



# Info Santé Environnement Intérieur

N°6 Octobre 2003

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

## EDITO

### Qualité de l'air dans les écoles : encore des progrès à faire

A la dernière rentrée scolaire, 6 529 000 écoliers ont été admis dans 57 789 écoles, 3 346 000 collégiens dans 6 971 collèges et 2 251 000 lycéens dans 4 418 lycées....

Face à l'importance de cette population, peu d'information existe sur la qualité de l'air à l'intérieur des locaux scolaires. Or, la qualité de l'air intérieur et la ventilation des bâtiments peuvent affecter la santé des enfants et indirectement leurs performances scolaires. La communauté scientifique, les enseignants et les gestionnaires de ces bâtiments, ainsi que le public en général, demandent aujourd'hui une meilleure connaissance de ces environnements intérieurs.

Bien que les publications sur ce sujet soient rares<sup>(1)</sup>, il est clair que la ventilation des salles de classe est inadéquate, comme en témoignent les faibles taux de ventilation et les concentrations élevées de dioxyde de carbone. Dans certaines écoles, les concentrations élevées en composés organiques volatils totaux indiquent la présence de sources d'émission importante et /ou une faible ventilation. Quelques concentrations de formaldéhyde ont été mesurées au dessus du seuil d'irritation des muqueuses respiratoire et oculaire. Les niveaux des allergènes et des moisissures sont parfois suffisamment élevés pour provoquer des symptômes chez les enfants allergiques.

Lorsque l'exposition aux facteurs environnementaux et les symptômes ont été simultanément analysés dans quelques études, les expositions aux COV\*, aux moisissures et aux allergènes mesurées dans les salles de classe, semblent être liées à des crises d'asthme, au sick building syndrome et à d'autres symptômes respiratoires.

Il est de plus en plus nécessaire de réaliser des études plus complètes, notamment celles faisant la relation entre symptômes et mesures d'exposition à plusieurs polluants spécifiques. Elles devraient nous fournir des données de base afin d'établir des normes pour les bâtiments scolaires et des mesures de rénovation appropriées. Un haut niveau d'éducation ne peut aller de pair qu'avec un environnement scolaire plus sain.

**Dr. Fabien SQUINAZI**

**Directeur du Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris**

(1) : Daisey J.M., Angell W.J., Apte M.G. ; Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools : an analysis of existing information ; Indoor Air 2003, 13(1) [2003], 53 – 64

## SOMMAIRE

Substances → p2 ; Lieux de vie → p3 ; Effets sanitaires → p6 ; Expologie – Evaluation des risques → p6 ;  
Autres articles d'intérêt → p8  
Informations diverses → p10  
Les astérisques renvoient aux termes du glossaire. → p12



A l'intérieur de l'habitat, les phénomènes de dépôt sur les surfaces et de coagulation des particules fines (diamètre inférieur au micron) doivent être considérés comme les deux principaux mécanismes susceptibles d'affecter la diminution de la concentration de l'aérosol, en plus des conditions de ventilation propres aux locaux (taux de renouvellement d'air, filtration). Aux fins d'évaluer quantitativement ces effets, l'évolution dans le temps sur une durée de 5 heures de la concentration (en nombre et en volume) et de la granulométrie de plusieurs types d'aérosols (fumée de tabac environnementale, vapeurs d'essence, aérosol ambiant...) a été étudiée dans une chambre maintenue dans des conditions contrôlées. Une méthode de calcul a été développée permettant de calculer les vitesses de dépôt associées au dépôt sur les surfaces (DS) et à la coagulation (CG).

Les principales conclusions qui se dégagent de cette étude sont les suivantes :

- Pour chaque type d'aérosol, la concentration dans la chambre décroît exponentiellement au cours du temps, rapidement au début ( $0 < t < 0,5$  h), puis plus lentement ensuite, montrant ainsi que la vitesse de dépôt globale (DS+CG) est affectée par la concentration initiale de l'aérosol. Néanmoins, les valeurs de vitesse de dépôt observées, dont la plage de variations ne diffère pas de plus d'un facteur 2,5, ne semblent pas influencées de façon significative par la nature de l'aérosol, ni par les variations des caractéristiques initiales de ce dernier à l'exception de sa granulométrie. Il apparaît en effet que, dans une gamme de granulométrie  $0,03 \mu\text{m} - 0,3 \mu\text{m}$ , la vitesse de dépôt diminue avec la taille des particules de l'aérosol. Cette diminution est modérée (facteur 10 maximum) avec la fumée de cigarette et l'air ambiant et beaucoup plus élevée avec les vapeurs d'essence (facteur supérieur à 100).

- Le calcul des vitesses de dépôt par chacun de ces mécanismes a montré que, par rapport au mécanisme de dépôt global (DS+CG) des particules de l'aérosol, le processus de coagulation a été prépondérant (contribution de 64 à 84 % du mécanisme) pour les aérosols de fumée de cigarette et de vapeurs d'essence, alors que pour l'aérosol d'air ambiant, c'est le phénomène de dépôt sur les surfaces (contribution de 66 %) qui a été prépondérant.
- L'influence des conditions de ventilation (taux de renouvellement d'air) d'un local sur la contribution de chacun de ces mécanismes à l'effet de perte de particules a été évaluée par le calcul. Ainsi, il est apparu que :
  - pour des taux de renouvellement horaires inférieurs à  $1,3 \text{ h}^{-1}$ , les mécanismes de dépôt sur les surfaces et de coagulation peuvent encore être considérés comme significatifs (contribution d'au moins 20 %) par rapport aux effets de la ventilation, dans le processus de perte des particules par dépôt ;
  - lorsque le taux de renouvellement d'air dépasse cette valeur, la ventilation est le facteur prédominant (avec une contribution d'au moins 80 %) dans ce processus.

L'étude effectuée pourrait ainsi permettre, par transposition des résultats trouvés à des situations réelles (locaux d'habitation) et par la mise en oeuvre de la méthode de calcul développée, d'une part de mesurer et de maîtriser la contribution des différents mécanismes sur le processus de perte de particules par dépôt, d'autre part de modéliser à l'intérieur de locaux des profils de concentration d'aérosols en fonction des conditions de ventilation afin d'apprécier les niveaux d'exposition des occupants.

Source : Jamriska M., Morawska L. ; Quantitative assessment of the effect of surface deposition and coagulation on the dynamics of submicrometer particles indoors ; *Aerosol Science and Technology*, 37(5) [2003], 425 – 436

Article analysé par : Michel SLOÏM, Laboratoire Central de la Préfecture de Police de Paris – LCPP ; [Michel.SLOIM@interieur.gouv.fr](mailto:Michel.SLOIM@interieur.gouv.fr)



Les concentrations particulières PM<sub>10</sub>\* et PM<sub>2.5</sub>\* ont été mesurées durant deux semaines dans une station du métro de Stockholm. Un échantillonneur automatique TEOM\* a été utilisé pour les mesures. Les concentrations en monoxyde de carbone (CO) ont également été observées. Les différents instruments ont été placés sur le quai au centre de la station. A titre de comparaison, des mesures ont été effectuées à l'extérieur de la station, dans une rue fréquentée du centre de Stockholm. La campagne d'échantillonnage s'est déroulée entre le 19 janvier et le 23 février 2000.

Les concentrations particulières dans le métro présentent un profil journalier marqué par des concentrations maximales aux heures de forte affluence. Les concentrations les plus élevées sont observées entre 16 et 17 heures et les plus faibles entre 4 et 6 heures. Les moyennes horaires PM<sub>10</sub> varient entre 60 et 720 µg/m<sup>3</sup> et sont 4 à 5 fois supérieures à celles observées à l'extérieur de la station. Durant le week-end, les concentrations sont plus faibles en raison d'un trafic moins intense, 12 trains/heure le week-end contre 23 trains/heure les jours de la semaine. Les auteurs montrent qu'il existe une très forte corrélation entre les concentrations en PM<sub>10</sub> et le nombre de passages des trains dans la station.

Les PM<sub>2.5</sub> représentent 55 % des PM<sub>10</sub> et leurs concentrations sont très bien corrélées avec celles des PM<sub>10</sub> (0,95). Les concentrations en PM<sub>2.5</sub> sont 10 fois supérieures à celles mesurées à l'extérieur de la station.

Des mesures après nettoyage à l'eau des voies et des murs du tunnel ont été réalisées durant 12 jours. Elles montrent une diminution moyenne de 13 % des concentrations PM<sub>10</sub> et de 10 % pour les PM<sub>2.5</sub>. Selon les auteurs, ces résultats témoignent de la faible contribution des particules contenues sur les voies et les murs sur les niveaux observés.

Différentes études référencées dans l'article, confirment les concentrations observées au cours de cette campagne pour le métro de Stockholm, mais indiquent des valeurs plus élevées, comprises entre 500 et 1 120 µg/m<sup>3</sup>, pour le métro de Londres.

Les mesures réalisées au cours de cette étude ne permettent pas d'identifier l'origine des particules, cependant, selon les auteurs, il est clair que les particules émises à l'extérieur par le trafic ne peuvent pas expliquer les concentrations observées dans le métro. Les mesures de CO, indicateur de ces émissions, montrent que le rapport moyen entre les PM<sub>10</sub> et le CO est de 0,7 (gPM<sub>10</sub> / gCO) dans le métro et de 0,03 sur le site extérieur.

En conclusion, cette étude permet d'alimenter les rares données d'exposition des citoyens dans le métro et confirme, compte tenu des concentrations importantes en PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> observées, l'intérêt de documenter les niveaux de concentrations particulières dans ce type d'enceinte. L'étude aurait mérité d'être complétée par une analyse de la composition chimique des particules, conduisant à identifier les sources émettrices et apporter des précisions sur la toxicité des particules. Toutefois, les auteurs font référence à plusieurs études montrant un enrichissement de certains composés, notamment en fer (23 % des particules en suspension) et en manganèse pour le métro de Londres et en cuivre pour celui de Stockholm. Selon les auteurs, le frottement des roues sur les rails ainsi que les phases de freinage sont à l'origine des émissions de ces composés.

Source : Johansson C., Johansson P.A. ; Particulate Matter in the underground of Stockholm ; Atmospheric Environment, 37(1) [2003], 3 – 9

Article analysé par : Olivier BLANCHARD, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques – INERIS ; [olivier.blanchard@ineris.fr](mailto:olivier.blanchard@ineris.fr)



Deux articles récents de Meklin T. présentent les résultats d'une recherche sur la qualité microbiologique de l'air dans des écoles finlandaises. Traditionnellement, ces bâtiments sont construits en bois, mais les écoles modernes sont en "pierre" (béton, brique, etc ...). Les auteurs cherchent à savoir si la flore microbienne est qualitativement et quantitativement différente selon le type de construction d'une part, et selon que les bâtiments ont subi ou non des dégâts des eaux d'autre part. Afin de répondre à ces questions, ils ont constitué un échantillon de 32 écoles dont 17 construites en bois, les autres étant en pierre. Dans chaque groupe, 12 écoles ont subi des dégâts des eaux (notées ici "EcHum"). Par ailleurs, 3 et 5 écoles de référence exemptes (notées "EcRef") sont étudiées respectivement pour les groupes pierre et bois. L'utilisation de l'échantillonneur Andersen 6 étages permet le classement granulométrique de la flore revivifiable (bactéries et moisissures) en 6 classes comprises entre 0,6 et 10 micromètres. Les milieux de récupération sont le milieu MEA, largement utilisé en mycologie, et le milieu DG18 favorable aux moisissures xérophiles<sup>(1)</sup>, le milieu tryptocaséine soja étant choisi pour les bactéries dont les actinomycètes<sup>(2)</sup>. Les campagnes d'échantillonnage sont effectuées en hiver pour limiter l'influence de la contamination mycélienne extérieure qui peut être extrêmement importante en période estivale.

Les auteurs insistent sur le fait que le matériau constitutif des structures du bâtiment a au moins autant d'effet sur les caractéristiques mycéliennes que les dommages dus à l'humidité : la flore mycélienne revivifiable est nettement plus importante dans les écoles-bois que dans les écoles-pierre ( $p < 0,001$ ). Cela pourrait vouloir dire que les spores mycéliennes ont une origine différente. En Finlande, les matériaux d'isolation des écoles-bois sont organiques (mousse, sciure), donc favorables aux moisissures. On notera que seules les EcHum de type pierre sont plus contaminées que les EcRef. Les bactéries et en particulier les actinomycètes sont également plus abondantes dans les écoles-bois que dans les écoles-pierre.

L'un des facteurs importants de l'exposition est la taille des particules qui affecte la dose de particules inhalables et donc les effets sur la santé. Or, peu d'études ont été publiées sur le sujet dans les environnements intérieurs et il n'existe aucun document sur les écoles, d'où tout l'intérêt de l'étude présentée. Le profil granulométrique des particules contaminées est très différent pour les 2 types de construction : très aplati pour les écoles-pierre, il montre une grande proportion de particules 1 – 2,2  $\mu\text{m}$  pour les écoles-bois. Pour les EcHum, le diamètre moyen des particules contaminées par des moisissures y compris au niveau des genres les plus fréquents est systématiquement inférieur à celui des EcRef.

Les auteurs indiquent qu'il n'y a pas de différences suffisamment significatives pour décrire le profil mycélien pour les écoles type bois/pierre ou ayant subi ou non des dégâts des eaux. Ils insistent sur le fait que chaque bâtiment est un cas. Il n'existe pas non plus de différence flagrante des concentrations de bactéries selon les types bois/pierre, sans/avec dégâts des eaux sauf en ce qui concerne les actinomycètes qui, lorsqu'elles sont isolées, le sont dans les écoles-pierre ayant subi des dégâts des eaux. Autant dire que beaucoup de progrès restent à faire en matière de caractérisation microbiologique des environnements intérieurs.

(1) : Xérophile : germe se développant en milieu sec

(2) : Actinomycète : bactérie filamenteuse

Sources : Meklin T., Hyvärinen A. et al. ; Effect of building frame and moisture damage on microbiological indoor air quality in school buildings ; AIHA Journal, 64(1) [2003], 108 –116 et Meklin T., Reponen et al. ; Size distribution of airborne microbes in moisture damaged and reference school buildings of two construction types ; Atmospheric Environment, 36(39-40) [2002], 6031 – 6039

Article analysé par : Annie MOUILLESEAUX, Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris – LHVP ; [annie.mouilleseaux@noos.fr](mailto:annie.mouilleseaux@noos.fr)



L'étude a été menée en 2000 dans une école française dans laquelle les enseignants et les enfants se plaignaient de façon répétée d'irritations des yeux et des voies respiratoires supérieures et de maux de tête. Les concentrations de 8 aldéhydes, 2 acides organiques et 2 composés inorganiques à l'intérieur d'une école ont été mesurées. En outre, une démarche d'évaluation du caractère irritant de l'air intérieur est proposée par le calcul d'un indice S qui est la somme des rapports (ratio calculé pour

chaque polluant) entre la concentration mesurée et la valeur guide disponible dans la littérature pour le seuil d'irritation des voies respiratoires supérieures. En l'absence de valeurs guides spécifiques dans l'air intérieur, sont utilisées les valeurs de l'OMS<sup>(1)</sup>, celles proposées par des groupes de travail nationaux scandinaves<sup>(2)</sup> ou celles calculées (en appliquant un facteur de sécurité) à partir d'effets observés sur les souris.

*Concentrations mesurées dans les locaux de l'école et en extérieur (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )*

	Extérieur	Dortoir	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Hall	Bureau
Formaldéhyde	2	20	22	25	23	22	23
Acétaldéhyde	2	6	6	7	6	6	7
Propanal	-	-	-	-	-	-	-
Butanal	-	4	3	4	4	3	6
Pentanal	-	-	-	-	-	-	-
Hexanal	1	6	8	11	7	4	5
Heptanal	-	-	-	-	-	-	-
Octanal	1	4	-	-	1	-	1
Acide formique	55	26	26	26	26	26	26
Acide acétique	-	65	65	65	65	65	65
Ammoniac (NH <sub>3</sub> )	312	312	312	312	312	312	312
SO <sub>2</sub>	42	42	42	42	42	42	42
S	<i>sans objet</i>	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4

La démarche toxicologique proposée visant par le raisonnement à estimer des valeurs guides pour pallier le manque de valeurs de référence de la littérature et permettant ensuite des comparaisons et des appréciations de dépassement est très intéressante et peut servir d'exemple pour d'autres cas d'études.

On peut cependant par ailleurs regretter que les conditions opératoires de l'étude ne soient pas suffisamment précisées, notamment la durée totale de l'étude et le mois de l'année où elle a été réalisée pour donner une idée de la température ambiante (qui est un paramètre important de la mesure des produits irritants), le nombre d'échantillons effectués dans chaque salle pour mieux apprécier la représentativité des concentrations moyennes données, les conditions d'échantillonnage dans chaque site, notamment les conditions d'aération au moment des échantillonnages puisque cette école n'est pas dotée de ventilation mécanique continue. En ce qui concerne les mesures des acides formique et acétique, de NH<sub>3</sub> et SO<sub>2</sub>, l'hypothèse émise selon laquelle la même concentration mesurée dans un site peut être appliquée dans tous les autres sites ne peut être qu'une approximation pour estimer la valeur de l'indice S.

En conclusion, même si aucun résultat significatif n'a été obtenu permettant d'expliquer les troubles de santé dont se plaignaient enseignants et enfants, l'article pose clairement les problèmes dont on doit tenir compte pour mener dans l'avenir ce même type d'investigation : stratégie d'échantillonnage, interactions de composés dans des atmosphères intérieures et facteurs psychologiques certainement déterminants dans la recherche des causes.

(1) : WHO, 2000. Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, WHO Regional Publications, European Series, N°91

(2) : Nielsen, G.D., Hansen, L.F., Nexoe, B.A. and Poulsen, O.M., 1996. Toxicological Based Air Quality Guidelines For Substances in Indoor Air, Nordic Committee on Building Regulations, NKB – Indoor Climate Committee

**Source** : Meininghaus R., Kouniali A., Mandin C., Cicolella A. ; Risk assessment of sensory irritants in indoor air – a case study in a French school ; Environment International, 28(7) [2003], 553 – 557

**Article analysé par** : Claudine DELAUNAY, Laboratoire Central de la Préfecture de Police de Paris – LCPP ;

*Claudine.DELAUNAY@interieur.gouv.fr*



## EFFETS SANITAIRES

### Présence de moisissures dans l'habitat et développement de symptômes respiratoires chez les nourrissons

Une étude de cohorte de 880 enfants de la naissance à 1 an avait pour objectif d'explorer les types de moisissures présents au domicile liées au développement de symptômes respiratoires chez des nourrissons. Les enfants inclus entre septembre 1996 et décembre 1998 sont tous "à risque d'asthme", avec un frère ou une sœur atteint d'asthme diagnostiqué par un médecin. Chaque mère a été interviewée à domicile avant que son enfant ait 4 mois, puis ensuite par téléphone à 6, 9 et 12 mois. Les questions ont porté sur le nombre de jours par mois avec sifflement et toux. Les prélèvements de moisissures ont été faits dans l'air lors de la visite à domicile, et ont été classés en 4 niveaux : 0 ; 1 – 499 UFC\*/m<sup>3</sup> ; 500 – 999 UFC/m<sup>3</sup> ; > 900 UFC/m<sup>3</sup>.

*Cladosporium* a été trouvé dans 62 % des domiciles, *Penicillium* dans 41 %, et les autres espèces ont été regroupées pour les analyses statistiques. Seul *Cladosporium* se révèle associé à l'observation par la mère de la présence de moisissures et/ou de dégâts des eaux. Pour ce qui est de la liaison avec les symptômes, seul *Penicillium* présente une relation dose-réponse significative avec le développement des symptômes, après ajustement sur un grand nombre de facteurs de confusion (sexe de l'enfant, asthme et allergies maternels, nombre d'enfants, chauffage, niveau scolaire de la mère, saison du

prélèvement, dégâts des eaux, tabagisme). Un niveau élevé de *Penicillium* (> 1000 UFC/m<sup>3</sup>) multiplie le risque de symptômes par 2 dans cette population d'enfants susceptibles.

Certains points faibles de l'étude peuvent être mentionnés. Cette dernière est uniquement basée sur des questionnaires, aucune mesure biologique n'a été réalisée. De même, il est dommage que d'autres allergènes de l'environnement intérieur (d'acariens, de chats et de chiens) n'aient pas été mesurés en même temps. D'autres éléments paraissent également manquer : prématurité notamment (qui peut expliquer certains symptômes respiratoires précoces). Il serait souhaitable que ce groupe d'enfants soit suivi sur une plus longue période.

Source : Gent J.F., Ren P., Belanger K., Triche E., Braken M.B., Holford T.R., Leaderer B.P. ; Levels of household mold associated with respiratory symptoms in the first year of life in a cohort at risk for asthma ; Environmental Health Perspectives, 110(12) [2002], 781 – 786

Article analysé par : Claire SEGALA, SEPIA-Santé ; [sepia@sepia-sante.com](mailto:sepia@sepia-sante.com)



## EXPOLOGIE - EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES

### Exposition aux pesticides résidentiels dans une cohorte multiethnique de femmes enceintes

Aux Etats-Unis, plusieurs études ont permis d'apprécier les niveaux d'exposition résidentielle urbaine aux pesticides par dosage de métabolites urinaires. Les enquêtes NHANES<sup>(1)</sup> et NHEXAS<sup>(2)</sup> rapportent la présence de métabolite du chlorpyrifos (TCPy<sup>(3)</sup>) chez 80 à 96 % des adultes. L'étude MNCPEs<sup>(4)</sup> retrouve le TCPy chez 97 % des enfants testés alors qu'une enquête en milieu rural ne le trouve que chez 24 %. Aucune donnée comparable n'est disponible pour les femmes enceintes. L'objectif de l'étude *Children Environmental Study* était d'examiner les effets de l'exposition aux pesticides résidentiels durant la grossesse sur le développement fœtal et neurocomportemental d'une cohorte d'enfants nés à l'Hôpital Mount Sinai de New York. Cet article présente les données d'exposition de 386 mères d'enfants nés entre 1998 et 2001.

L'étude est limitée aux mères primipares, sans maladies chroniques, non alcooliques et ayant fait une première visite avant la 26<sup>ème</sup> semaine de grossesse. Ultérieurement ont été exclus les enfants atteints de malformation congénitale et de faible poids de naissance (< 1 500 g). L'utilisation de pesticides à la maison et les variables descriptives sont renseignées en même temps que le recueil d'urine lors du 3<sup>ème</sup> trimestre. Trois substances sont recherchées : TCPy, PBA<sup>(5)</sup> et PCP. Les résultats sont ajustés pour la dilution urinaire sur la créatinine et sont exclus à moins de 10 mg créatinine/L (n = 5).

Pendant la grossesse, 47 % des mères ont déclaré avoir utilisé ou fait appliquer des pesticides dans l'habitation. En ajoutant les applications professionnelles dans le logement et les parties communes, 73 % des mères ont été exposées aux pesticides durant la grossesse. L'utilisation à l'intérieur du logement est plus fréquente pour les jeunes mères et les célibataires, comparées aux femmes mariées (cf. tableau). Le TCPy urinaire est plus élevé chez les mères au niveau d'étude supérieur, mais il n'y a pas de différence pour les autres caractéristiques socio-démographiques. Le PBA urinaire est plus élevé chez les femmes mariées comparées aux célibataires et nettement moins élevé chez les femmes ayant un faible niveau d'éducation. Concernant les concentrations urinaires en PCP, il n'y a pas de différence significative par catégorie socio-démographique. L'âge des bâtiments influence peu la fréquence d'usage et les taux de métabolites urinaires. Les caractéristiques des bâtiments n'influencent pas significativement le TCPy urinaire. L'excrétion de PBA est plus faible chez les locataires du public et les habitants de maisons montrent des concentrations urinaires en PCP plus élevées que les autres. Les saisons n'influencent pas les TCPy et PCP urinaires, alors que l'excrétion de PBA est plus élevée aux mois de juillet, août et septembre.

Les résultats en fréquence d'usage ou en concentration urinaire révèlent des niveaux d'exposition élevés. Le taux médian de TCPy dans l'étude était de 11,3 µg/g de créat., alors que dans NHANES et NHEXAS, il était respectivement de 2,2 et 4,6 µg/g de créat. Chez les enfants ruraux, ces taux variaient en fonction de la proximité avec une ferme de 1,3 à 6,0 µg/g de créat. A l'inverse, la fréquence d'utilisation déclarée n'est que de 47 % dans l'étude alors qu'elle était de 80 % à 90 % dans les autres études. Les taux de PCP (médiane 7,3 µg/g creat.) et de PBA (19,3 µg/g creat.) sont plus élevés que ceux retrouvés dans les études déjà citées. Les associations entre variables descriptives et concentrations urinaires sont faibles. Les métabolites choisis ont une demi-vie rapide et peuvent aussi refléter une exposition alimentaire, alors que le questionnaire reflète des habitudes de vie à plus long terme et manque de précision concernant les substances utilisées et leurs quantités. De plus les informations du questionnaire sont sujettes aux biais de mémoire. Ces résultats illustrent la difficulté à évaluer de manière qualitative (par questionnaire) l'exposition aux pesticides. Pour la lutte contre les insectes dans les habitations, les auteurs recommandent d'encourager des méthodes alternatives (i.e.: *Integrated Pest Management*) utilisant moins de substances toxiques.

*Distribution des taux de métabolites urinaires en fonction des caractéristiques socio-démographiques (Children Environmental Health Study Mount Sinai Hospital 1998-2001)*

Catégorie	Pesticides utilisés par un membre du foyer (%)	Tout type d'usage (%)	Concentrations médianes en métabolite urinaire (µg/g de créatinine)		
			TCPy	PBA	PCP
<b>Age de la mère</b>					
< 20	54,7*	75,9	10,5	13,3	5,7
20 - 24	45,7	73,2	13,7	19,3	9,6
25-29	51,2	69,8	7,8	16,8	7,3
30-34	33,3	66,7	10,4	22,7	7,0
>35	22,7	63,6	7,5	80,1	10,3
<b>Statut Marital</b>					
Marié	33,0**	68,8	10,6	26,0*	7,5
Concubinage	52,6	73,7	12,9	23,3	10,7
Seule	51,1	73,6	9,5	12,6	6,7
<b>Niveau d'éducation</b>					
Collège	57,5**	78,1	7,8*	9,0**	7,1
Lycée	45,6	70,9	15,9	37,4	7,1
Université	47,5	73,3	14,5	21,3	7,5
Diplôme universitaire	32,3	65,2	10,6	25,3	7,5
<b>Type de bâtiment</b>					
> 7 étages	44,7	70,1**	8,6	17,9	7,0
≤ 7 étages	51,7	78,2	13,1	19,8	7,1
Maison	35,2	57,4	12,8	29,5	12,1
<b>Statut d'occupation</b>					
Location publique	48,4**	76,6**	8,6	13,9*	6,4
Location privée	50,5	73,9	12,9	20,2	8,2
Propriétaire occupant	19,5	51,2	14,0	27,7	6,7
Construit avant 1960	43,0	72,0	11,5	19,5	7,3
Construit après 1960	48,6	72,5	9,6	19,5	6,9

\*  $p < 0,05$  ; \*\*  $p < 0,01$

## Commentaires

On regrettera que les critères d'exclusion de la cohorte n'aient pas été mieux justifiés notamment concernant les enfants de faible poids de naissance ou prématurés. Cette justification sera peut-être donnée lorsque les résultats concernant les effets sanitaires seront publiés. Bien qu'évoquée dans la discussion, la part de l'exposition due aux pesticides dans l'alimentation n'est pas quantitativement évaluable avec les données de l'étude. Pourtant, l'étude NHEXAS permet cette répartition quantifiée des sources d'exposition grâce au dosage des substances dans l'eau, les poussières et les aliments consommés en même temps que la recherche des métabolites urinaires.

(1) : NHANES = National Health And Nutrition Examination Survey

(2) : NHEXAS = National Human Exposure Assessment Survey

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

(4) : MNCPEs = Minnesota Children's Pesticide Exposure Study

(5) : PBA = 3-phenoxybenzoic acid = métabolite possible des pyrèthrine (sumithrin, permethrin, cyperméthrin) ; PCP = pentachlorophenol (molécule mère) = produit de traitement du bois

Source : Berkowitz G.S., Obel J., Deych E., Lapinski R., Godbold J., Liu Z., Landrigan P.J., Wolff M.S. ; Exposure to Indoor Pesticides during Pregnancy in a Multiethnic Urban Cohort ; Environmental Health Perspectives, 111(1) [2003], 79 – 84

Article analysé par : Vincent NEDELLEC, Conseil en Santé Environnement ; [vincent.nedellec@wanadoo.fr](mailto:vincent.nedellec@wanadoo.fr)

---

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

- Fischer G., Dott W. ; Relevance of airborne fungi and their secondary metabolites for environmental, occupational and indoor hygiene ; Archives of Microbiology, 179(2) [2003], 75 – 82
- Kuhn D.M., Ghannoum M.A. ; Indoor mold, toxigenic fungi, and *Stachybotrys chartarum* : Infectious disease perspective ; Clinical Microbiology Reviews, 16(1) [2003], 144
- Chapman J.A. ; *Stachybotrys chartarum* (*chartarum*=*atra*=*altmans*) and other problems caused by allergenic fungi ; Allergy and Asthma Proceedings, 24(1) [2003], 1 – 7
- Bessot J.C. ; Plant derived-allergens (excluding pollen) ; Revue Française d'Allergologie et d'Immunologie Clinique, 43(1) [2003], 40 – 52
- Daisey J.M., Angell W.J., Apte M.G. ; Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools : an analysis of existing information ; Indoor Air 2003, 13(1) [2003], 53 – 64
- Schneider T., Sundell J., Bischof W., Bohgard M., Cherrie J.W., Clausen P.A., Dreborg S., Kildeso J., Kjaergaard S.K., Lovik M., Pasanen P., Skyberg K. ; 'EUROPART'. Airborne particles in the indoor environment. A European interdisciplinary review of scientific evidence on associations between exposure to particles in buildings and health effects ; Indoor Air, 13(1) [2003], 38 – 48
- Daniels S.L. ; “On the ionization of air for removal of noxious effluvia” (Air ionization of indoor environments for control of volatile and particulate contaminants with nonthermal plasmas generated by dielectric-barrier discharge) ; IEEE Transactions on Plasma Science, 30 (4) [2002], 1471 – 1481 Part 1
- Henson R., Medina L., St Clair S., Blanke D., Downs L., Jordan J. ; Clean indoor air : Where, why, and how ? ; Journal of Law Medicine & Ethics, 30 (3) [2002], 75 – 82 Suppl. S



Pendant de nombreuses années, le contrôle des sources internes et la ventilation ont constitué les deux uniques moyens de maîtrise de la qualité de l'air intérieur. Face à la multiplication des sources de pollution des bâtiments, à la multitude de polluants que l'on y rencontre, et à l'inévitable constat de pollution de l'air extérieur qui remet en cause un certain nombre de règles de ventilation, la filtration est néanmoins très vite apparue comme un palliatif intéressant pour garantir une qualité de l'air intérieur satisfaisante. Contrairement aux systèmes traditionnels (basés sur la captation des particules ou l'adsorption des molécules gazeuses) qui ne constituent que des éléments tampons, l'oxydation photocatalytique présente comme intérêt de détruire les polluants gazeux, en l'occurrence les composés organiques, en les décomposant en dioxyde de carbone, en vapeur d'eau et en quelques autres composés supposés moins nocifs pour la santé. De par cette caractéristique, mais aussi par le fait qu'elle est peu gourmande en énergie, la photocatalyse est très vite apparue comme une technique prometteuse pour répondre au désormais fructueux marché du traitement de l'air intérieur. Elle a fait l'objet de nombreuses recherches au cours de ces dernières années et l'article de Zhao et Yang en livre une synthèse didactique et formatrice. Plutôt que de rentrer dans le détail de considérations théoriques complexes et fastidieuses sur les mécanismes physico-chimiques mis en jeu, les auteurs ont en effet choisi de livrer un aperçu des problèmes scientifiques à résoudre, et des développements technologiques à apporter aux systèmes actuels, pour que puissent être commercialisés à court terme des produits fiables et performants.

Au niveau technologique, les recherches visent principalement l'augmentation de l'efficacité de conversion des COV\* par l'utilisation de nouveaux matériaux catalytiques (le  $TiO_2$  est actuellement le matériau le plus utilisé), la mise au point de nouvelles techniques de conditionnement, et le développement de réacteurs maximisant l'irradiation du substrat catalytique par les lampes UV. Après une description assez sommaire du principe de l'oxydation photocatalytique, l'article fait ainsi

référence à un certain nombre d'études présentant les taux d'oxydation obtenus avec différents supports catalytiques ; il décrit également le principe de fonctionnement de trois réacteurs utilisés pour ces expériences.

Au niveau scientifique, le développement des systèmes d'oxydation photocatalytique passe par une meilleure compréhension des mécanismes physico-chimiques mis en jeu dans le processus de conversion des COV, et par la caractérisation de l'influence de paramètres tels que l'humidité, la nature (longueur d'onde) et l'intensité du rayonnement UV, la concentration en polluant, et le débit d'air traité, sur le taux d'oxydation des espèces. Ces éléments sont indispensables pour édicter des règles de dimensionnement des systèmes en fonction des besoins des utilisateurs, mais aussi pour éviter la production d'espèces intermédiaires nocives à la santé (oxydation incomplète du carbone par exemple). Encore une fois, l'article aborde méthodiquement chacun de ces points en citant différentes études ayant utilisé le toluène, le trichloroéthylène, le formaldéhyde et le benzène comme polluants : les résultats obtenus démontrent la complexité des phénomènes impliqués et la difficulté d'extrapoler les conclusions issues des expériences à d'autres espèces et d'autres configurations.

Pour être complets, Zhao et Yang terminent par une revue de quelques modèles de représentation des transformations photocatalytiques. Cette description est très sommaire mais elle a le mérite de donner quelques pistes pour une recherche plus approfondie sur le sujet.

Source : Zhao J., Yang X.D. ; Photocatalytic oxidation for indoor air purification : a literature review ; Building and Environment, 38(5) [2003], 645 – 654

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

### APPEL A PROPOSITION DE COMMUNICATION

Dans le contexte actuel des actions en "santé environnement" menées tout particulièrement à destination de la santé des enfants, le réseau RSEIN envisage la tenue d'une journée scientifique en 2004 sur la thématique de l'environnement intérieur des écoles et crèches. Ainsi, vous êtes d'ores et déjà invités à manifester votre intérêt pour une communication orale en adressant vos propositions par email à : [corinne.mandin@ineris.fr](mailto:corinne.mandin@ineris.fr)

## INFORMATIONS DIVERSES

---

### Politiques publiques

La **Commission Européenne a adopté le 11 juin 2003** une communication décrivant une **stratégie européenne pour l'environnement et la santé**. Elaborée par les commissaires en charge de l'environnement, de la santé et de la recherche, cette nouvelle stratégie SCALE, *Science, Children, Awareness, Legislation, Evaluation*, dont l'objectif principal est de réduire les pathologies liées aux facteurs environnementaux intègre cinq points clés :

- la science : évaluer la manière dont les différents polluants interagissent entre eux et comment ils passent d'un milieu à l'autre, ainsi que la manière dont le corps humain y réagit en fonction des taux et temps d'exposition ;
- les enfants : la Communauté Européenne a l'intention de lancer des projets pilotes portant sur les polluants ayant un impact particulier sur les enfants (dioxines, perturbateurs endocriniens, métaux lourds) ;
- la prise de conscience : mettre d'avantage en évidence les liens entre santé et dégradation de l'environnement et permettre une meilleure prise de conscience par le public ;
- la législation communautaire, complétant les législations nationales ;

- l'évaluation : des actions entreprises afin d'en vérifier la pertinence et la portée réelle sur la réduction des maladies liées à l'environnement et pour réagir face à des nouveaux problèmes.

La stratégie sera mise en œuvre en plusieurs "cycles", dont le premier couvrira la période 2004/2010 et sera axé sur les maladies respiratoires de l'enfance, l'asthme et les allergies, les perturbations du développement neurologique, le cancer chez les enfants, les effets des perturbateurs endocriniens.

Un plan d'action sera rédigé grâce à la consultation de divers acteurs concernés par ces problèmes et par la mise en place de groupes de travail qui doivent être constitués d'ici l'automne 2003. Il sera présenté lors de la conférence interministérielle sur l'environnement et la santé prévue à Budapest en juin 2004.

➔ Pour plus d'informations, consulter le site Internet :

[http://europa.eu.int/comm/press\\_room/presspacks/pdf/com\\_en.pdf](http://europa.eu.int/comm/press_room/presspacks/pdf/com_en.pdf)

---

### Réglementation

Le **Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF)** a été chargé par la Direction Générale de la Santé, en 2000, d'apprécier l'exposition des usagers qui fréquentent les **réseaux ferroviaires souterrains** d'Ile-de-France (RATP et SNCF). Deux avis relatifs à l'élaboration de valeurs guides de qualité de l'air dans les enceintes ferroviaires souterraines ont déjà été émis par la section "Milieux de vie" du CSHPF, les 5 avril et 3 mai 2001.

Dans la **circulaire DGS/SD7B N°2003-314 du 30 juin 2003**, la Direction Générale de la Santé demande aux préfets de région et de département de transmettre ces deux avis aux exploitants de transports collectifs ferroviaires souterrains (Les métros de Paris, Lyon, Marseille, Toulouse, Lille, Rennes, Rouen, Clermont-Ferrand et la SNCF sont concernés).

Deux actions sont à mener par les exploitants. D'une part, un plan de surveillance de la qualité de l'air doit être mis en place : mesures des concentrations en NO<sub>2</sub>, hydrocarbures aromatiques monocycliques et PM<sub>10</sub>\*, détermination des teneurs en métaux (fer, nickel, chrome, manganèse, plomb, cadmium), silice cristalline, fibres et hydrocarbures aromatiques polycycliques des PM<sub>10</sub>. D'autre part, les sources de pollution doivent être identifiées et une stratégie de réduction de celles-ci définie.

Le **8 juillet 2003**, le CSHPF a rendu deux nouveaux avis formulant de nouvelles recommandations aux exploitants de réseaux ferroviaires souterrains d'Ile-de-France concernant la caractérisation de la pollution atmosphérique dans leurs enceintes.

➔ Pour plus d'informations, consulter le site Internet :

<http://www.sante.gouv.fr/htm/dossiers/metro/index.htm>

L'**Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur** a publié son **rapport exécutif 2002**. La poursuite de l'exploitation des données de la campagne pilote de 2001 fournit de nouveaux éléments (déterminants des concentrations intérieures en formaldéhyde ; taux de renouvellement d'air des logements) et a débouché sur la validation des méthodes d'investigation et de mesurage. Une classification des polluants de l'environnement intérieur selon leur impact sanitaire à court et long terme est proposée et une première liste de polluants prioritaires est établie. La méthodologie d'échantillonnage et de recrutement des logements a été validée et a permis le tirage au sort des

communes enquêtées dont la liste est jointe en annexe. Les outils d'enquête ont été finalisés et optimisés. Enfin, parallèlement, les supports d'information et actions de communication se sont multipliés.

**Des résultats de l'étude pilote à la définition de la campagne nationale dans les logements ;** Juillet 2003 – 58 pages

**Rapport de la Présidence ;** Juillet 2003 – 22 pages  
➔ <http://www.air-interieur.org/> > *Bibliothèque* > *Libre Service*

---

**Air Pays de La Loire** a mené en juin 2002 une campagne de mesures à l'intérieur d'un **parking souterrain** de 447 places dans le centre ville d'Angers. Les mesures ont concerné le monoxyde de carbone (CO), les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), le dioxyde de soufre et les PM<sub>10</sub>\*. CO et NO<sub>x</sub> font par ailleurs l'objet de mesures par des détecteurs permanents sur chacun des trois niveaux de stationnement. Cette campagne doit se poursuivre

dans d'autres parkings ou à des périodes de plus forte fréquentation (hiver).

**Mesures exploratoires de la qualité de l'air à l'intérieur du parking du Ralliement à Angers ;** Janvier 2003 – 21 pages

➔ <http://www.airpl.org/> > *Résultats* > *Publications - Articles* > *Publications*

---

La **problématique de l'air intérieur dans les écoles** fait régulièrement l'objet de nouveaux travaux et publications. Parmi les parutions récentes, deux sont à signaler :

Un vaste programme d'étude a été mené par le Bureau de l'Air de l'Etat de Californie pour étudier la qualité de l'air intérieur des écoles préfabriquées californiennes. La question des fortes concentrations intérieures en formaldéhyde en raison de la présence de mousses urée-formol mises en évidence au début des années 1990 est à l'origine de ces travaux. En outre, ces résultats ont fait l'objet d'un rapport présenté au gouverneur de l'Etat.

**California Portable Classrooms Study** (3 volumes) et **Revised Report to the California Legislature : Environmental Health Conditions in California's Portable Classrooms**

➔ <http://www.arb.ca.gov/research/indoor/pcs/pcs.htm>

A l'instar de l'outil américain *Tools for Schools*, un guide adapté aux écoles canadiennes est proposé depuis mai 2003 par Santé Canada. Fruit des actions du groupe de travail sur la Qualité de l'air intérieur du Comité fédéral / provincial / territorial sur l'hygiène de l'environnement et du milieu de travail

(CHEMT-QAI), ce guide méthodologique d'intervention a été au préalable mis en œuvre auprès de 44 écoles en 2002. A destination des commissions scolaires, des directeurs et leurs équipes d'administration, des employés, cette "trousse" fournit une méthode et les outils pour aider les écoles à prévenir, identifier, évaluer et répondre à la majorité des problèmes d'air intérieur. Les écoles primaires sont plus spécifiquement concernées, mais la trousse peut être utilisée par les garderies, les collèges, les établissements du secondaire et autres locaux d'enseignement. Après une présentation générale de la problématique et des stratégies de contrôle de base, l'intégralité de la démarche à suivre en fonction du problème identifié est précisément explicitée (Qui informer ? De quelle manière ? Quel groupe d'intervention constituer ? Comment coordonner les actions ?). Des fiches décrivant les protocoles à suivre ou "listes de contrôle" sont proposées. Cette trousse constitue un outil complet et pratique.

**Qualité de l'air intérieur (QAI) : Trousse d'action pour les écoles canadiennes,** Santé Canada ; Mars 2003 – 196 pages

➔ [http://www.hc-sc.gc.ca/hecs-sesc/qualite\\_air/publications/outils\\_ecole/couverture.htm](http://www.hc-sc.gc.ca/hecs-sesc/qualite_air/publications/outils_ecole/couverture.htm)

---

De plus en plus de **réseaux européens pluridisciplinaires sur la thématique de l'air intérieur** se constituent actuellement. Un document

de l'Institut de Santé Publique suédois présente quelque uns de ceux-ci qui ont notamment réalisé des revues de la littérature scientifique par thème :

EUROVEN (consacré plus particulièrement au rôle de la ventilation), EUROEXPO (qui s'attache aux problèmes liés à l'humidité des bâtiments) et EUROPART (qui étudie des effets sanitaires corrélés aux particules fines et ultrafines des environnements intérieurs). Les travaux de EUROPART font par ailleurs l'objet d'un article dans *Indoor Air*, volume 13(1), mentionné dans la liste des articles de synthèse en page 8.

**European interdisciplinary networks on indoor environment and health**, Final Report, Sundell J., Nordling E., National Institute of Public Health, Sweden, Report N°2003:32 ; 2003 – 17 pages

➔ [http://www.fhi.se/shop/material\\_pdf/indoornetwork.pdf](http://www.fhi.se/shop/material_pdf/indoornetwork.pdf)

VertigO est une revue électronique multidisciplinaire en sciences de l'environnement qui diffuse des résultats et analyses d'articles de recherche. Le numéro de mai 2003, volume 4(1) – 123 pages, est consacré au thème "Environnement et Santé". Ainsi, la problématique de l'environnement intérieur y est traitée au travers de deux articles.

Le premier (auteur : Norman King, Direction de Santé Publique de Montréal-Centre) est un article de synthèse relatif à **l'impact de la qualité de l'air intérieur en milieu résidentiel sur la santé respiratoire**. Sur la base, entre autres, des résultats des travaux du groupe d'experts de l'*Institute of Medicine*<sup>(1)</sup>, une large partie de l'article est consacrée aux biocontaminants : allergènes d'acariens, pour lesquels la sensibilité est la plus largement répandue, allergènes félines présents même dans des locaux sans chats, allergènes de chiens dont l'allergie est moins fréquente, allergènes de blattes, moisissures. A ce sujet, l'auteur rappelle l'insuffisance de preuves d'association entre l'exposition aux moisissures et le développement de l'asthme, tandis que des preuves existent sur la relation entre l'exposition aux moisissures et l'exacerbation de l'asthme. Les effets sanitaires liés à l'exposition aux moisissures reste très difficile à mesurer et quantifier dans la mesure où cette exposition intervient souvent dans des

conditions humides propices également à la présence d'autres allergènes. Deux pathologies plus particulières sont évoquées par ailleurs. D'une part, l'alvéolite allergique extrinsèque, démontrée pour des expositions en milieu professionnel et agricole, semble avoir été mise en évidence dans une étude récente auprès d'occupants de bureaux. D'autre part, la question de l'hémorragie pulmonaire chez les jeunes enfants, médiatisée dans les années 1990 par des études qui ont révélé depuis d'importantes lacunes méthodologiques, n'est toutefois pas close à l'heure actuelle selon l'auteur.

Le second article (auteur : Sylviane Carbonnelle, Université catholique de Louvain) rappelle la problématique des **risques sanitaires liés à l'inhalation des produits dérivés de la chloration des piscines**. En association avec d'autres facteurs, ces produits pourraient être impliqués dans l'incidence croissante de l'asthme et des allergies chez les enfants.

➔ <http://www.vertigo.uqam.ca/pdf/vertigovol4no1.pdf>

(1) : Clearing the Air : Asthma and Indoor Air Exposures, Committee on the Assessment of Asthma and Indoor Air, Division of Health Promotion and Disease Prevention, Institute of Medicine, 2000. En lecture seule sur le site Internet : <http://www.nap.edu/>

## GLOSSAIRE

**COV** : Composés Organiques Volatils

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé

**PM<sub>x</sub>** : Particules de diamètre aérodynamique médian inférieur à x µm

**TEOM** : Tapered Element Oscillating Microbalance

**UFC** : Unité Formant Colonie

**US-EPA** : US Environmental Protection Agency

### 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°6 : Cicoella A., Festy B., Mandin C., Mouilleseaux A., Segala C., Squinazi F.

Coordination et contact : Corinne Mandin [corinne.mandin@ineris.fr](mailto:corinne.mandin@ineris.fr)

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

ISSN : En cours

**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 au texte intégral.**

Le réseau RSEIN, en relation avec l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur, est constitué de représentants des structures suivantes : 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 représentée par Air Normand, 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, 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](mailto:corinne.mandin@ineris.fr)