



Info Santé Environnement Intérieur

N°8 Avril 2004

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

EDITO

Des polluants organiques persistants dans les poussières des habitations françaises ?

Depuis l'an 2000, l'organisation Greenpeace réalise en Europe une enquête intitulée "Dépoussiérons l'industrie chimique !" qui vise à mesurer dans les poussières des logements certaines "*substances chimiques dangereuses retrouvées dans l'environnement en concentrations croissantes du fait de leur usage massif à l'échelle mondiale dans les produits de consommation de tous les jours*". Faisant référence aux définitions de la convention de Stockholm¹, les substances recherchées mériteraient, selon Greenpeace, d'être classées parmi les Polluants Organiques Persistants² (POP). Au cours de l'année 2003, les poussières de 50 logements en France ont été prélevées afin d'y mesurer différents composés relevant des cinq groupes de substances chimiques suivants : les esters de phtalates³, les alkyl phénols⁴ et leurs dérivés, les retardateurs de flamme bromés⁵, les composés organoétains⁶ et les paraffines chlorées à chaîne courte⁷. L'objectif de cette enquête était "*d'attirer l'attention de la communauté scientifique sur un problème encore trop négligé et d'interpeller les acteurs politiques et économiques responsables de cette situation inacceptable*" [Greenpeace, 2003].

Avant cette enquête, des scientifiques du domaine "santé bâtiment", réunis en partenariat autour de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI), ont proposé parmi d'autres indicateurs le dosage de pesticides dans les poussières des habitations et des écoles dans les futures campagnes de l'OQAI [CSTB, 2001]. En effet, depuis les années 90 et le début de l'épidémie de saturnisme infantile en Ile-de-France et grâce aux nombreux travaux internationaux, nous savons que les poussières aux sols des logements constituent d'excellents indicateurs d'exposition aux substances non volatiles, notamment pour les jeunes enfants.

Compte tenu des coûts et des priorités données à d'autres paramètres, les prélèvements de poussières surfaciques et le dosage des pesticides n'ont pas été inclus dans la première campagne nationale de l'OQAI incluant 700 logements tirés au sort dans l'ensemble du parc de logements en France métropolitaine. Pourtant, une première enquête pilote réalisée par l'OQAI et l'INERIS a montré la présence de pesticides dans les poussières et l'air d'une dizaine de logements français [CSTB, 2002]. Parmi eux, 5 (aldrine, chlordane, dieldrine, heptachlore et hexachlorobenzène) figurent dans la liste des 8 pesticides devant être éliminés selon la convention de Stockholm sur les POP⁸. De plus, un travail de hiérarchisation sanitaire basé sur une approche d'évaluation des risques plaçait le dichlorvos, la dieldrine et l'aldrine dans les deux premières catégories de priorités [OQAI, 2002]. Les résultats métrologiques obtenus par Greenpeace sont actuellement passés au crible de cette approche de hiérarchisation afin de situer plus précisément le potentiel de risques sanitaires qu'ils recèlent.

Le choix des priorités d'actions et l'indigence financière qui nous privent des connaissances nécessaires et préalables à une gestion rationnelle des enjeux sanitaires dans les bâtiments ne semblent pas réservés au seul domaine de l'habitat. Réunis à la demande des ministres chargés de l'environnement, de la santé et des affaires sociales pour "*réaliser un diagnostic et proposer des orientations et des priorités d'actions ... sur les risques sanitaires environnementaux actuels et à venir, sur leurs critères d'objectivation et sur leur hiérarchisation en termes de santé publique, sur la cohérence et l'efficacité de l'ensemble des dispositions déjà prises ou préconisées pour s'en prémunir*", les experts scientifiques du domaine "santé environnement" signalent dès l'introduction de leur rapport que "*Ces questions posent en effet des défis majeurs sur le plan de la connaissance. Notre pays n'a pas, dans ces domaines, su prendre sa part de l'effort collectif de la communauté scientifique internationale. Cette faible contribution réduit notre aptitude à gérer intelligemment ces risques environnementaux.*" [AFSSE, 2004].

Si l'intoxication au monoxyde de carbone (CO) tue environ 200 personnes par an en France, il existe des dispositifs de sécurité et de réduction des risques. Ceux-ci viennent d'ailleurs d'être renforcés, à juste titre, par plusieurs textes réglementaires en 2003. Par ailleurs, les cancers ne font pas moins de 150 000 morts et 280 000 nouveaux cas par an dont 7 à 20 % seraient associés à des facteurs environnementaux non liés à des comportements individuels [AFSSE, 2004]. Pour le moment il n'existe pas de dispositif réglementaire, en France, à l'image de ceux mis en place pour le plomb ou le CO. Il semble donc tout à fait urgent de développer la recherche concernant l'exposition aux substances cancérigènes dans l'habitat, afin de mieux comprendre comment construire un dispositif réglementaire qui pourra prévenir efficacement ces expositions indésirables.

Une synthèse des connaissances épidémiologiques sur les facteurs d'environnement résidentiel associés aux cancers de l'enfant a souligné le fait que les pesticides, bien plus que le tabagisme passif, sont parmi les facteurs les plus fortement associés à un accroissement du risque de cancer chez l'enfant [CSTB, 2001]. Nous regrettons que l'exposition aux POP soit mieux documentée chez les animaux polaires et marins qu'à l'intérieur de nos foyers. Il est temps que les budgets de recherche sur la qualité des environnements intérieurs soient décemment abondés et pérennisés. De plus, les priorités de recherche doivent inclure l'exposition aux substances cancérigènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction (Composés Organiques Volatils, métaux, pesticides ou POP).

Ces nouvelles orientations fourniraient les éléments de connaissances indispensables à la définition des politiques publiques de réduction des risques et mettraient la France en accord avec ses engagements internationaux pris à travers la ratification de la convention de Stockholm et notamment avec l'article 11 prévoyant que "Les Parties, dans la mesure de leurs moyens, encouragent et/ou entreprennent, aux niveaux national et international, des activités appropriées de recherche-développement, de surveillance et de coopération concernant les POP...".

Vincent NEDELLEC (vincent.nedellec@wanadoo.fr)

1 : L'annexe D de la convention de Stockholm (texte, liste des pays signataires et autres informations disponibles à : <http://www.pops.int/>) précise que les pays signataires peuvent faire entrer dans la convention tout polluant organique réunissant les propriétés suivantes : persistance, bioaccumulation, potentiel de propagation à longue distance dans l'environnement, preuves de toxicité ou d'écotoxicité (voir définitions dans la convention).

2 : Selon l'annexe D de la convention de Stockholm, la persistance est définie par l'existence de "preuves que la demi période de vie de la substance chimique dans l'eau est supérieure à deux mois, ou que dans le sol elle est supérieure à six mois, ou que dans les sédiments elle est supérieure à six mois".

3 : Utilisés comme plastifiants dans les produits en PVC flexible tels que les revêtements de sols, les tapisseries, les meubles, les vêtements et les jouets, ainsi que certains produits cosmétiques et parfums.

4 : Principalement utilisés comme surfactants non-anioniques dans les détergents industriels, mais également comme traitements de finition des textiles et du cuir, dans les peintures à l'eau et comme composants de produits cosmétiques.

5 : Appliqués sur les textiles et/ou incorporés dans les plastiques, les mousses et les composants des produits électriques et électroniques afin d'empêcher ou de retarder l'extension du feu.

6 : Utilisés comme stabilisants des plastiques, particulièrement le PVC et comme traitement anti-acariens et anti-moisissures de certains tapis et des revêtements de sol en PVC.

7 : Moins utilisées qu'auparavant, on les trouve encore dans certains plastiques, caoutchoucs, peintures et mastics.

8 : La convention de Stockholm adoptée le 23 mai 2001, a été ratifiée par la France en ce début d'année 2004. En tant que 50^{ème} pays signataire, elle provoque l'entrée en vigueur de ce texte visant l'élimination de 8 pesticides (aldrine, chlordane, dieldrine, endrine, heptachlore, hexachlorobenzène, mirex, toxaphène) et des polychlorobiphényles ainsi que la réduction d'usage du DDT et des émissions de POP produits non intentionnellement (dioxines, furanes, hexachlorobenzène et PCB résultant de la combustion de matières organiques en présence de chlore).

[Greenpeace, 2003] Dépoussiérons l'industrie chimique. Les résultats d'analyse de poussières domestiques prélevées dans 50 foyers français : un plaidoyer pour une autre chimie. Campagne Toxiques. Octobre 2003, 12 pages

[AFSSE, 2004] Rapport de la commission d'Orientation du Plan Santé Environnement. 12 février 2004, 246 pages. Disponible à l'adresse suivante : http://www.afsse.fr/documents/Rapport_Final_PNSE.pdf

[CSTB, 2001] OQAI. Phase préparatoire. Rapport final n°DDD-SB/2001-33, décembre 2001

[CSTB, 2002] Préparation de la phase opérationnelle de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur, rapport n°DDD/SB-2002-26, octobre 2002

[OQAI, 2002] Hiérarchisation sanitaire des paramètres mesurés dans les bâtiments par l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur. Luc Mosqueron, Vincent Nedellec. Novembre 2002. Disponible à l'adresse suivante : http://www.air-interieur.org/documents/fichiers/B83_1.pdf

SOMMAIRE

Substances → p3 ; Effets sanitaires → p5 ; Expologie – Evaluation des risques → p6 ;
Autres articles d'intérêt → p8 ; Informations diverses → p8
Les astérisques renvoient aux termes du glossaire. → p11

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

Relation entre moisissures dans l'air intérieur et teneurs en particules inertes

Le sujet de l'étude menée par Hargreaves et *al.* est ambitieux et original. En effet, à partir d'échantillonnages des particules "inertes" et biologiques (moisissures) effectués dans l'air extérieur (pris comme référence) et l'air intérieur (salle de séjour, chambre et éventuellement cuisine ou salle de bains) de 17 appartements choisis parmi un panel de volontaires dans la banlieue de Brisbane (Australie), les auteurs tentent de mettre en évidence des relations entre pollution inerte et pollution biologique. A ce jour, peu de chercheurs ont publié ce type d'étude.

Le caractère ambitieux de l'étude réside dans le fait que, pour ce qui concerne les particules inertes, trois techniques différentes de détermination sont utilisées :

- le dénombrement des particules de diamètre compris entre 0,007 et 0,808 μm à l'aide d'un compteur de noyaux de condensation ;
- le dénombrement des particules de diamètre compris entre 0,54 et 19,81 μm à l'aide d'un compteur aérodynamique de particules selon la taille ;
- la détermination de la masse des particules d'un diamètre inférieur à 2,5 μm .

Par ailleurs, les moisissures sont prélevées sur milieu tryptocaséine-soja avec un *Reuter Centrifugal Sampler* (RCS). Puis les échantillons sont incubés à 28°C pendant 3 à 4 jours. Après comptage, une étude qualitative au niveau du genre est mise en œuvre par microscopie optique. Les auteurs décrivent avec précision les conditions d'échantillonnage et les précautions prises pour limiter l'incidence de la ventilation, des différences de débit d'échantillonnage (0,3 L.mn⁻¹ pour les particules submicrométriques et 40 L.mn⁻¹ pour les moisissures) et des conditions environnementales extérieures. Une durée d'échantillonnage de 5 heures par appartement a été nécessaire.

Tableau 1 : Résultats relatifs aux moisissures : unités formant colonie (CFU/m³) dans les maisons

	Extérieur	Salle de séjour, ventilation normale	Chambre, ventilation normale	Salle de séjour, ventilation minimale	Salle de bains, ventilation minimale
n	14	13	13	13	13
Moyenne (± écart-type)	1 133 (± 759)	810 (± 389)	692 (± 385)	453 (± 389)	499 (± 521)
Min. – Max.	463 – 3 125	400 – 1 675	350 – 1 688	163 – 1 713	125 – 2 063
Nb de prélèvements < 500 CFU/m³	1 soit 7 %	2 soit 15 %	5 soit 38 %	12 soit 86 %	10 soit 77 %

Tableau 2 : Résultats relatifs aux particules inertes

	Particules submicroniques (× 10 ³ particules cm ⁻³)			Particules supermicroniques (particules cm ⁻³)			PM _{2,5} (µg/m ³)		
	Extérieur	Intérieur ventilation minimale	Intérieur ventilation normale	Extérieur	Intérieur ventilation minimale	Intérieur ventilation normale	Extérieur	Intérieur ventilation minimale	Intérieur ventilation normale
Moyenne	23,8	12,7	21,7	1,78	1,54	1,74	11,3	12,0	10,8
Ecart-type	14,0	5,56	12,3	1,34	1,16	1,27	4,0	3,9	3,8
Min.	5,03	4,85	5,29	0,45	0,46	0,51	4,7	5,4	4,4
Max.	52,8	21,3	40,0	3,98	3,74	3,86	18,4	18,0	15,3

Les *Cladosporium* représentent à eux seuls 50 % de la flore identifiée. Comme déjà constaté dans de précédentes études, la flore mycélienne est plus importante en zone non urbaine, ici un parc, qu'en zone urbaine. Il peut s'agir d'un effet source.

La comparaison des résultats par les auteurs montre qu'**aucune relation linéaire n'apparaît entre les résultats obtenus pour les moisissures et les particules inertes**, et ce bien que tous les résultats aient été exprimés en unités par cm^3 et réduits à la période pendant laquelle les 2 séries d'échantillonnage sont effectuées simultanément. Par contre, une relation significative est notée entre les comptages de particules large spectre et les dénombrements mycéliens pour les prélèvements extérieurs et la salle de séjour lorsque la ventilation est minimale. Les auteurs expliquent ce résultat par les considérations suivantes :

- les 2 types de particules, viables et inertes, dont les tailles sont voisines (diamètre de 5 à 20 μm), ont un comportement aérodynamique voisin ;
- on compare des résultats homogènes, tous deux exprimés en nombre par unité de volume, ce qui n'est pas le cas des particules de diamètre inférieur à 2,5 μm exprimées en masse.

Si quantitativement, aucune relation n'est mise en évidence, en revanche, le comportement des 2 types de particules, particules inertes de diamètre inférieur à 2,5 μm et moisissures, en fonction du niveau de ventilation et de la distance par rapport à la source est analogue. Dans les 2 cas, les teneurs montrent une décroissance exponentielle avec la distance de la source. Ceci indiquerait que les comportements aérodynamiques des particules inertes de diamètre inférieur à 2,5 μm et des moisissures sont très voisins, ce qui ne prouve pas nécessairement une association physique entre les différents types de particules comme le proposait le postulat initial.

Il est intéressant que ces résultats "décevants" en regard des moyens mis en œuvre, aient toutefois été publiés. L'utilisation d'un échantillonneur Andersen 6 étages permettant le classement granulométrique des particules viables aurait peut-être permis d'obtenir des résultats plus probants.

Source : Hargreaves M., Parappukkaran S., Morawska L., Hitchins J., He C.R., Gilbert D. ; A pilot investigation into associations between indoor airborne fungal and non-biological particle concentrations in residential houses in Brisbane, Australia ; *The Science of the Total Environment*, 312(1-3) [2003], 89 – 101

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

SUBSTANCES



Outils de prédiction des réactions physico-chimiques hétérogènes dans l'environnement intérieur

La représentation des réactions physico-chimiques hétérogènes (interactions entre un gaz et un élément d'une autre phase comme les parois, le mobilier, les particules en suspension, ...) dans les outils de prédiction de la qualité de l'air intérieur, nécessite la connaissance des caractéristiques de sorption et de diffusion des différents systèmes polluants/matériaux rencontrés dans les bâtiments. L'acquisition de ces connaissances implique la mise en œuvre de moyens expérimentaux lourds et coûteux. Par ailleurs, le nombre de polluants comme le nombre de matériaux rencontrés dans les bâtiments étant considérable, le nombre de combinaisons à tester limite inévitablement l'effort expérimental à l'étude de quelques couples ciblés sur des problèmes particuliers. Face à ce problème, le développement de moyens de prédiction des coefficients de diffusion et de sorption apparaît comme une priorité. L'idée est de pouvoir évaluer les valeurs de ces paramètres pour un système polluant/matériau donné :

- à partir de quelques propriétés physico-chimiques du composé et du matériau étudiés ;
- ou/et de résultats expérimentaux concernant d'autres composés sur le matériau étudié.

Deux articles récents traitent de ce sujet. Le premier concerne la **détermination des coefficients de diffusion effectifs des polluants dans les matériaux de construction** à partir de tests de porosimétrie à mercure. Ces tests permettent de déterminer la répartition en taille des pores du matériau étudié, puis, par intégration, la porosité totale et le coefficient de diffusion moyen d'une espèce donnée. Couplés à un modèle qui calcule de manière empirique le coefficient de tortuosité des pores, on obtient les trois grandeurs qui définissent le coefficient de diffusion effectif du polluant dans le matériau. La méthode, proposée par Carniglia dans les années 80, n'avait jusqu'à présent été utilisée que pour des matériaux très spécifiques, tels que les oxydes de métaux. L'article cité en référence démontre son applicabilité aux matériaux du bâtiment, comparaison avec des données expérimentales à l'appui. L'avantage de la méthode de Carniglia, comparativement aux méthodes expérimentales traditionnelles, est qu'à partir d'un test de porosimétrie qui dure classiquement de 1 à 2 heures, il est semble-t-il possible de déterminer avec une certaine précision le coefficient de diffusion effectif de n'importe quelle espèce dans le matériau testé.

L'article de Weschler constitue quant à lui une réflexion sur les moyens de **prédiction des coefficients de partition des composés organiques volatils (COV) entre l'air ambiant et quatre phases solides** : les particules en suspension, les particules déposées sur les filtres de ventilation, les matériaux de construction ou de revêtement, et les tissus des voies respiratoires supérieures (la sorption sur ces tissus est responsable de l'irritation qui peut en résulter). A partir de données expérimentales, l'auteur montre que dans les quatre cas, le logarithme des coefficients de partition mesurés est linéairement corrélé avec le logarithme de la pression de vapeur saturante du composé. Malgré quelques limites et exceptions qui sont clairement mises en avant, on trouve donc à travers cette propriété des gaz une grandeur prédictive intéressante pour évaluer la répartition des masses d'un COV donné dans une ambiance (proportion du COV contenu dans l'air, à la surface des particules en suspension, à la surface des matériaux, ...). C'est ce qu'illustre Weschler à travers différents exemples représentatifs de situations concrètes.

Sources : Weschler C.J. ; Indoor/Outdoor connections exemplified by processes that depend on an organic compound's saturation vapor pressure ; Atmospheric Environment, 37(39-40) [2003], 5455 – 5465

Blondeau P., Tiffonnet A.L., Damian A., Amiri O., Molina J.L. ; Assessment of contaminant diffusivities in building materials from porosimetry tests ; Indoor Air 13(3) [2003], 302 – 310

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



EFFETS SANITAIRES

Effets des polluants intérieurs et de l'humidité sur les symptômes de sifflement chez l'enfant

Une étude épidémiologique de type cas-témoins menée chez des enfants de 9 à 11 ans a cherché à déterminer les liens entre la survenue et la sévérité de troubles respiratoires de type sifflements et la présence dans l'environnement intérieur de Composés Organiques Volatils (COV), formaldéhyde, dioxyde d'azote (NO₂), moisissures et fumée de tabac environnementale.

Une première étude en 1995/1996 avait recruté des enfants dans le cadre d'une recherche sur les liens entre pollution extérieure et sifflements. Aux 835 enfants ayant répondu positivement à cette question et à un échantillon de 860 enfants tirés au sort parmi ceux n'ayant pas ce symptôme, un nouveau questionnaire a été envoyé en 1998. Ont été définis comme "cas" les 243 enfants ayant une réponse positive à la question des sifflements à la fois en 1995/1996 et en 1998 et comme "témoins" les 383 enfants ayant une réponse négative à cette question à la fois en 1995/1996 et en 1998. Une visite au domicile de chaque enfant a été faite avec un recueil de salive pour la mesure de la cotinine salivaire corrélée au tabagisme passif, des tests cutanés pour tester la sensibilisation de l'enfant à différents allergènes, une mesure standardisée de l'étendue des surfaces murales présentant des

moisissures (pièce de séjour, cuisine, chambre de l'enfant), une mesure du NO₂ dans la cuisine, et enfin une mesure des COV* totaux et une du formaldéhyde dans la chambre de l'enfant. Les mesures de COV* et du NO₂ d'une part et du formaldéhyde d'autre part ont été réalisées avec des tubes à diffusion passive pendant respectivement 4 semaines et 3 jours. Pour les analyses statistiques, les mesures de NO₂, COV* totaux et formaldéhyde ont été divisées en quartiles sur la base de la distribution dans le groupe témoin. Les Odd Ratios (OR) sont donnés pour une augmentation du risque entre 2 quartiles. Les expositions à la fumée de tabac environnementale et aux moisissures sont traitées en variables en oui/non. Deux analyses statistiques ont été effectuées : l'analyse cas-témoins avec une régression logistique mesurant les estimations des risques de sifflements liés à chaque exposition en comparant les cas et les témoins, et une analyse restreinte aux cas mesurant les relations entre la sévérité des symptômes et la variabilité du débit de pointe avec chaque exposition. Des analyses complémentaires ont été conduites en stratifiant les analyses selon que les enfants sont ou non atopiques (l'atopie étant définie par la positivité à au moins 1 test cutané allergique).

Dans l'étude cas-témoins, **le risque de sifflements n'est lié significativement qu'aux moisissures** : OR = 1,32 (IR_{95%} = [1,0 – 1,75]). **Chez les enfants avec sifflements, formaldéhyde et moisissures sont liés à des symptômes nocturnes plus fréquents** : les OR* sont respectivement de 1,45 (IR_{95%} = [1,06 – 1,98]) et 1,97 (IR_{95%} = [1,10 – 3,53]). Les risques mis en évidence avec ces deux expositions sont plus importants chez les enfants atopiques que chez les enfants non atopiques. Enfin, aucune relation entre les symptômes et les COV* totaux, le NO₂ et la cotinine salivaire n'a été trouvée. Le débit de pointe des enfants n'est lié à aucune des expositions.

Seules deux limites dans cette étude globalement bien menée peuvent être soulignées. Pour la partie cas-témoins de l'étude, il est dommage que l'analyse ait porté uniquement sur les enfants présentant des sifflements en 1995/1996 et 1998 et ne soit pas

attachée également à l'étude des enfants "nouvellement siffleurs" (réponse aux sifflements négative en 1995/1996 et positive en 1998). Ceci aurait permis de tester les expositions environnementales en relation avec la survenue de sifflements. La deuxième limite de l'étude est d'avoir considéré l'ensemble des enfants siffleurs et non les enfants asthmatiques. Le fait que les risques soient plus importants chez les enfants siffleurs atopiques confirme d'ailleurs que les enfants asthmatiques sont sans doute les plus susceptibles.

Source : Venn A.J., Cooper M., Antoniak M., Laughlin C., Britton J., Lewis S.A. ; Effects of volatile organic compounds, damp and other environmental exposures in the home on wheezing illness in children ; Thorax, 58 [2003], 955 – 960

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



EXPOLOGIE - EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES

Modèle de simulation des expositions à la pollution atmosphérique : application aux PM_{2,5} et comparaison avec les mesures collectées dans le cadre d'EXPOLIS à Helsinki

La distribution des expositions aux PM_{2,5}* chez des adultes vivant à Helsinki a été évaluée à l'aide d'un modèle probabiliste. Les simulations ont ensuite été comparées à la distribution des expositions personnelles mesurées chez 201 non-fumeurs au cours de l'étude EXPOLIS (1996/1997).

L'équation générale du modèle de simulation utilisé est la suivante : $E = \sum f_i \times C_i$ (avec E = exposition pondérée ; f_i = fraction de temps passée dans le micro-environnement i ; C_i = concentration dans le micro-environnement). Ce modèle simple permet d'estimer l'exposition en sommant les expositions pondérées associées à la fréquentation de plusieurs micro-environnements dont les concentrations atmosphériques et la fraction de temps passé par les individus qui y séjournent sont connues. Quatre types de modèles ont été mis en œuvre en fonction ① du type de population : population totale ou sujets non exposés à la fumée de tabac environnementale (FTE) et ② du nombre de micro-environnements inclus dans le modèle : 2 ou 3.

Les concentrations en PM_{2,5}* dans les domiciles et les lieux de travail utilisées dans le modèle sont celles collectées lors d'une enquête réalisée antérieurement à Helsinki dans le cadre de l'étude EXPOLIS qui comprenait les mesures de l'exposition personnelle aux PM_{2,5}* chez 201 adultes non-fumeurs sur une période de 48 heures et les mesures des concentrations au domicile et au lieu de travail, mesurées pendant la présence des sujets dans ces lieux de vie au cours de la période d'étude. Parallèlement, les participants avaient rempli un agenda journalier permettant de renseigner leur budget espace-temps-activité (pas de temps de 15 minutes, 11 micro-environnements distingués). Ces informations ont été utilisées dans le modèle afin de renseigner les fractions de temps passées au domicile et au travail. La fraction de temps passée dans les "autres milieux" a été estimée en considérant les 9 lieux de vie renseignés autres que le domicile et le travail. Les concentrations ambiantes horaires en PM_{2,5}* mesurées par le réseau de surveillance de la qualité de l'air local ont été utilisées pour estimer la concentration dans ces "autres milieux".

Modèles	Population cible	Micro-environnements	Expositions modélisées (m, ET) ¹	Expositions mesurées (m, ET) ¹	n
Modèle 1	population entière	Domicile + Travail	13,2 (14,4)	15,4 (18,8)	194
Modèle 2	population entière	Domicile + Travail + Autres milieux	12,6 (12,3)		
Modèle 3 ²	adultes non exposés à FTE*	Domicile + Travail	9,1 (5,8)	9,2 (5,8)	126
Modèle 4 ²	adultes non exposés à FTE*	Domicile + Travail + Autres milieux	9,2 (5,8)		

¹ : m = moyenne ; ET = écart-type

² : Dans les modèles 3 et 4, l'analyse est réalisée en distinguant les sujets qui travaillent de ceux qui ne travaillent pas.

Il apparaît dans le tableau ci-dessus que, pour la population totale, les modèles 1 et 2 sous-estiment l'exposition réelle. La différence moyenne reste cependant inférieure à 3 µg/m³ (< 20 %). Concernant la sous-population des non exposés à la FTE*, les modèles 3 et 4 fournissent d'excellentes estimations avec des valeurs moyennes modélisées (ainsi que leurs écarts-types) quasi identiques aux valeurs mesurées, et ce quel que soit le nombre de lieux de vie pris en compte (différences < 0,1 µg/m³, soit < 1 %).

De ces résultats, il ressort que :

- pour les PM_{2,5}* (qui présentent une assez grande homogénéité spatiale et un nombre limité de sources intérieures majeures à l'exception de la fumée de tabac), des modèles d'exposition individuelle relativement simples prenant en compte seulement les 2 lieux de vie les plus fréquentés par les citoyens (plus de 80 % au domicile et lieu de travail) permettent d'estimer avec une assez remarquable précision l'exposition individuelle des citoyens non exposés à la fumée de tabac ;
- une bonne connaissance des concentrations et temps passés au domicile et au travail permet de modéliser de manière satisfaisante l'exposition individuelle aux PM_{2,5}* (ce qui pourrait permettre ultérieurement dans des études épidémiologiques de s'affranchir de la mise en œuvre de mesures individuelles encore lourdes) ;
- l'importance des milieux intérieurs dans l'exposition totale aux PM_{2,5}* ;
- pour la population "totale", incluant les sujets exposés et non exposés à la FTE*, les modèles sont moins concluants mais ils restent tout de

même relativement corrects. Cette plus faible précision est liée au fait que si l'exposition à la FTE* est un facteur prédominant dans l'exposition aux particules fines, sa quantification reste difficile (on peut d'ailleurs regretter de ne pas avoir une présentation séparée des résultats pour le sous-groupe des sujets exposés à la FTE*).

L'excellente précision des résultats fournis par ce modèle est vraisemblablement liée au fait que les concentrations au domicile et au travail ont été mesurées exclusivement pendant la présence des sujets, ce qui permet un meilleur reflet de l'exposition réellement subie. Ceci constitue l'un des points forts de cette étude. En revanche, l'une des limites du modèle réside dans le fait que les concentrations extérieures ont été utilisées pour estimer les concentrations dans les "autres milieux". En effet, les concentrations ambiantes permettent mal d'apprécier l'exposition dans des lieux de vie peu fréquentés en terme de temps mais où de fortes concentrations particulières (bars, restaurants...) peuvent contribuer à une augmentation non négligeable de l'exposition cumulée. Les concentrations extérieures en PM_{2,5}* étant généralement inférieures à celles rencontrées dans les milieux intérieurs, ceci pourrait partiellement expliquer la sous-estimation fournie par le modèle 2.

Source : Hänninen O., Kruize H., Lebet E., Jantunen M. ; EXPOLIS simulation model : PM_{2,5} application and comparison with measurements in Helsinki ; Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, 13 [2003], 74 – 85

Article analysé par : Luc MOSQUERON, Vincent Nedellec Consultants ; vinc.lm@wanadoo.fr

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

- Preuss R., Angerer J., Drexler H. ; Naphthalene – an environmental and occupational toxicant ; International Archives of Occupational And Environmental Health, 76(8) [2003], 556 – 576
- Chapman J.A., Terr A.I., Jacobs R.L., Charlesworth E.N., Bardana E.J. ; Toxic mold : phantom risk vs science ; Annals of Allergy Asthma & Immunology, 91(3) [2003], 222 – 232
- Gots R.E., Layton N.J., Pirages S.W. ; Indoor healths : Background levels of fungi ; AIHA Journal, 64(4) [2003], 427 – 438
- Miller J.D., Rand T.G., Jarvis B.B. ; Stachybotrys chartarum : cause of human disease or media darling ? ; Medical Mycology, 41(4) [2003], 271 – 291
- Fung F., Hughson W.G. ; Health Effects of Indoor Fungal Bioaerosol Exposure ; Applied Occupational and Environmental Hygiene, 18(7) [2003], 535 – 544
- Nagda N.L., Rector H.E. ; A critical review of reported air concentrations of organic compounds in aircraft cabins ; Indoor Air, 13(3) [2003], 292 – 301
- Kuehn T.H. ; Airborne infection control in health care facilities ; Journal of Solar Energy Engineering-Transactions of the ASME, 125(3) [2003], 366 – 371
- Ezratty V. ; The sick building syndrome (SBS) ; Presse Médicale, 32(33) [2003], 1572 – 1579
- Etzel R.A. ; How environmental exposures influence the development and exacerbation of asthma ; Pediatrics, 112(1) Suppl. S. [2003], 233 – 239
- Arshad S.H. ; Indoor allergen exposure in the development of allergy and asthma ; Current Allergy and Asthma Reports, 3(2) [2003], 115 – 120
- Shea K.M. ; Pediatric exposure and potential toxicity of phthalate plasticizers ; Pediatrics, 111(6) [2003], 1467 – 1474

INFORMATIONS DIVERSES

Sur le web

La section “Milieux de vie” du **Conseil Supérieur d’Hygiène Publique de France (CSHPF)** a émis un avis le 5 février 2004 concernant la protection de la population contre les risques pour la santé de l'exposition aux **fibres minérales artificielles siliceuses**. Cet avis fait notamment suite à l'arrêté du 3 janvier 2003 transposant la directive 2001/41/CE et interdisant la mise sur le marché et l'importation à destination du public des fibres céramiques réfractaires (préparations en contenant seulement). Il s'appuie par ailleurs sur les résultats de la récente réévaluation (2002) des effets cancérogènes des fibres minérales artificielles par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC). La difficulté à identifier les expositions et co-expositions des utilisateurs (occupants des locaux, à l'exception des travailleurs, exposés de manière passive ou active lors de travaux de rénovation) rend très complexe l'évaluation du potentiel cancérogène des fibres minérales artificielles pour l'homme, donc impossible leur classement et leur éventuelle limitation de mise sur le marché. Cependant, selon le CIRC, il existe, chez l'animal, des preuves suffisantes de cancérogénicité

des fibres céramiques réfractaires et de certaines microfibrilles de verre (les fibres de type E et Glass-475). Le CSHPF recommande ainsi d'une part d'étendre l'interdiction de mise sur le marché et d'importation à destination du public des préparations contenant des fibres céramiques réfractaires à tout produit en contenant, et d'autre part d'interdire la mise sur le marché et l'importation à destination du public des microfibrilles de verre de type E et Glass-475. L'avis stipule également la nécessité immédiate d'identifier les applications passées et actuelles des fibres céramiques réfractaires et des microfibrilles de verre de type E et Glass-475, afin, en fonction notamment du vieillissement des matériaux fibreux en contenant, d'évaluer les expositions des populations. Ceci permettra de mettre en œuvre les mesures appropriées à la prévention et tout particulièrement un dispositif d'information de la population.

➔ Pour plus d'informations :

<http://www.sante.gouv.fr/htm/dossiers/cshpf/> >
Avis et Rapports de la Section des Milieux de Vie

La loi Urbanisme et Habitat (Loi n° 2003-590 du 2 Juillet 2003 parue au Journal Officiel n° 152 du 3 Juillet 2003) a permis, via l'article 81, l'introduction dans le code de la construction et de l'habitation d'un article relatif à la prévention, dans les locaux existants et les constructions nouvelles, des **intoxications au monoxyde de carbone (CO)** présent dans l'air intérieur (décret d'application en cours de rédaction). Comme rappelé dans l'édito, ces intoxications causent en effet 200 à 300 décès par an et constituent l'une des principales causes d'intoxication accidentelle en milieu domestique. La problématique du monoxyde de carbone dans l'air intérieur est donc toujours largement d'actualité. La **Direction Générale de la Santé** (Sous direction Gestion des risques et des milieux) a ouvert un dossier à ce sujet sur son site Internet. On y trouve notamment l'enquête qu'elle a menée en 2001 sur les intoxications oxycarbonées (localisations géographiques, types d'appareil en cause, combustibles de ces derniers, ...), ainsi que le rapport "Surveiller les intoxications dues au monoxyde de carbone" du groupe de travail du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF) ayant pour attribution l'élaboration des recommandations en matière de prévention des intoxications oxycarbonées. L'avis du CSHPF du 12 décembre 2002 relatif à la surveillance des intoxications par le monoxyde de carbone est également fourni.

Par ailleurs, le dernier numéro du *Bulletin d'Information en Santé Environnementale* de l'**Institut National de Santé Publique du Québec** (N°15, volume 1) consacre un dossier à l'intoxication au CO chez les enfants. A partir notamment d'un exemple d'intoxication d'une famille montréalaise, le dossier présente les différences manifestes entre les symptômes et par conséquent le déroulement des traitements entre les adultes, enfants et bébés. Si la symptomatologie (nausées, maux de tête, malaises) est moins marquée chez les enfants de moins de 2 ans, des atteintes neurologiques peuvent toutefois intervenir à des niveaux de carboxyhémoglobine inférieurs à ceux observés chez l'adulte exposé.

➔ Pour plus d'informations :

http://www.sante.gouv.fr/html/dossiers/intox_co/sommaire.htm

<http://www.inspq.qc.ca/pdf/bulletins/bise/BISE-15-1.pdf>

Après la publication en 2003 des résultats de la campagne de mesures des **composés semi-volatils dans les poussières des habitats** français (cf. éditio du présent numéro et *Info Santé Environnement Intérieur* N°7), Greenpeace publie en mars 2004 les résultats d'une campagne similaire menée en Belgique. Dans le rapport d'étude, sont ainsi rapportés les résultats de l'analyse des échantillons de poussières récoltés en octobre 2003 dans une cinquantaine de foyers belges, ainsi que dans les bureaux ou habitations d'une dizaine de personnalités politiques. Des échantillons ont également été collectés au parlement européen. Les résultats belges sont relativement homogènes entre les différentes provinces à l'exception du parlement européen, où des résultats supérieurs à la moyenne belge sont observés. Ces résultats sont comparables à ceux obtenus précédemment dans différents pays européens en terme de nature des polluants et de niveaux de concentrations dans les poussières des habitations. Ils confirment la présence de substances chimiques persistantes potentiellement toxiques pour la santé humaine, provenant des produits de consommation courante comme les textiles ou les cosmétiques par exemple. Cependant, comme lors des autres campagnes, les sources précises d'émission de ces polluants n'ont pas été spécifiquement recherchées.

Hazardous Chemicals in Belgian House Dust, Report on chemical content in house dust samples collected in Belgian homes and offices, Dr. Fawaz Al Bitar ; March 2004 – 57 pages

➔ http://www.greenpeace.org/belgium_fr/multimedia/download/1/440761/0/Hazardous_Chemicals_Belgium.pdf

Deux nouveaux documents de l'**Institut britannique pour l'environnement et la santé** (*Institut for Environment and Health*) ont été récemment mis en ligne. Le premier document rassemble les actes du 7^{ème} colloque britannique annuel (2003) d'état des lieux de la recherche relative à l'air ambiant et à l'air intérieur. Les résultats de 35 études, dont 6 intégralement dédiées à la qualité de l'air intérieur (QAI), sont rapportés. Ces 6 études traitent des concentrations intérieures de PM_{2,5}* et de COV* dans différents micro-environnements de la ville de Oxford, de la QAI* globale de 10 maisons de la région de Leicester et du rôle de la ventilation. D'un point de vue plus sanitaire, deux études se sont attachées à étudier les relations entre asthme infantile et QAI* d'une part, et entre effets neuropsychologiques et exposition au monoxyde de carbone d'autre part.

Le second document est une revue de la littérature récente (depuis 1998) traitant des facteurs potentiellement corrélés avec la survenue de l'asthme : pollution extérieure, facteurs d'environnement intérieur (COV*, formaldéhyde, allergènes, fumée de tabac, type de chauffage, composés chlorés dans les piscines), hygiène,

exposition *in utero*, consommation de médicaments et vaccinations durant la petite enfance, régime alimentaire incluant l'allaitement maternel, variables humaines (atopie, surcharge pondérale par exemple) et facteurs divers comme la vie à la ferme ou la présence d'une décharge à proximité du lieu de vie. La conclusion de ce document met en exergue les difficultés d'exploitation des résultats divergents des études et les controverses qui en découlent, concernant la contribution effective de chacun des facteurs proposés. L'analyse de la littérature doit être poursuivie de manière plus approfondie pour permettre de dégager de manière plus certaine la (les) cause(s) de l'asthme chez les enfants et adultes.

Proceedings of the Seventh Annual UK Review Meeting on Outdoor and Indoor Air Pollution Research, 1-2 April 2003 ; January 2004 – 126 pages

➔ <http://www.le.ac.uk/ieh/pdf/W15.pdf>

A review of potential causative factors for asthma ; February 2004 – 33 pages

➔ <http://www.le.ac.uk/ieh/pdf/w16.pdf>

L'EFA, European Federation of Allergy and Airways Diseases Patients' Associations, est une fédération de 41 associations de malades réparties dans 23 pays européens. Cette organisation, qui marque son action à l'échelle européenne, milite pour améliorer la qualité de vie des personnes souffrant d'asthme, d'allergies et de broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO). Un de ses programmes d'action actuels concerne plus particulièrement la qualité sanitaire des habitats : projet THADE, *Towards Healthy Indoor Air in Dwellings in Europe*, lancé en 2002 et financé par la Communauté Européenne. Ce projet fait suite au précédent programme *Indoor Air Pollution in Schools* qui a débouché sur la publication de l'ouvrage du même nom faisant le bilan des actions européennes menées sur la thématique. Dans le cadre du projet THADE, une conférence a été organisée en juin

2003 lors de laquelle une dizaine d'interventions ont fait le bilan des facteurs de risque dans l'air intérieur, de leurs effets sanitaires associés, des données européennes disponibles sur la QAI* des habitations. Les aspects de gestion (concepts architecturaux, fixation de valeurs limites dans le cadre du projet INDEX), incluant la dimension économique (coût-bénéfice), ont également été abordés. Les actes de ce colloque sont disponibles sur le site Internet de l'EFA.

8th EFA Conference, Allergy and Airway Diseases: Towards a New European Programme for Healthy Indoor Air, 26 – 29 June 2003, Lisbon, Portugal ; Juillet 2003 – 47 pages

➔ <http://www.efanet.org/>. Les actes de la conférence sont en libre accès à l'adresse Internet : <http://www.efanet.org/imgs/pdf/8thconf-abstract.pdf>

Le guide des bonnes pratiques de gestion de la qualité de l'air intérieur dans les écoles de l'Etat américain du Washington a été mis à jour en novembre 2003. Après une présentation générale des facteurs influençant la QAI* et des stratégies de base pour maintenir cette dernière, des préconisations pour atteindre une bonne qualité de l'air intérieur dans les différents contextes du design, de la construction et de la maintenance des bâtiments des écoles sont formulées. Des recommandations concernent spécifiquement la mise en place et la maintenance des systèmes de

chauffage, ventilation et conditionnement d'air et le contrôle des sources d'émission propres à chaque type de local considéré (salles de science, d'arts plastiques, de repos, cuisines, piscines, ...).

School Indoor Air Quality Best Management Practices Manual, Washington State Department of Health, Office of Environmental Health and Safety, Indoor Air Quality Program ; November 2003 – 135 pages

➔ <http://www.doh.wa.gov/ehp/ts/IAQ/schooliaqbmp.pdf>

Un **mémoire de stage** des Ingénieurs du Génie Sanitaire de l'Ecole Nationale de la Santé Publique soutenu en 2003 a traité de la problématique de la **qualité de l'air intérieur dans les hôpitaux**. En première partie, le mémoire propose un état des lieux de la réglementation en vigueur et des normes existantes relatives au traitement de l'air en milieu hospitalier. Puis, un descriptif des activités des blocs opératoires et du fonctionnement des différents systèmes d'assainissement d'air est fourni (cas général, puis cas des blocs de Rangueil et Purpan à Toulouse plus particulièrement). La cinquième et dernière partie est consacrée à l'élaboration d'un protocole de surveillance de la qualité de l'air intérieur (coordination des actions, prélèvements d'air, comptages particulières, contrôles des débits et des pressions, éléments d'interprétation...).

Elaboration d'un protocole de surveillance de la qualité de l'air dans les blocs opératoires des hôpitaux de Toulouse, Diulius Donatien ; 2003 – 81 pages

➔ <http://www.ensp.fr/> > *Ressources en ligne* > *Mémoires des élèves*

De plus en plus de nouvelles constructions, pour la plupart des édifices publics (collèges et lycées par exemple), sont construites selon la **démarche de Haute Qualité Environnementale (HQE®)**. Et depuis 3 années consécutives se tiennent à Bordeaux les Assises de la HQE®. Cette démarche propose, non seulement pour la construction, mais également pour la réhabilitation et la maintenance, de satisfaire à des critères préservant à la fois l'environnement d'une part et la santé et le confort des usagers du bâtiment d'autre part. Cette ambition doit être atteinte au travers de **14 cibles, dont l'une est spécifiquement dédiée à la qualité de l'air intérieur**. Un état des lieux synthétique et complet de la démarche HQE® a été réalisé en octobre 2003 par le cabinet Aperturence ©.

Après une présentation du contexte qui a donné naissance à la notion d'architecture écologique et de l'état de l'art de cette dernière aux niveaux international et français, les enjeux de la démarche, aussi bien écologiques que sanitaires sont rappelés, ainsi que les avantages économiques, volet incontournable. Dans une seconde partie, les aspects très concrets de la démarche sont fournis : mise en œuvre, hiérarchisation des objectifs en fonction des 14 cibles, conduite du projet et sources documentaires.

La démarche HQE®, Etat des lieux, Aperturence © ; Octobre 2003 – 24 pages

➔ <http://www.hqe.asso.fr> > *Bibliographie*

GLOSSAIRE

COV : Composés Organiques Volatils

FTE : Fumée de Tabac Environnementale

OR : Odd Ratio

PM_{2,5} : Particules de diamètre aérodynamique médian inférieur à 2,5 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 Cicoella

Comité de rédaction du N°8 : Desqueyroux H., Eudes V., Festy B., Mandin C., Nedellec V., Segala C.

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

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

ISSN : En cours

Le réseau RSEIN, en relation avec l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur, est constitué de représentants des structures suivantes : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique, 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, Fédération ATMO, association Haute Qualité Environnementale, Hôpitaux de Rouen, Hôpitaux de Strasbourg, INSERM U 472, Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, Institut de Veille Sanitaire, Laboratoire Central de la Préfecture de Police de Paris, Laboratoire d'Etude des Phénomènes de Transfert Appliqués au Bâtiment, Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris, MEDIECO, SEPIA-Santé, Vincent Nedellec Conseils.

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