., Julander A., van Bavel B. *et al.* ; Levels of brominated flame retardants in blood in relation to levels in household air and dust ; *Environment International*, 33(1) [2007]: 62-69

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

Partyka M., Zabiegala B., Namiesnik J. *et al.* ; Application of passive samplers in monitoring of organic constituents of air ; *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 37(1) [2007]: 51-78

Gutarowska B. and Piotrowska M. ; Methods of mycological analysis in buildings ; *Building and Environment*, 42(4) [2007]: 1843-1850

van Ree R. ; Indoor allergens: Relevance of major allergen measurements and standardization ; *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 119(2) [2007]: 270-277

Fromme H. ; Particulate matter in indoor environments - Exposure situation in residences, schools, pubs, and related recreational spaces ; *Gesundheitswesen*, 68(11) [2006]: 714-723

Li Y., Leung G.M., Tang J.W. *et al.* ; Role of ventilation in airborne transmission of infectious agents in the built environment - a multidisciplinary systematic review ; *Indoor Air*, 17(1) [2007]: 2-18

Boutin-Forzano S., Kadouch-Charpin C., Hammou Y. *et al.* ; Moisissures domestiques, mycotoxines et risques sanitaires ; *Environnement, Risques & Santé*, 5(5) [2006]: 383-389

Platts-Mills T.A.E. ; The role of indoor allergens in chronic allergic disease ; *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 119(2) [2007]: 297-302

Chapman M.D. ; Challenges associated with indoor moulds: Health effects, immune response and exposure assessment ; *Medical Mycology*, 44(Suppl. 1) [2006]: S29-S32

Green B.J., Tovey E.R., Sercombe J.K. *et al.* ; Airborne fungal fragments and allergenicity ; *Medical Mycology*, 44(Suppl. 1) [2006]: S245-S255

Gore J.C. and Schal C. ; Cockroach allergen biology and mitigation in the indoor environment ; *Annual Review of Entomology*, 52 [2007]: 439-463

Sood A., Sreedhar R., Kulkarni P. *et al.* ; Hypersensitivity pneumonitis-like granulomatous lung disease with nontuberculous mycobacteria from exposure to hot water aerosols ; *Environmental Health Perspectives*, 115(2) [2007]: 262-266

Zwiener C., Richardson S.D., De Marini D.M. *et al.* ; Drowning in disinfection byproducts? Assessing swimming pool water ; *Environmental Science & Technology*, 41(2) [2007]: 363-372

Lin H.H., Ezzati M. and Murray M. ; Tobacco smoke, indoor air pollution and tuberculosis: A systematic review and meta-analysis - art. no. e20 ; *Plos Medicine*, 4(1) [2007]: 173-189

Mazur L.J. and Kim J. ; Spectrum of noninfectious health effects from molds ; *Pediatrics*, 118(6) [2006]: E1909-E1926

Horner W.E. ; Managing building-related *Aspergillus* exposure ; *Medical Mycology*, 44(Suppl. 1) [2006]: S33-38

Wigle D.T., Arbuckle T.E., Walker M. *et al.* ; Environmental hazards: Evidence for effects on child health ; *Journal of Toxicology and Environmental Health-Part B-Critical Reviews*, 10(1-2) [2007]: 3-39

Compte-rendu de congrès

Qualité de l'air dans les logements, La Rochelle, 7-8 Juin 2007

Les 2^{èmes} journées scientifiques du réseau RSEIN et de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) avaient pour objectif de faire un point des connaissances relatives à la qualité de l'air dans les logements en présentant les résultats des enquêtes, études et recherches actuellement menées en France et en Europe dans ce domaine.

La conférence introductive a rappelé la place indéniable accordée aux actions de prévention et de gestion visant à améliorer la qualité des environnements intérieurs dans le Plan National Santé Environnement 2004-2008 (PNSE). Sur les 45 actions du PNSE (dont 12 prioritaires), six actions dont deux prioritaires concernent en tout ou partie la problématique de la QAI* dans les logements.

Ensuite, ces journées se sont articulées autour de quatre sessions principales :

- Session 1 : Quels polluants, quelles concentrations dans les logements ?
- Session 2 : Déterminants de la pollution intérieure
- Session 3 : Effets sur la santé
- Session 4 : Gestion de la qualité de l'air intérieur

La **Session 1** a tout d'abord été l'occasion d'une présentation des résultats de la **campagne nationale « Logements » menée par l'OQAI*** sur la période 2003-2005 (567 logements représentatifs des 24 millions de résidences principales en France). Comparativement, les investigations relatives à la qualité de l'air dans les logements au Royaume-Uni ont été plus précoces. Dès le début des années 90, de premières mesures de polluants à l'intérieur de logements étaient effectuées dans le cadre d'une étude longitudinale. Sur la base de ces premières données, une surveillance nationale représentative a été mise en place au cours des années 1997-99 (876 logements). Plus récemment, d'autres études ont été conduites visant, par exemple, à caractériser la contamination des habitats due aux émissions issues de sols contaminés. L'expérience allemande rapportée apparaît différente. Les données de qualité de l'air des environnements domestiques

collectées et disponibles sont issues d'une vaste enquête de surveillance épidémiologique (*German Environmental Survey – GerES*) élaborée en différentes phases depuis 1985-1986 jusqu'à aujourd'hui, incluant la mesure de biomarqueurs. Il ressort de l'exploitation des résultats que l'exposition domestique est très importante pour de nombreux polluants, et des corrélations avec des métabolites de certaines substances dosés dans les urines ont pu être mises en évidence.

La **Session 2** a permis d'aborder les différentes **sources de polluants** de l'air des environnements intérieurs comme les produits de construction et de décoration, ainsi que les produits de consommation courante (produits ménagers, de bricolage, cosmétiques...). Concernant les premiers, plusieurs travaux français et européens ont été dernièrement menés et mettent notamment en évidence que des outils de caractérisation des émissions de COV* et de formaldéhyde (série des normes ISO 16000), ainsi que des procédures d'évaluation de ces émissions sur la base de critères sanitaires, sont aujourd'hui disponibles et opérationnels dans certains pays. S'agissant des produits de consommation courante, une étude menée par le Centre Anti-Poison de Lille tend à montrer que la plupart des substances qui sont mesurées dans l'environnement intérieur, si elles reflètent l'exposition liée aux matériaux de construction ou au mobilier, ne reflètent cependant pas l'exposition liée à l'utilisation de produits ménagers, cosmétiques, notamment au vu des substances présentes dans les produits utilisés par les consommateurs. Enfin, sur la base des premiers résultats de la campagne nationale « Logements » de l'OQAI*, une analyse statistique multidimensionnelle a été conduite. Des groupes de logements sont identifiés en fonction des niveaux de concentration de polluants relevés ; 4 principaux groupes ressortent : logements mono-pollués (environ 20 % à l'échelle nationale), logements fortement pollués vis-à-vis de plusieurs composés (environ 10 % à l'échelle nationale), logements moyennement pollués et enfin logements faiblement pollués.

Les exposés présentés à l'occasion de la **Session 3**, consacrée aux **effets sanitaires**, ont en particulier montré que les pathologies le plus souvent associées à une mauvaise qualité de l'air intérieur (pathologies du système respiratoire telles que rhinite, bronchite, asthme...) ne sont pas spécifiques d'un polluant donné, rendant la relation de causalité entre polluants de l'air intérieur et effets sanitaires souvent complexe à mettre en évidence. Des études sont à conduire de façon à mieux caractériser l'exposition. Dans cette optique, l'Observatoire régional de Santé d'Ile-de-France met actuellement en œuvre une enquête épidémiologique transversale visant à étudier les effets sanitaires des moisissures dans l'habitat (projet ESMHA). Toujours à partir des résultats de la campagne nationale « Logements » de l'POQAI*, une équipe de l'INSERM a mis en évidence des associations positives significatives notamment entre l'asthme et deux COV*, le n-undécane et l'acroléine (représentant chacun d'un groupe de composés), et entre la rhinite et un score global de pollution en COV*. Enfin, un exposé sur le formaldéhyde en environnement intérieur et l'asthme a fait le point sur les études françaises récentes.

Une première partie des exposés de la **Session 4** a permis de faire un tour d'horizon des **solutions techniques innovantes d'épuration de l'air intérieur**. Ont ainsi été présentées les techniques de filtration mécanique, de photocatalyse, de filtration électrique, mais aussi les méthodes d'épuration par les plantes. Les études et recherches actuelles visent à évaluer la pertinence et les performances de ces différentes méthodes. Dans une seconde partie de cette session, le panorama dressé des **politiques publiques existantes** et des orientations prises par

les pouvoirs publics a relaté les réglementations anciennes qui seront prochainement révisées (monoxyde de carbone et amiante) et celles plus récentes concernant le tabac et le radon. Par ailleurs, les actions de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (élaboration de valeurs guides de qualité d'air intérieur et mise en place d'un protocole d'évaluation des émissions de COV* et de formaldéhyde des produits de construction et des équipements) ont été présentées.

Au final, il ressort de ces journées scientifiques des avancées considérables au niveau français en matière de caractérisation de la pollution de l'air à l'intérieur des logements et de caractérisation des émissions par différentes sources. Les travaux doivent se poursuivre pour affiner les connaissances et identifier les solutions opérationnelles qui permettront d'informer la population, de limiter et/ou de réduire les risques pour la santé et de gérer la qualité de l'air intérieur de façon rationnelle compte tenu des enjeux énergétiques qui sont les nôtres pour les années à venir, en lien avec la maîtrise des émissions de gaz à effet de serre.

Cette manifestation était co-organisée par l'Université de La Rochelle et ATMO Poitou-Charentes. Elle a bénéficié du soutien de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) et de l'Agence de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET).

➔ Pour plus d'informations, télécharger les résumés et les supports visuels des exposés, ainsi qu'un compte-rendu détaillé sur les sites Internet : <http://rsein.ineris.fr> ou <http://www.air-interieur.org> ou <http://www.rsein2007.org>

Travaux divers

Installations de ventilation dans l'existant : enjeux et propositions d'amélioration à travers les diagnostics

Grâce au soutien de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), l'association air.h a réalisé en 2005-2006 un état des lieux des dispositifs de ventilation dans le parc français des bâtiments des secteurs résidentiel et tertiaire (types de ventilation et dysfonctionnements - nature et origine). Les gains énergétiques, exprimés en tonnes d'équivalent CO₂ économisés, associés à l'installation d'une ventilation mécanique contrôlée lors de la réhabilitation de logements ou bien à la mise en conformité des installations existantes ont été quantifiés. L'amélioration des stratégies de ventilation (modulation des débits, récupération de l'énergie via les systèmes de double flux) génère également des gains non négligeables. Ainsi, ce sont

14 326 kilotonnes de gaz à effet de serre exprimés en équivalent CO₂ qui peuvent être économisés pour les maisons, 6 498 kilotonnes pour les immeubles collectifs et 1 131 kilotonnes pour les bureaux. Parallèlement, les avantages et inconvénients liés à différentes technologies, en terme d'impact sur la QAI* notamment, ont été recensés. Ces travaux servent actuellement à l'élaboration de la norme européenne fixant les lignes directrices pour le contrôle des installations de ventilation, qui doit paraître en 2007.

➔ Pour plus d'informations, contacter Pierre DEROUBAIX : pierre.deronbaix@ademe.fr

Normalisation

La norme NF EN ISO 16000-5 (X 43-404-5) : « **Air intérieur - Partie 5 : Stratégie d'échantillonnage pour les composés organiques volatils (COV)** » est parue en mai 2007. Elle a pour objectif d'apporter une aide pour définir et mettre en œuvre la stratégie de mesure des COV* dans l'air des environnements intérieurs.

➔ Pour plus d'informations, contacter Élisabeth DERCHÉ : elisabeth.derche@afnor.org ou se connecter sur <http://www.afnor.org>

Sur le web

L'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET) a publié en **avril 2007** son rapport d'évaluation des expositions de la population générale et des travailleurs aux **fibres céramiques réfractaires et aux fibres de verre à usage spécial**. Après une présentation générale des fibres minérales artificielles (typologie, composition chimique, propriétés physico-chimiques et production) et un rappel des méthodes de comptage et d'identification, le document fait la synthèse des connaissances sur les fibres céramiques réfractaires et les fibres de verre à usage spécial de types E et 475. Pour chacune d'elles, sont recensés les données relatives à la production et l'utilisation, les produits de substitution, les bases de données disponibles permettant l'évaluation des expositions de la population générale et des travailleurs, les mécanismes de toxicité, ainsi que les accords et publications récentes aux niveaux national, européen et international. Si l'accessibilité à ces fibres reste limitée pour la population générale dans les conditions normales d'utilisation, leur comportement au cours de leur utilisation et de leur vieillissement reste insuffisamment documenté. L'AFSSET recommande donc de poursuivre l'acquisition de connaissances permettant une meilleure caractérisation des expositions. Ceci passe notamment par l'amélioration de la traçabilité des fibres, la prévention devant, dans tous les cas, se poursuivre en parallèle.

En avril 2007 également, l'AFSSET a publié les résultats de ses travaux relatifs à la **qualité de l'air dans les parcs de stationnement couverts**. La modification de la réglementation relative à ces ouvrages a en effet motivé une saisine de l'Agence en vue de proposer des critères de qualité de l'air applicables spécifiquement à ces enceintes souterraines. Des campagnes de mesure ont été

conduites dans quatre parcs de stationnement souterrains afin de compléter la revue bibliographique française et internationale documentant les concentrations en polluants dans ces infrastructures. Une liste restreinte de polluants d'intérêt sanitaire a été établie. Puis, suivant une démarche d'évaluation des risques, les niveaux de concentration à respecter pour protéger la santé des usagers et des employés ont été déterminés pour neuf substances les plus problématiques. Au final, l'AFSSET considère que les risques sanitaires liés aux expositions dans les parcs de stationnement couverts, bien que difficiles à quantifier, ne sont pas négligeables, notamment pour les expositions prolongées. L'Agence estime également que, dans le cadre d'un suivi de la qualité de l'air des parcs de stationnement couverts, le monoxyde d'azote est le polluant indicateur de référence le plus pertinent à surveiller en routine. Trois valeurs de gestion sont proposées (400 µg/m³, 600 µg/m³ ou 800 µg/m³ ; pas de temps de 30 minutes) correspondant à différentes implications en terme sanitaire.

Les fibres minérales artificielles, Évaluation de l'exposition de la population générale et des travailleurs, Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail, Saisine n°2004/012 ; Avril 2007 – 290 pages

Valeurs limites de concentration en polluants dans les parcs de stationnement couverts, Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail, Saisine n°2005/006 ; Avril 2007 – 240 pages

➔ <http://www.afsset.fr>, Rubrique *Les activités scientifiques*

Dans le contexte de la mise en place du dispositif national de suivi des **intoxications oxycarbonées**, **l'Institut de veille sanitaire (InVS)** a publié le **3 juillet 2007** le bilan de la première année de surveillance dans la région Ile-de-France. 214 signalements d'intoxication ont été enregistrés, concernant majoritairement l'habitat (69 %), en particulier l'habitat individuel. Dans 80 % de ces intoxications domestiques, une enquête détaillée a été réalisée permettant quasi systématiquement d'identifier la cause (95 % des origines expliquées). Les installations de production d'eau chaude sont souvent en cause. Les intoxications résultent par ailleurs souvent de plusieurs circonstances anormales concomitantes : mauvaise évacuation des gaz brûlés (53 % des cas), dysfonctionnement de l'appareil (52 %) ou utilisation inappropriée d'un appareil de chauffage d'appoint (20 %). Ces résultats pour 2005 confirment une tendance à la diminution des cas dans la région depuis plusieurs années.

Deux numéros thématiques récents du bulletin épidémiologique hebdomadaire publié par l'InVS traitent de problématiques en lien avec l'environnement intérieur. Dans le n°15-16/2007, différents cas de **syndromes psychogènes collectifs** survenus dans des locaux variés (mairie de Villejuif, collège de Carignan, hôpital Nord de Marseille...) sont rapportés et décryptés afin de comprendre la chronologie des événements et la place jouée par la cause environnementale mise en

avant, à savoir, dans ces cas-là, une pollution de l'air intérieur. Le n°18-19/2007 propose une revue des connaissances scientifiques et des politiques publiques relatives à la problématique du **radon domestique**. Si l'association entre exposition au radon résidentiel et cancer du poumon est désormais reconnue (les résultats de la méta-analyse de 13 études européennes cas-témoins conduite par Darby *et al.* sont à ce titre rappelés), il semblerait que le défi réside désormais dans la mise en place rapide de mesures de gestion des risques. L'exemple de la politique de santé publique québécoise est présenté.

Intoxications au monoxyde de carbone dans la région Ile-de-France en 2005. Bilan épidémiologique de la première année du nouveau dispositif national de surveillance, Institut de veille sanitaire ; Juillet 2007 – 31 pages

Les syndromes psychogènes : connaissances acquises et études de cas, Bulletin épidémiologique hebdomadaire, Institut de veille sanitaire, N°15-16 ; 24 avril 2007 – 16 pages

Impact sanitaire du radon domestique : de la connaissance à l'action, Bulletin épidémiologique hebdomadaire, Institut de veille sanitaire, N°18-19 ; 15 mai 2007 – 24 pages

➔ <http://www.invs.sante.fr>, Rubrique *Publications*

L'association de surveillance de la qualité de l'air en Bourgogne, **Atmosf'Air Bourgogne**, a conduit **d'avril à août 2006**, une campagne de mesure de **pesticides** dans l'air ambiant et l'air intérieur dans quatre zones viticoles ou à proximité de grandes cultures. Les bâtiments investigués étaient de natures très variées : habitation, école, salle de judo, salle des fêtes, bureaux, lieux publics (mairie, poste de police, maison des associations...). En plus des substances habituellement recherchées par l'association dans l'air extérieur, la liste des substances recherchées (phase gazeuse et phase particulaire) tient compte de la hiérarchisation menée par l'OOAI*, ce qui *in fine* représente un total de 75 composés recherchés. 17 substances ont été détectées dans l'air intérieur, dont 7 exclusivement. Elles sont plus nombreuses que celles détectées à l'extérieur (11 substances) et en concentrations plus élevées.

Campagne de mesures de pesticides en air extérieur et intérieur, Bourgogne 2006, Atmosf'Air Bourgogne ; 2006 – 37 pages

➔ <http://www.atmosfair-bourgogne.org>, Rubriques *Études > Historique*, puis utiliser le moteur de recherche

Dans la continuité de ses travaux de révision des **valeurs guides de qualité d'air intérieur** (valeurs mises à jour en 2005 pour le formaldéhyde, cf. *Info Santé Environnement Intérieur* N°13 et 16), **Santé Canada** a publié en **mars 2007** ses recommandations s'agissant des **moisissures**. Plutôt qu'une (ou plusieurs) valeur(s) guide(s) numérique(s), ce sont en fait des recommandations que promulgue Santé Canada. En effet, le grand nombre d'espèces fongiques présentes dans les bâtiments, la difficulté associée à la quantification de cette contamination fongique, la grande variabilité interindividuelle de la réponse à l'exposition aux moisissures empêchent la fixation de valeurs guides d'exposition. Ainsi, quelle que soit l'espèce fongique, Santé Canada demande de contrôler l'humidité et de réparer rapidement toute fuite ou infiltration d'eau afin de prévenir la croissance fongique, ainsi que de nettoyer en profondeur toute trace de moisissure, qu'elle soit visible ou non.

Au **Québec**, comme chaque année, un bilan du suivi de la **qualité de l'air dans les patinoires couvertes** durant la saison hivernale précédente a été publié en **mars 2007**. Des mesures de monoxyde de carbone (CO) et de dioxyde d'azote (NO₂) ont été réalisées dans 72 patinoires et

comparées aux valeurs guides existantes pour la protection de la santé des usagers. Dans six patinoires, les critères de qualité de l'air du CO et/ou du NO₂ sont dépassés légèrement ; ils le sont significativement dans cinq patinoires. L'efficacité des mesures de gestion mises en place est évidente puisque le pourcentage de patinoires respectant les valeurs guides est passé de 31 % au démarrage du programme de suivi (hiver 1996-97) à 88 % lors du dernier hiver.

Ligne directrice sur la qualité de l'air intérieur résidentiel : Moisissures, Santé Canada, ISBN 978-0-662-09077-9 ; Mars 2007 – 3 pages

➔ http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/air/mould-moisissure_f.html

Évaluation de la qualité de l'air dans les arénas de l'Île de Montréal, Hiver 2006-2007, Agence de la santé et des services sociaux de Montréal, Québec, Price K., Beausoleil M. et Lefebvre L. ; Mars 2007 – 18 pages

➔ <http://www.santepub-mtl.qc.ca/Publication/pdfenvironnement/arenas2006-2007.pdf>

GLOSSAIRE

CFD : *Computational Fluid Dynamics*

COV : Composés Organiques Volatils

FTE : Fumée de Tabac Environnementale

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

OR : Odd Ratio

OQAI : Observatoire de la QAI*

PM₁₀ : Particules de diamètre aérodynamique médian inférieur à 10 µm

QAI : Qualité de l'Air Intérieur

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

Directeur de la publication : Georges Labroye

Directeur de la rédaction : André Cicolella

Comité de rédaction du N°19 : Desqueyroux H., Ezratty V., Mandin C. et Ramalho O., avec la participation de Festy B.

A également participé à la rédaction de ce numéro : Valérie Pernelet-Joly, Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail, AFSSET

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

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

ISSN : En cours

Le réseau RSEIN, en relation avec l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur, est constitué de représentants des structures suivantes : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie, Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique et ses comités régionaux Nord-Pas de Calais et PACA-Marseille, ATMO Poitou-Charentes représentant les Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Centre Technique du Bois et de l'Ameublement, Complexe de Recherche Interprofessionnel en Aérothermochimie, Faculté de Pharmacie de Marseille, Faculté de Pharmacie de Paris V, 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 de Veille Sanitaire, Laboratoire Central de la Préfecture de Police de Paris, Laboratoire d'Étude des Phénomènes de Transfert Appliqués au Bâtiment, Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris, Laboratoire du Génie de l'Environnement Industriel – antenne de Pau de l'École des Mines d'Alès, MEDIECO, Observatoire Régional de Santé d'Île-de-France, SEPIA-Santé, Service des Études Médicales de EDF-Gaz de France, Université Bordeaux II – Équipe EA 3672 Santé Travail Environnement, Université de Caen, Vincent Nedellec Consultants.

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