



# Info Santé Environnement Intérieur

N°22  
Mars 2008

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

## ÉDITO

---

### **Housing conditions and indoor air quality**

People in the World Health Organization (WHO) European Region spend 70–90% of their time indoors, and a large part of it in the private home. For vulnerable groups such as children, sick or elderly persons, the time spent at home may rise up to almost 100%.

Indoor air quality is increasingly considered a major determinant of health, and it has been found that indoor pollutant levels can significantly exceed those encountered outdoors.

The health of building occupants can be affected and compromised by a large variety of chemical and biological pollutants. The sources for the pollutants are as diverse as the pollutants themselves, as they may be emitted from furniture and building materials, consumer products, pets and pests, and residents' behaviour. Outdoor air pollution (from traffic, industry, soil dust, etc.) contributes to indoor exposures as well.

Although the WHO has recognized the "right to healthy indoor air" already in 2000, action on the indoor dimension of air quality is only recently becoming a policy priority. Next to the prevention of domestic exposure (and generation of pollutants), the adequate provision of ventilation and air exchange is considered a main mechanism to avoid the accumulation of contaminants in indoor air. In this context, increasing concern is expressed in relation to the current trends of building rehabilitation and insulation. It may be done for the sake of energy savings, but may also have a negative impact on air exchange rates and possibly increase the problem of indoor contaminants, especially damp and mould.

Compared to the evidence compiled for outdoor air pollution, much less is known on the health impacts and exposure conditions in the private home. Main challenges are the estimation of e.g. the exposure to environmental tobacco smoke (ETS) and passive smoking in homes, which is especially relevant for children, or the exposure to particulate matter and fine dust particles. Furthermore, there are few data on solid fuel combustion, which may be considered a priority rather for developing countries but probably is heavily underestimated for European Union (EU) countries. Finally, no solid and reliable data is available on chemical and biological pollution levels in private homes, for which the evidence base mainly draws from local or regional studies and measurements but rarely provides nationally representative data.

Acknowledging the relevance of the indoor built environment, the WHO Regional Office for Europe carried out a housing and health study in 2002/2003 (LARES project) and has indicated that – for eight European cities located in different countries and climate zones and having very diverse housing stocks – the main problems reported by the residents are:

- prevalence of mould growth (up to 25% and mostly in kitchen and bathrooms);
- exposure to ETS (reported by households in 30% of all cases);
- occurrence of pests and infestations (e.g. cockroaches were reported by 20% of all households - with large variations between cities and housing types);
- insufficiency of ventilation systems (residents of 25% of households are not satisfied with the existing ventilation system; while 40% of dwellings do not have a system at all).

*Continued pg 2*

**Matthias BRAUBACH, Technical Officer Housing and Health**

**Michal KRZYŻANOWSKI, Regional Advisor Air Quality**

**WHO European Centre for Environment and Health, Regional Office for Europe, Bonn**

The main reasons for dissatisfaction with the indoor air conditions – perceived as a problem in ca. 10% of the households interviewed – are dust (mentioned in 45% of all cases of dissatisfaction), outside air pollution (42%), smells and odours (33%) and dryness (25%). Detailed analyses showed that air quality dissatisfaction was strongly associated with dwellings in which (a) the windows were not tight, (b) humidity and condensation was identified, and (c) mould growth was reported.

Due to the impact of such diverse housing conditions as well as the residential behaviour, there is a large variety of indoor environment conditions that is difficult to predict and assess. To support national governments in the risk assessment of indoor air quality conditions and facilitate the creation of health-based standards of recommended indoor conditions, WHO has started to develop guidelines on indoor air quality. Starting with the development of guidelines for damp and mould, the next steps will incorporate the development of guidelines for selected pollutants (such as carbon monoxide, formaldehyde and radon, etc.), biological agents (allergens) and indoor combustion products.

The WHO guidelines will therefore address health actors as well as housing actors, supporting policy-making to provide healthy housing by considering the suggested recommendations and enabling housing construction and rehabilitation to meet the suggested standards. In parallel to this work, a project on the technical interventions against damp and mould is being carried out by WHO to collect case studies on mitigation and provide advice on both policy and technical measures that can be undertaken.

**Matthias BRAUBACH, Technical Officer Housing and Health**

**Michal KRZYZANOWSKI, Regional Advisor Air Quality**

**WHO European Centre for Environment and Health, Regional Office for Europe, Bonn**

WHO Regional Office for Europe (2007). Development of WHO guidelines for indoor air quality. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe. Available at [http://www.euro.who.int/air/activities/20070510\\_2](http://www.euro.who.int/air/activities/20070510_2)

WHO Regional Office for Europe (2007). Policy implications of interventions to reduce indoor air pollution by damp and mould. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe. Available at [http://www.euro.who.int/Housing/activities/20071218\\_1](http://www.euro.who.int/Housing/activities/20071218_1)

WHO Regional Office for Europe (2007). LARES (Large Analysis and Review of European housing and health Status). Preliminary overview. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe. Available at [http://www.euro.who.int/Document/HOH/lares\\_result.pdf](http://www.euro.who.int/Document/HOH/lares_result.pdf)

WHO Regional Office for Europe (2000). The right to healthy indoor air. Report on a WHO meeting. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe. Available at <http://www.euro.who.int/document/e69828.pdf>

## SOMMAIRE

Substances → p2 ; Lieux de vie → p7 ; Effets sanitaires → p9 ; Expologie – Évaluation des risques → p12 ; Informations diverses → p17

Les astérisques renvoient aux termes du glossaire. → p22

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

### Caractéristiques de l'aérosol domestique en zone urbaine : étude de cas à Singapour

**Source** : Balasubramanian R., Lee S.S. ; Characteristics of indoor aerosols in residential homes in urban locations: A case study in Singapore ; Journal of the Air & Waste Management Association, 57(8) [2007]: 981-90.

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

L'environnement intérieur pourrait jouer un rôle non négligeable dans l'exposition personnelle aux particules. Dès lors, connaître la contribution des sources majeures à la concentration de particules fines, notamment dans l'habitat, devient primordial, particulièrement en zone urbaine avec une forte

densité de population. Dans ce cadre, les auteurs se proposent de déterminer les caractéristiques physiques et chimiques des particules d'un appartement occupé et de les croiser avec les budgets espace-temps-activités des occupants.

Un appartement de six pièces principales sur deux niveaux, situé au huitième étage, a été étudié durant 15 jours en mai 2004 à Singapour. L'appartement est à proximité immédiate d'une route à fort trafic. Deux des pièces instrumentées (séjour et chambre principale) donnent directement sur la route, la troisième (chambre à l'opposé) donne sur un autre bâtiment. En l'absence de conditionnement d'air, la température était de l'ordre de 33°C avec une humidité relative autour de 80 % en journée. Le taux de renouvellement d'air était de 0,5 vol.h<sup>-1</sup> dans le séjour et la chambre principale et de 0,7 vol.h<sup>-1</sup> dans la troisième pièce. Les cinq occupants ont renseigné leurs déplacements dans l'appartement et leurs activités. Trois instruments de mesure ont été utilisés : un compteur de noyaux de condensation (CPC 3007, TSI Inc.) permettant d'enregistrer en temps réel la concentration en nombre de particules (diamètre de 0,01 à 1 µm) et deux échantillonneurs portables (MiniVol, Airmetrics) collectant les particules de diamètre inférieur à 2,5 µm sur des filtres en Teflon ou en quartz. À partir de ces filtres, plusieurs analyses ont été conduites pour mesurer la concentration de 12 espèces ioniques de la fraction soluble par chromatographie ionique, de 12 métaux par ICP-MS (spectrométrie de masse couplée à un plasma inductif) et le carbone organique et élémentaire.

Le bruit de fond en particules dans l'appartement est minimal, de l'ordre de  $8,5 \times 10^3$  particules.cm<sup>-3</sup> lorsque le système de conditionnement d'air équipé de filtres à particules est mis en route la nuit, ce qui est inférieur au niveau extérieur. Deux activités majeures se distinguent avec des pics de concentration jusqu'à  $2 \times 10^5$  particules.cm<sup>-3</sup> : la cuisson d'aliments au gaz et la fumée de tabac. Cette dernière reste cantonnée au séjour, tandis que la première impacte systématiquement l'ensemble des pièces de l'appartement. La concentration en masse de particules (PM<sub>2,5</sub>\*) est plus élevée dans le séjour, attribuée à la fumée de tabac. Les ions nitrites, nitrates, sulfates et ammonium présentent des ratios I/E (concentration intérieure sur concentration extérieure) significativement supérieurs à 1, notamment dans le séjour. Parmi les métaux, le plomb, le cadmium et le nickel présentent des niveaux maximaux dans le séjour avec une importante contribution des sources intérieures (I/E > 1,3). Le chrome est également fortement associé à des sources domestiques avec un ratio I/E jusqu'à 2,9 dans la chambre. Le carbone élémentaire est plus faible qu'à l'extérieur (I/E < 1). À l'opposé, le carbone organique est plus concentré à l'intérieur, en particulier dans le séjour (I/E = 1,9).

Ces résultats montrent l'influence prédominante des activités de combustion (cuisson, fumée de tabac) sur le niveau de particules dans l'appartement et sur les constituants chimiques des particules. La

composition des particules intérieures est dominée par le carbone organique (entre 18 et 30 % en masse), le carbone élémentaire (de 10 à 19 %), les sulfates (entre 13 et 17 %) et les nitrates (de 5 à 14 %). Une partie des constituants chimiques de cette composition est influencée majoritairement par les sources intérieures de particules : NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Cd, Cr, Ni, Pb et le carbone organique. L'autre partie est associée à des particules d'origine extérieure : Cl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, Al, Co, Cu, Fe, Mn, Ti, V, Zn et le carbone élémentaire.

### *Commentaires*

L'association de la mesure en nombre, de la mesure en masse et de la composition chimique est riche d'informations ; elle permet ainsi d'appréhender une situation dans son ensemble. Les résultats sont concordants avec ceux d'autres études. Les activités de combustion représentent les sources majoritaires de particules dans l'appartement avec un impact localisé de la fumée de tabac et un impact plus global de la cuisson d'aliments. Le séjour est situé au même niveau que la cuisine contrairement aux autres pièces instrumentées. Il est vraisemblablement plus influencé par les activités de cuisson que les autres pièces, ce qui pourrait également expliquer la valeur élevée en PM<sub>2,5</sub>\*.

Une des limites de l'étude porte sur les mesures séquentielles réalisées par point de prélèvement. En effet, chaque pièce est instrumentée successivement 2 jours de suite par manque d'instruments. Dans ces conditions, la comparaison entre les pièces est très délicate. La même remarque peut être faite avec l'extérieur, malgré des conditions météorologiques stables sur toute la période. Par ailleurs, les concentrations maximales observées avec le CPC 3007 sont sans doute sous-estimées, compte tenu des effets de coïncidence à partir de 10<sup>5</sup> particules.cm<sup>-3</sup>. Enfin, la démarche des auteurs de ramener les concentrations de constituants chimiques observées à la concentration en PM<sub>2,5</sub>\* permet d'exprimer directement la composition en masse des particules pour chaque pièce. Les auteurs ne l'ont pas fait pour le point extérieur. Or, celui-ci montre une composition similaire au niveau du carbone, avec par contre plus de sulfates (23 %) mais moins de nitrates et d'ammonium (4 et 3 % respectivement). Les particules domestiques présentent donc un enrichissement de ces deux constituants par rapport aux particules extérieures.

Pour finir, cette étude fournit un instantané des contributions des sources de particules dans un appartement en zone urbaine équatoriale. La contribution des sources intérieures est nettement prédominante par rapport au trafic notamment. Elle doit néanmoins être étendue à d'autres climats et saisons, mais la méthode employée reste riche d'indications.



## SUBSTANCES

### Relation entre les teneurs en phtalates dans l'air intérieur et la fraction granulométrique des particules

**Source :** Rakkestad K.E., Dye C.J., Yttri K.E. *et al.* ; Phthalate levels in Norwegian indoor air related to particle size fraction ; Journal of Environmental Monitoring, 9(12) [2007]: 1419-1425.

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

L'exposition domestique aux phtalates, qui entrent dans la composition de nombreux matériaux d'intérieur à base de PVC, est de mieux en mieux documentée. Les phtalates ont été principalement mis en évidence dans les poussières des maisons ; seuls quelques travaux ont montré leur présence dans l'air intérieur, avec une faible corrélation entre les teneurs totales en phtalates dans l'air et les poussières domestiques. Aucune étude n'ayant jusqu'à présent permis d'estimer la distribution des phtalates selon la taille des particules dans l'air intérieur, une étude norvégienne a analysé la répartition des phtalates contenus dans deux fractions particulaires, les PM<sub>10</sub>\* et PM<sub>2,5</sub>\*.

Les auteurs ont prélevé 14 échantillons d'air à l'intérieur de sites répartis entre une université (5 points de mesure), une école primaire (4 points), une école maternelle (3 points) et 2 maisons. Cinq composés ont été mesurés (butyl benzyl phthalate = BBP, dicyclohexyl phthalate = DCHP, diéthyl hexyl phthalate = DEHP, di-n-butyl phthalate = DBP, di-n-octyl phthalate = DnOP) dans les deux fractions granulométriques considérées (PM<sub>10</sub>\* et PM<sub>2,5</sub>\*). À ces mesures spécifiques ont été couplées une détermination des concentrations en PM<sub>10</sub>\* et PM<sub>2,5</sub>\* et une mesure du carbone élémentaire, du carbone organique et du carbone total dans chaque fraction. Enfin, ayant par ailleurs mis en évidence la présence de phtalates (DBP en particulier) dans le caoutchouc des pneus des voitures, les auteurs ont cherché à estimer, par la mesure d'un traceur spécifique (N-cyclohexyl-2-benzothiazolamine), la contribution relative des phtalates d'origine automobile dans la pollution intérieure.

Quatre des cinq composés recherchés sont présents dans l'ensemble des sites investigués (DBP, BBP, DCHP et DEHP) ; le DnOP n'a été détecté que dans un tiers des échantillons et à faibles concentrations. Les concentrations moyennes en phtalates totaux dans les PM<sub>10</sub>\* et PM<sub>2,5</sub>\* sont respectivement de 131 ng.m<sup>-3</sup> et 78,7 ng.m<sup>-3</sup>. Selon les sites, on observe des variations relativement importantes des teneurs totales en phtalates, les plus fortes concentrations étant mesurées dans une chambre d'enfant, une école maternelle, deux écoles primaires et une salle informatique de l'université. La contribution relative des phtalates totaux dans

les concentrations massiques des particules est identique pour les PM<sub>10</sub>\* et PM<sub>2,5</sub>\* (1,1 % ± 0,3). Quels que soient la fraction particulaire considérée et le milieu de vie étudié, le composé prédominant est le DBP (qui représente environ 75 % de la teneur totale dans les deux fractions). L'influence sur le niveau de contamination intérieure du transfert des phtalates relargués par les pneus des automobiles est marginale, y compris sur les sites à proximité d'axes routiers importants.

Ces résultats indiquent que le DBP est le phtalate le plus largement détecté dans l'air intérieur, à la fois dans les PM<sub>10</sub>\* et PM<sub>2,5</sub>\*. Les quatre composés retrouvés dans les milieux intérieurs se répartissent différemment entre les PM<sub>10</sub>\* et PM<sub>2,5</sub>\*, suggérant des sources intérieures différentes. Selon les auteurs, les résultats confortent les informations récentes selon lesquelles l'inhalation domestique pourrait contribuer à l'exposition totale aux phtalates de manière plus importante que ne le laissent supposer les connaissances jusqu'à présent, la voie alimentaire ayant été longtemps considérée comme quasiment la seule voie d'exposition aux phtalates.

#### Commentaires

Cette étude norvégienne montre que dans l'air intérieur une fraction relativement importante des phtalates est associée aux particules fines (PM<sub>2,5</sub>\*), en particulier pour les phtalates semi-volatils (DEP, DBP) qui s'adsorbent sur les particules atmosphériques. Ceci confirme les différences de comportement aérien des différents représentants de cette famille selon leur degré de volatilité. Les conclusions de cette étude étayent également les résultats d'études récentes ayant mis en évidence, pour les phtalates, le rôle non négligeable de l'exposition par voie respiratoire, en particulier pour les composés les plus volatils.

On peut regretter toutefois que le protocole d'étude, ciblé notamment sur l'investigation de l'influence du trafic routier, n'ait pas permis de répondre de manière plus approfondie à la question de l'origine des sources intérieures des phtalates dans les milieux de vie enquêtés. Ainsi, les auteurs ne traitent que partiellement cette question et n'expliquent pas l'origine des variations observées entre les sites.





**Source** : Santucci R., Meunier O., Ott M. *et al.* ; Contamination fongique des habitations : bilan de dix années d'analyses ; Revue française d'allergologie et d'immunologie clinique, 47(6) [2007]: 402-408.

**Article analysé par** : Anne PLEUVY et Vincent NEDELLEC, VNC ; [vincent.nedellec@vnc-sante.fr](mailto:vincent.nedellec@vnc-sante.fr)

De nombreux facteurs tels que la présence de bois, plâtre, cellulose, humidité (douche, aquarium...), contribuent probablement à l'envahissement des logements par différents genres fongiques et à leur établissement durable. L'objectif de cette étude est de faire la synthèse des résultats de mesure de la flore fongique dans les habitations de patients suivis pour des allergies ou des symptômes cliniques pouvant être associés à la présence de moisissures.

Des prélèvements ont été effectués dans 61 domiciles entre 1996 et 2006. Le site de prélèvement (plafond, mur, poussière...) en a conditionné le type. Les techniques de prélèvement utilisées ont été l'écouvillonnage ou frottis de surface (44 %), l'empreinte gélosée (16 %), l'application directe d'un morceau de ruban adhésif sur des moisissures visibles (17 %) et des prélèvements de poussières effectués de façon standardisée à l'aide d'un aspirateur équipé d'un filtre de haute efficacité (HEPA) (23 %). Chaque logement a fait l'objet de 3 à 29 prélèvements sur des sites présentant des moisissures visibles à l'œil nu. Le nombre de prélèvements a ainsi varié selon le nombre de zones du logement présentant des moisissures et selon le logement lui-même (disposition, surface au sol...).

Au total, 338 prélèvements ont été effectués dans les domiciles. Parmi les 38 genres fongiques identifiés, les trois plus fréquents sont *Cladosporium sp.* (isolé dans 88 % des logements), *Aspergillus sp.* (82 %) et *Penicillium sp.* (78 %). Le profil fongique est différent selon la matrice prélevée. Dans les poussières de maison, les genres *Aspergillus sp.* (80 % des logements) dont *A. fumigatus* (50 %), *A. flavus* (40 %) et *A. niger* (60 %), *Penicillium sp.* (70 %), *Alternaria sp.* (60 %), *Mucor sp.* (50 %) et *Trichoderma sp.* (50 %) sont principalement trouvés. Dans la terre des plantes vertes en pot, les genres prédominants sont *Penicillium sp.* (85 % des logements), *Aspergillus sp.* (69 %) et *Fusarium sp.* (69 %). À eux trois, ils représentent les genres majoritaires dans 92 % des cas. Sur les surfaces, les genres majoritaires sont *Cladosporium sp.* (75 % des logements), *Ulocladium sp.* (54 %), *Alternaria sp.* (25%), *Aspergillus sp.* (23 %) et *Penicillium sp.* (19 %).

Par ailleurs, le nombre de genres fongiques différents, ainsi que la distribution des champignons au sein des domiciles, ont évolué. En effet, le nombre de genres fongiques différents est passé d'une moyenne de 12 en 1996-1998 à une moyenne de 6,6 en 2004-2006. Concernant la distribution des champignons, 10 genres sur 38 sont retrouvés dans plus de 50 % des logements en 1996-1998, pour 5 genres sur 38 en 2004-2006. Certains genres tels que *Mucor sp.*, *Rhizopus sp.*, *Aureobasidium sp.*, *Penicillium sp.* et *Trichoderma sp.* ont vu leur fréquence d'isolement diminuer et d'autres, comme *Ulocladium sp.*, *Alternaria sp.* et *Phoma sp.*, sont toujours isolés quelle que soit la période étudiée, sans variation significative.

#### Commentaires

L'intérêt de cette étude est de fournir, à partir d'une importante base de données comportant les résultats de 338 prélèvements effectués pendant 10 ans dans 61 logements, une bonne analyse descriptive des moisissures présentes dans les habitations. L'association de plusieurs techniques de prélèvement sur des sites différents permet d'avoir un aperçu complet de la flore fongique. Il est cependant dommage que les prélèvements aient uniquement été effectués sur des sites présentant des moisissures visibles à l'œil nu : les espèces de couleur sombre sont vraisemblablement plus facilement repérées par l'opérateur que les espèces claires, ce qui oriente les prélèvements vers certaines familles de champignons. Par ailleurs, cette étude ne permet pas de faire le lien entre la présence de moisissures dans l'habitat et une pathologie de type allergique chez les habitants. Enfin, il aurait été intéressant d'étudier aussi les variations saisonnières du profil de la flore fongique dans les habitations.



## SUBSTANCES

### Résultats d'essais inter-laboratoires pour évaluer l'impaction comme méthode d'échantillonnage des spores fongiques

**Source** : Richardson N., Szabo E. ; Results of round-robin tests to proof impaction as a sampling method for collecting mould fungi spores ; Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft, 67(10) [2007]: 425-428.

**Article analysé par** : Annie MOUILLESEAUX ; [annie.mouilleseaux@noos.fr](mailto:annie.mouilleseaux@noos.fr)

L'impaction est, comme la filtration, souvent utilisée pour l'échantillonnage de biocontaminants dans les ambiances intérieures. Les essais inter-laboratoires rapportés dans la publication de Richardson et Szabo sont effectués en vue de déterminer l'incertitude liée à la méthode par impaction pour l'échantillonnage des spores mycéliennes revivifiables de l'air intérieur.

L'air étudié est aspiré à débit constant au travers de trous placés côte à côte. Le nombre et le diamètre des trous varient selon le fabricant et le type de matériel. La somme des diamètres des trous est très inférieure à la section de la prise d'air de l'échantillonneur. De ce fait, les particules de l'air sont accélérées et, en raison de l'inertie, sont isolées sur le milieu de culture placé dessous. Les échantillonnages sont effectués dans une salle de séminaire, préalablement nettoyée, d'un hôtel moderne sans problème mycélien apparent. Différents volumes d'air sont prélevés et recueillis sur des milieux de culture DG18 et incubés à 20°C. Les données recueillies sont des dénombrements globaux de colonies et non des dénombrements selon les espèces. L'étude statistique est effectuée avec Microsoft® Excel.

Les essais couvrent les années 2005 et 2006. En 2005, 164 mesures sont analysables, 4 éliminées. Selon les volumes, les valeurs sont comprises entre 20 et 280 UFC\*/m<sup>3</sup>. En 2006, 198 mesures sont analysées, 2 écartées. La fourchette de résultats s'établit entre 540 et 1 340 UFC\*/m<sup>3</sup>. La moyenne annuelle se situe à 118 UFC\*/m<sup>3</sup>. Cette grande dispersion des résultats explique qu'il n'y ait pas de différence significative entre les deux années quel que soit le volume d'échantillonnage, malgré des moyennes annuelles nettement différentes.

Dans la norme VDI 4300, il est écrit que 10 à 100 UFC\*/boîte de 90 mm correspond à une fourchette de valeurs optimale pour des dénombrements. L'analyse des essais montre que les résultats dont le dénombrement est compris dans cette fourchette optimale ont une distribution proche d'une loi normale, ce qui n'est pas le cas lorsque l'on utilise l'ensemble des données.

Les essais inter-laboratoires montrent que la limite inférieure de 10 UFC\* est une valeur trop faible. Par exemple, pour une mesure de 12 UFC\*, l'écart-type est de 27 % et pour 47 UFC\*, il est seulement de 15 %. En élevant à 30 UFC\* la limite inférieure de la fourchette optimale, la fiabilité de la mesure est donc nettement meilleure.

Les auteurs préconisent d'effectuer au moins deux essais afin d'obtenir au mieux une évaluation fiable de la contamination mycélienne.

#### Commentaires

Cette étude a essayé de déterminer l'influence des volumes d'échantillonnage sur la fiabilité des résultats. De nombreux échantillons ont été prélevés à l'aide de divers échantillonneurs par impaction, et analysés. Elle rappelle la difficulté d'interprétation des dénombrements de spores mycéliennes dans des conditions de terrain même si celles-ci sont maîtrisées au mieux. Cela est dû à la grande dispersion des données qui est sans doute le propre du comportement des spores dans l'air, particules de configuration très variable selon l'espèce. La valeur plancher de 10 UFC\* par boîte, habituellement admise par les spécialistes, est contestée par les auteurs et il serait judicieux qu'une étude précise ce point qui peut avoir un intérêt pour les analyses statistiques ultérieures.

#### À lire également :

Diapouli E., Chaloulakou A., Spyrellis N. ; Levels of ultrafine particles in different microenvironments - Implications to children exposure ; Science of the Total Environment, 388(1-3) [2007]: 128-136.

Seaman V.Y., Bennett D.H., Cahill T.M. ; Origin, occurrence, and source emission rate of acrolein in residential indoor air ; Environmental Science & Technology, 41(20) [2007]: 6940-6946.

Vincent G., Kopferschmitt-Kubler M.C., Mirabel P. *et al.* ; Sampling and analysis of quaternary ammonium compounds (QACs) traces in indoor atmosphere ; Environmental Monitoring and Assessment, 133(1-3) [2007]: 25-30.



## LIEUX DE VIE

### Étude de l'auto-pollution de l'air à l'intérieur des bus de transport scolaire : état de l'art et difficultés méthodologiques

**Source** : Borak J., Sirianni G. ; Studies of self-pollution in Diesel school buses: Methodological issues ; Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 4(9) [2007]: 660-668.

**Article analysé par** : Anthony CADENNE et Vincent NEDELLEC, VNC ; [vincent.nedellec@vnc-sante.fr](mailto:vincent.nedellec@vnc-sante.fr)

De nombreuses études rapportent des dépassements des valeurs limites d'exposition professionnelle aux émissions Diesel à l'intérieur des habitacles de véhicule. Une attention particulière a donc été portée à ce sujet pour lequel subsistent des interrogations, notamment sur la contribution du véhicule à sa propre pollution intérieure. La finalité de cette revue de la littérature est de compiler les données existantes sur l'exposition aux émissions de particules Diesel à l'intérieur des bus de transport scolaire.

Les publications étaient sélectionnées à la double condition de se rapporter à des recherches effectuées aux États-Unis sur la pollution intérieure des bus de transport scolaire et de comporter une information quantitative sur au moins un traceur des émissions particulaires Diesel. Une synthèse des concentrations d'exposition est réalisée et chacune des méthodes employées est évaluée selon trois critères : *i*) le protocole expérimental général (notification de l'existence de biais potentiels), *ii*) les méthodes de traceurs employées pour quantifier la contribution de l'auto-pollution, *iii*) la qualité des données et leur compatibilité entre elles. Les données, issues d'un total de 19 articles se rapportant à 11 études différentes, sont étudiées. Celles-ci représentent des mesures effectuées sur 58 bus scolaires dont 35 à motorisation Diesel classique simple, 18 comportant un système de post-traitement (rétrofit) et 4 fonctionnant au gaz naturel comprimé.

Les intervalles de concentrations rapportés dans les articles sont relativement étendus : 0,4 – 19  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  pour le noir de carbone, 5 – 148  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  pour les  $\text{PM}_{2,5}^*$  et 9 – 400  $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$  pour les composés aromatiques polycycliques en phase particulaire. Des concentrations en nombre de particules sont également fournies : 13 000 à 53 000 particules. $\text{cm}^{-3}$ , par exemple, particules de diamètre compris entre 0,01 et 1  $\mu\text{m}$ . Parmi ces études, la seule pouvant être qualifiée d'expérimentale apporte une comparaison des concentrations intérieures selon l'équipement du véhicule. L'équipement du bus avec un système de filtration des gaz et particules d'échappement associé à l'utilisation de Diesel à faible teneur en

soufre permet de réduire significativement les concentrations massiques en noir de carbone et en  $\text{PM}_{2,5}^*$ , ainsi que les concentrations en nombre de particules (respectivement de 2,0 à 1,1  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , de 50 à 43  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  et de 50 700 à 13 000 particules. $\text{cm}^{-3}$ , particules de diamètre compris entre 0,01 et 1  $\mu\text{m}$ ).

Au final, les auteurs soulignent le caractère exploratoire de ce sujet, les études les plus anciennes s'attachant uniquement à déterminer le niveau d'exposition et non l'origine de la source. Les études réalisées aboutissent à des résultats contradictoires : certaines observent peu de corrélation entre pollution intérieure et émissions du véhicule, estimant qu'au maximum, seuls 2,5 % des  $\text{PM}_{2,5}^*$  sont générés par le véhicule lui-même, tandis que d'autres affirment que la plupart de ces particules provient du pot d'échappement et que le bloc moteur est la principale source de la pollution organique. Les auteurs attribuent ce manque de cohérence à des problèmes méthodologiques liés à l'utilisation de traceurs différents. Malgré ces données lacunaires, ils considèrent cependant que le niveau d'auto-pollution peut être notablement réduit à l'aide des techniques actuelles de filtration des émissions à l'échappement.

#### Commentaires

Cette revue de littérature permet la compilation des différentes concentrations intérieures dans les habitacles de bus de transport scolaire américains. Les auteurs mettent en lumière les lacunes de connaissances actuelles concernant la part d'auto-pollution dans ces concentrations. On regrette cependant que le champ de l'étude soit limité aux seuls bus américains, souvent très anciens. L'étude de systèmes proches mis en place dans d'autres pays pourrait aider à clarifier la complexité des phénomènes en jeu. Sur le plan de la prévention, les données présentées permettent de penser que les techniques actuelles de réduction des émissions de particules réduisent significativement la pollution à l'intérieur des bus. On peut donc s'interroger sur la transposabilité des résultats de cette étude au cas du parc français.



**Source** : Song F., Zhao B., Yang X. *et al.* ; New approach on zonal modeling of indoor environment with mechanical ventilation ; Building and Environment, 43(3) [2008]: 278-286.

**Article analysé par** : Marc ABADIE, Laboratoire d'étude des phénomènes de transfert et de l'instantanéité : Agro-industrie et bâtiment – LEPTIAB, Université de La Rochelle ; [marc.abadie@univ-lr.fr](mailto:marc.abadie@univ-lr.fr)

La modélisation des ambiances intérieures du bâtiment, aussi bien du point de vue énergétique que de la qualité de l'air, repose encore à l'heure actuelle essentiellement sur l'approche monozone (une ambiance = une zone). Or, il n'est plus besoin de prouver que ces ambiances présentent très souvent de fortes hétérogénéités spatiales, tant en température qu'en concentration de polluants. La méthode zonale, qui consiste à diviser le volume d'étude en un petit nombre de zones pour lesquelles le principe d'homogénéité des variables d'état est pré-supposé, permet d'atteindre un niveau de description supérieur tout en gardant un temps de calcul raisonnable. La présente étude propose une méthode pour écarter l'un des problèmes majeurs : l'arbitraire dans la définition de la discrétisation spatiale.

La méthode est basée sur le concept de « l'âge de l'air » qui est défini comme le temps écoulé depuis l'entrée du volume d'air considéré par la bouche de soufflage de la ventilation. Une hypothèse forte considérée par les auteurs consiste à supposer que, pour le cas d'une ambiance ventilée, il existe un écoulement « moyen » suffisamment stable induisant une hétérogénéité spatiale de température ou de concentration peu modifiée au cours du temps, et ainsi l'existence d'une discrétisation spatiale unique. La phase principale de la méthode consiste donc à déterminer le champ spatial de l'âge de l'air pour cet écoulement « moyen », soit par méthode expérimentale, soit, comme dans le présent article, par la mécanique des fluides numérique (CFD\*). Les différentes zones de la méthode zonale sont alors déterminées en fonction de cette distribution de l'âge de l'air. Une deuxième phase optionnelle consiste à regrouper les zones éloignées de toutes les sources de chaleur ou de concentration afin de réduire le nombre de zones et augmenter ainsi la vitesse de calcul.

La méthode proposée est évaluée pour une ambiance assujettie à une ventilation par déplacement, par comparaison de la température des zones obtenues par la méthode zonale avec celle calculée par la méthode CFD\*. Quatre simulations sont effectuées : 1) en considérant une discrétisation classique arbitraire à base de zones parallélépipédiques et 2) en utilisant la méthode

basée sur l'âge de l'air, avec à chaque fois un nombre total de 8 ou 18 zones. Les résultats montrent une nette différence entre les deux approches zonales. Pour un même nombre de zones, l'erreur moyenne obtenue par la méthode basée sur l'âge de l'air est bien inférieure à celle obtenue avec la discrétisation classique. Si l'augmentation du nombre de zones s'accompagne d'une meilleure définition du champ de température, une erreur relative maximale plus importante est observée dans certaines régions pour les deux approches.

Cet article présente une méthode basée sur un paramètre physique, l'âge de l'air, afin de répondre à une difficulté de l'utilisation de la méthode zonale, qui est celle de la définition arbitraire du zonage du volume étudié. La méthode proposée permet d'améliorer considérablement la prédiction du champ de température par rapport à l'approche classique en diminuant d'un facteur trois l'erreur relative. Les auteurs concluent que leur approche est très bien adaptée pour la simulation thermo-énergétique annuelle du bâtiment.

#### Commentaires

Cette étude a le mérite de montrer la potentialité de la méthode zonale à prédire l'hétérogénéité du champ de température à l'intérieur d'une salle dès lors que la discrétisation spatiale est adéquate. Ainsi, les auteurs montrent la nécessité d'un critère non arbitraire pour l'évaluation de la discrétisation spatiale optimale. Cependant, la mise en application de la méthode proposée nécessite une pré-simulation CFD\*, lourde en terme de temps de calcul. Dans le contexte de la simulation thermo-énergétique annuelle d'un bâtiment, ce recours à la CFD\* est obligatoirement multiple puisque, contrairement à l'hypothèse considérée par les auteurs, les sources de chaleur et de concentration, ainsi que les débits de ventilation varient au cours du temps, ce qui implique une certaine adaptabilité de la discrétisation zonale optimale. Ainsi, l'utilisation de la méthode proposée dans le cadre de simulations annuelles paraît malheureusement difficile à mettre en œuvre dans l'immédiat.



### **À lire également :**

Baxter L.K., Clougherty J.E., Paciorek C.J. *et al.* ; Predicting residential indoor concentrations of nitrogen dioxide, fine particulate matter, and elemental carbon using questionnaire and geographic information system based data ; *Atmospheric Environment*, 41(31) [2007]: 6561-6571.

Meng Q.Y., Turpin B.J., Lee J.H. *et al.* ; How does infiltration behavior modify the composition of ambient PM<sub>2.5</sub> in indoor spaces? An analysis of RIOPA data ; *Environ Science & Technology*, 41(21) [2007]: 7315-7321.

Ginestet S., Marchio D., Morisot O. ; Evaluation of faults impacts on energy consumption and indoor air quality on an air handling unit ; *Energy and Buildings*, 40(1) [2008]: 51-57.



## **EFFETS SANITAIRES**

### **Exposition domestique aux pesticides et risques de cancers hématopoïétiques chez l'enfant**

**Source :** Rudant J., Menegaux F., Leverger G. *et al.* ; Household exposure to pesticides and risk of childhood hematopoietic malignancies: the ESCALE Study (SFCE) ; *Environmental Health Perspectives*, 115(12) [2007]: 1787-1793.

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

Cette étude française a été menée dans le cadre du projet ESCALE (étude sur les cancers de l'enfant). Les cancers les plus fréquents chez les enfants sont les cancers hématopoïétiques, dont l'étiologie reste mal connue. Quelques études épidémiologiques ont suggéré une implication des pesticides. Les auteurs de ce travail ont donc exploré les liens entre l'exposition intra-utérine aux pesticides et les cas de leucémies aiguës (LA), de lymphomes hodgkiniens (LH) et de lymphomes non hodgkiniens (LNH) chez l'enfant dans le cadre d'une étude cas-témoin.

L'étude a inclus 1 060 enfants atteints de cancers hématopoïétiques âgés de moins de 15 ans (764 LA, 130 LH et 166 LNH). Leur recrutement a été réalisé via les départements hospitaliers d'oncologie pédiatrique avec le support du registre national des hémopathies malignes de l'enfant entre le 1<sup>er</sup> janvier 2003 et le 31 décembre 2004. 862 enfants témoins ont été inclus. Ils ont été sélectionnés en population générale à partir d'un échantillon aléatoire de 60 000 ménages (après stratification sur la région et le niveau d'urbanisation). La sélection des témoins a alors été réalisée lors d'un appel téléphonique par la méthode des quotas prenant en compte l'âge et le sexe. Un questionnaire téléphonique a été rempli avec la mère de chaque enfant (en moyenne 6 mois après le diagnostic pour les cas). Les questions relatives aux pesticides (insecticides, herbicides et fongicides) portaient sur l'utilisation (utilisé, jamais utilisé, ne sait pas) des pesticides domestiques durant la grossesse pour la mère et durant la grossesse et l'enfance pour le père. L'exposition pendant la grossesse dans le cadre du travail et d'activités agricoles chez les parents a aussi été renseignée. Les liens entre pesticides et cancers (LA, LH et LNH) ont été étudiés à l'aide de modèles de

régression logistique inconditionnelle avec ajustement sur l'âge, le sexe, le niveau d'éducation, l'histoire familiale de cancers, les infections de la petite enfance, l'allaitement, les modes de garde, le niveau d'urbanisation et le type de logement. Les analyses ont été restreintes aux enfants âgés de 5 ans et plus pour LH et de 2 ans et plus pour LNH (les effectifs étant trop faibles dans les classes d'âge inférieures).

Des pesticides ont été utilisés pendant la grossesse par 52 % des mères d'enfant atteint de LA et 37 % des mères d'enfant témoin ; 53 % des mères d'enfant atteint de LNH et 39 % des mères d'enfant témoin ; 47 % des mères d'enfant atteint de LH et 42 % des mères d'enfant témoin. Les pères ont plus utilisé d'insecticides que les mères (que ce soit pendant la grossesse ou pendant l'enfance). Alors que chez les mères les insecticides sont plus utilisés que les herbicides, ces deux pesticides sont autant utilisés par les pères.

L'utilisation de pesticides dans un contexte professionnel par la mère et lors d'une activité agricole par le père n'est pas associée aux cancers hématopoïétiques chez l'enfant. Une association négative est même à l'inverse mesurée entre cancers et utilisation de pesticides dans un contexte agricole chez la mère. Les cas de LA sont associés à la fois à l'utilisation de pesticides par la mère, le père et les deux parents. L'analyse par pesticide montre une association avec l'utilisation d'insecticides ou d'herbicides par la mère. Les cas de LH sont associés à l'utilisation de pesticides par la mère et d'insecticides par la mère. Les cas de LNH sont eux associés à l'utilisation de pesticides par la mère, le père et les deux parents et à l'utilisation d'insecticides par la mère.

Aucune interaction n'est observée avec le niveau d'urbanisation (rural, semi urbain, urbain). De plus, les résultats ne sont pas modifiés par la prise en compte de facteurs tels que les catégories socio-professionnelles des parents, leur niveau

d'éducation, les antécédents familiaux de cancers, l'allaitement, les infections dans la petite enfance, le type de garde des enfants et l'exclusion des enfants de parents agriculteurs.

### Utilisation parentale de pesticides domestiques et cancers

	Leucémie aiguë			Lymphomes hodgkiniens			Lymphomes non hodgkiniens		
	Témoins (n = 1681)	Cas (n = 764)	OR* (IC <sub>95%*</sub> )	Témoins (n = 848)	Cas (n = 128)	OR* (IC <sub>95%*</sub> )	Témoins (n = 1312)	Cas (n = 165)	OR* (IC <sub>95%*</sub> )
Pas d'usage de pesticide par les parents	560	171	1,0	253	28	1,0	413	28	1,0
Usage maternel	101	75	2,7 (1,9 – 3,8) #	41	15	3,4 (1,6 – 7,3) $\phi$	75	16	3,3 (1,7 – 6,5) #
Usage paternel	418	142	1,3 (1,0 – 1,8) $\nabla$	192	27	1,2 (0,7 – 2,2)	315	34	1,8 (1,1 – 3,1) $\nabla$
Usage par les deux parents	501	313	2,5 (2,0 – 3,2) #	302	43	1,2 (0,7 – 2,1)	424	68	2,5 (1,6 – 4,1) #

# :  $p < 0,001$  ;  $\nabla$  :  $0,01 \leq p < 0,05$  ;  $\phi$  :  $0,001 \leq p < 0,01$

Selon les auteurs, cette étude est en faveur de l'existence de liens entre pesticides utilisés par les parents pendant la grossesse et cancers hématopoïétiques de l'enfant. L'utilisation maternelle et paternelle est à la fois associée aux cancers de type LA et LNH. Le fait que cette relation n'est pas retrouvée pour les cas de LH pourrait être dû à une population d'étude plus faible. Enfin, l'absence de liens entre utilisation de pesticides dans un contexte professionnel et cancers de l'enfant (liens mis en évidence dans d'autres études) pourrait aussi selon les auteurs être liée aux faibles nombres de parents concernés.

#### Commentaires

Une des forces de cette étude est la taille importante de la population étudiée. Si des facteurs de risque connus sont pris en compte, il apparaît que certains n'ont pas été renseignés, et en particulier le lien récemment montré entre l'utilisation des pesticides pendant l'enfance (et notamment les traitements anti-poux) et ce type de cancers <sup>(1)</sup>. Les limites en sont celles classiquement rencontrées dans ce type

d'étude : l'exclusion des cas les plus sévères non interrogeables, les biais d'informations en raison du temps passé depuis l'exposition, le fait que seules les mères étaient interrogées alors qu'une partie des questions concernaient le père, les biais de classification dans la mesure où les parents des cas sont plus susceptibles de faire un effort de mémoire pour se rappeler leurs expositions passées que ceux des témoins.

La majorité des études sur les liens entre cancers de l'enfant et utilisation parentale des pesticides se sont intéressées aux usages dans un cadre professionnel. Seules quelques-unes se sont, comme celle présentée ici, intéressées aux pesticides domestiques. Cette étude cas-témoin appuie donc l'hypothèse de liens entre pesticides domestiques pendant la grossesse et cancers hématopoïétiques.

(1) Menegaux F., Baruchel A., Bertrand Y. *et al.* ; Household exposure to pesticides and risk of childhood acute leukemia ; *Occupational and Environmental Medicine*, 63(2) [2006]: 131-134 (lire l'analyse de cette publication dans le bulletin *Info Santé Environnement Intérieur* N°16)



## EFFETS SANITAIRES

### Intoxications par le monoxyde de carbone au cours de catastrophes naturelles : l'expérience de l'ouragan Rita

**Source** : Cukor J., Restuccia M. ; Carbon monoxide poisoning during natural disasters: the Hurricane Rita experience ; Journal of Emergency Medicine, 33(3) [2007]: 261-264.

**Article analysé par** : Claire GOURIER-FRERY, Institut de veille sanitaire – InVS ; [c.gourierfrery@invs.sante.fr](mailto:c.gourierfrery@invs.sante.fr)

Dans les jours qui suivirent le déferlement de l'ouragan Rita sur la côte Est du Texas (septembre 2005), un afflux de personnes victimes d'intoxications au monoxyde de carbone (CO) a été enregistré par l'équipe d'assistance médicale des catastrophes du Massachusetts. Une description des symptômes cliniques de l'intoxication, des modalités thérapeutiques, ainsi que des causes de l'exposition au CO a ensuite été réalisée par cette équipe.

Au cours des cinq premiers jours qui ont suivi l'arrivée de l'ouragan Rita dans la ville, 500 patients ont été traités aux urgences médicales, dont 21 en raison d'une exposition au CO identifiée. Parmi ces 21 individus, la symptomatologie clinique allait d'une absence totale de symptôme pour neuf d'entre eux, au décès pour cinq personnes. Parmi les sept patients symptomatiques, quatre n'ont manifesté que des troubles mineurs : maux de tête, association de maux de tête et de douleurs abdominales. Trois autres patients, dont l'état a été jugé plus sévère, ont été transférés à Houston pour hospitalisation : une femme enceinte souffrant de douleurs abdominales, un adulte manifestant des troubles progressifs de la conscience et un enfant en coma profond (mort cérébrale). Le laboratoire de l'hôpital n'ayant pas pu réaliser de dosage durant les 40 premières heures de la tempête, les taux de carboxyhémoglobine (HbCO) n'ont été décrits que chez 7 des 21 patients concernés. Le taux de CO le plus élevé (19,1 % d'HbCO) a été dosé chez un patient asymptomatique.

Le taux d'HbCO était de 17,9 % chez la femme enceinte présentant des douleurs abdominales. Il était de 12,9 % chez un enfant se plaignant de maux de tête. Les autres dosages, pratiqués chez des patients dont le tableau clinique associait maux de tête et douleurs abdominales, étaient tous inférieurs à 12 % d'HbCO.

L'interrogatoire a déterminé que les 21 patients faisaient partie de 3 foyers différents. Le mécanisme accidentel incriminé a été, pour les 3 foyers, l'utilisation inappropriée d'un générateur portable :

- 8 patients exposés suite à la mise en fonctionnement d'un générateur portable dans une pièce dépourvue de ventilation ;

- 10 patients exposés après avoir rapatrié dans leur garage pour la nuit le générateur portable qu'ils utilisaient normalement à l'extérieur (crainte de vol) ;
- 3 patients exposés par un générateur portable fonctionnant à l'extérieur de l'habitation, mais positionné juste à côté d'une zone d'entrée utilisée pour l'air conditionné.

Une liste de recommandations concrètes en terme de prévention de ce type d'accident est proposée par les auteurs, parmi lesquelles on peut citer la mise en place de spots d'information dans les médias avant chaque catastrophe naturelle prévisible, l'inscription de messages d'alerte sur les générateurs actuellement commercialisés, l'installation d'un détecteur CO sur tout générateur portable, l'envoi de spécialistes dans les principaux points de vente afin d'informer les consommateurs, la promotion du dépistage de l'intoxication au CO par des techniques non invasives (CO-oxymètres)...

#### Commentaires

Cet article s'avère -hélas- un témoignage de plus des conséquences tragiques du recours domestique aux appareils à combustion portables, recours que l'on sait pourtant être systématique dans les situations de privation d'électricité. L'ampleur du risque est particulièrement manifeste lors des grandes intempéries, des catastrophes naturelles où la privation d'électricité peut toucher comme ici une population large, sur une durée longue. Le phénomène est malheureusement universel et on pourra citer, à titre d'exemple en France, l'épidémie d'intoxications au CO observée au cours des intempéries de neige dans la Creuse en janvier 2007 (lire « Sur le web » en page 18 de ce numéro).

Les auteurs n'ont pas pu tirer profit de l'analyse descriptive conjointe des effets cliniques observés chez leurs patients, mis en regard des taux de CO retrouvés dans l'organisme, très peu de dosages ayant été réalisés. Ils se sont donc contentés en discussion de rappeler de façon didactique les relations exposition-effets généralement décrites dans la littérature. De même, si l'un des objectifs affirmés était de décrire l'approche thérapeutique mise en place pour leurs patients, cette partie des résultats est totalement inexistante dans l'article. Les auteurs se contentent de rappeler les deux modalités thérapeutiques possibles que sont l'oxygénothérapie normobare à fort débit et l'oxygénothérapie hyperbare, en reprenant très succinctement les principales indications et effets de ces traitements.

La plus-value de cet article réside essentiellement dans la proposition par les auteurs d'actions concrètes de prévention, fondées sur ces observations récurrentes de situations à risque mortel que sont l'utilisation des appareils à combustion non raccordés dans des pièces non ventilées, dans des garages attenants aux lieux de vie ou encore, l'exemple en est donné ici, utilisés en extérieur mais à proximité immédiate d'une entrée d'air du bâtiment.

#### **À lire également :**

Kolossa-Gehring M., Becker K., Conrad A. *et al.* ; German Environmental Survey for children (GerES IV) - First results ; International Journal of Hygiene and Environmental Health, 210(5) [2007]: 535-540.

MacDonald C., Sternberg A., Hunter P.R. ; A systematic review and meta-analysis of interventions used to reduce exposure to house dust and their effect on the development and severity of asthma ; Environmental Health Perspectives, 115(12) [2007]: 1691-1695.

Inal A., Karakoc G.B., Altintas D.U. *et al.* ; Effect of indoor mold concentrations on daily symptom severity of children with asthma and/or rhinitis monosensitized to molds ; Journal of Asthma, 44(7) [2007]: 543-546.



## **EXPOLOGIE – EVALUATION DES RISQUES**

### **Exposition aux PM<sub>2,5</sub>, aux PM<sub>1</sub> et aux fumées noires en population générale : niveaux d'exposition personnelle, dans l'air intérieur et dans l'air extérieur**

**Source :** Johannesson S., Gustafson P., Molnár P. *et al.* ; Exposure to fine particles (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>1</sub>) and black smoke in the general population: personal, indoor, and outdoor levels ; Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology, 17(7) [2007]: 613-624.

**Article analysé par :** Gaëlle GUILLOSSOU, Service des Études Médicales d'EDF et Gaz de France ; [gaelle.guillossou@edjgdf.fr](mailto:gaelle.guillossou@edjgdf.fr)

L'exposition aux particules, et plus particulièrement aux fractions les plus fines (PM<sub>2,5</sub>\*, PM<sub>1</sub>\*...), entraîne de nombreux effets délétères tels qu'une augmentation des maladies cardio-vasculaires et respiratoires et une diminution de l'espérance de vie. Les études sur la relation entre particules et santé utilisent généralement les données de mesure des stations de fond implantées en zones urbaines. Certains travaux ont toutefois montré que ce paramètre ne reflétait pas toujours fidèlement l'exposition personnelle. Cette étude suédoise avait pour objectif de mesurer l'exposition personnelle aux PM<sub>2,5</sub>\* et PM<sub>1</sub>\* ainsi qu'aux fumées noires <sup>(1)</sup>, de la population générale adulte de Göteborg, puis d'évaluer la relation entre cette exposition personnelle et les niveaux de particules mesurés dans l'air intérieur, dans l'air extérieur au niveau du lieu de résidence et en pollution urbaine de fond.

Vingt adultes habitant Göteborg en 2000, sélectionnés aléatoirement à partir du registre de population de la ville, ainsi que 10 employés du département de recherche auquel appartiennent les auteurs, ont été inclus dans l'étude. Leurs caractéristiques et leur budget espace-temps ont été recueillis. Les mesures personnelles en PM<sub>2,5</sub>\* (pour les 30 volontaires) et en PM<sub>1</sub>\* (uniquement pour les 10 employés) ont été réalisées à l'aide de pompes de prélèvement placées dans des sacs à dos et reliées à des cyclones attachés aux anses des sacs, à hauteur de la zone respiratoire des volontaires. Les mesures des particules dans les pièces de vie et dans l'environnement extérieur proche (balcon, fenêtre, porche...), conduites simultanément aux mesures personnelles, utilisaient le même type d'appareils. Un impacteur installé en haut d'un immeuble éloigné des principaux axes de circulation assurait la surveillance des PM<sub>2,5</sub>\* du fond urbain.



Concernant la mesure des fumées noires, la masse déposée sur les filtres a été évaluée par réflectométrie. Parallèlement aux mesures de particules, l'influence de la pollution transfrontière a été prise en compte grâce à la détermination puis l'enregistrement, par modélisation, de la provenance des principales masses d'air survolant Göteborg. Les trajectoires nordique, marine, du Royaume-Uni, puis continentale ont ainsi pu être identifiées. Des mesures répétées, séparées de 2 à 7 semaines de la première campagne de prélèvement, ont été menées pour 10 des 20 volontaires sélectionnés aléatoirement (exposition personnelle et fond ambiant) et pour les 10 employés (exposition personnelle, air intérieur, extérieur proche et fond urbain). Les prélèvements (24 heures) ont été collectés durant les jours de la semaine, au printemps et à l'automne 2002 et 2003.

Les résultats montrent que les volontaires ont passé plus de 90 % de leur temps dans des milieux intérieurs (habitation, lieu de travail, transports), dont 60 % à leur domicile.

Les auteurs considèrent que la concentration massique particulaire, ainsi que les niveaux de fumées noires, sont faibles. En effet, la médiane de l'exposition personnelle aux  $PM_{2,5}^*$  est  $8,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $IC_{95\%}^*$  [6,5-12,0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]). Ces résultats sont relativement comparables aux valeurs recueillies dans d'autres villes nordiques, mais ils demeurent bien en deçà des valeurs mesurées en Europe centrale ou méridionale.

Bien que les valeurs recueillies pour les quatre micro-environnements soient proches, les niveaux d'exposition personnelle aux  $PM_{2,5}^*$  sont statistiquement supérieurs aux valeurs relevées dans les trois autres sites de prélèvement. Après exclusion des fumeurs, seule la différence entre les concentrations liées à l'exposition personnelle et celles mesurées dans l'air extérieur au niveau du lieu d'habitation reste statistiquement significative ( $P = 0,02$ ). Ces dernières concentrations sont par ailleurs fortement corrélées aux valeurs de fond urbain ( $P < 0,0001$ ).

Une corrélation a été observée entre l'exposition personnelle et les niveaux de  $PM_1^*$  mesurés en air intérieur ( $P = 0,01$ ). Une forte corrélation a été trouvée entre les niveaux de  $PM_1^*$  et  $PM_{2,5}^*$ , aussi bien pour les mesures en air intérieur, que pour les mesures en air extérieur à proximité du domicile. Les  $PM_1^*$  mesurées dans cette étude représentaient près de 80 % des  $PM_{2,5}^*$ .

Comme cela a été relevé dans de précédentes études s'intéressant à l'exposition aux particules fines, les auteurs ont constaté que les niveaux d'exposition personnelle aux  $PM_{2,5}^*$  étaient supérieurs aux niveaux relevés dans les autres milieux instrumentés, tout en restant bien corrélés avec les concentrations en air intérieur. Le temps passé par les volontaires à leur domicile (60 %) pourrait en partie l'expliquer.

Fumer ou être exposé au tabagisme passif augmente l'exposition personnelle aux particules fines. Trois fumeurs et quatre volontaires exposés à la fumée de tabac environnementale ont participé à cette étude. La faible exposition de la majorité des volontaires pourrait expliquer les faibles différences observées entre les quatre milieux instrumentés.

La bonne association observée entre les teneurs en fumées noires et particules mesurées par la station de fond urbain et celles relevées en air extérieur au niveau des lieux de résidence, permet aux auteurs de souligner l'importance du choix de la station de mesure de fond : bien choisie, elle peut suffire à refléter les niveaux de pollution en particules fines d'une ville.

L'étude montre une plus forte corrélation intérieur/extérieur pour les mesures de fumées noires que pour les mesures de  $PM_{2,5}^*$  et  $PM_1^*$ . Les concentrations de ces dernières sont par ailleurs plus importantes en milieu intérieur qu'à l'extérieur. Les auteurs suggèrent l'existence d'autres sources de particules en milieu intérieur que les combustions.

L'origine des masses d'air atteignant Göteborg influence les niveaux extérieurs de  $PM_{2,5}^*$  et fumées noires, mais pas les concentrations intérieures, ni l'exposition personnelle, impactées par d'autres facteurs (sources de pollution intérieures, activités, mode de vie...).

### **Commentaires**

Les études de ce type nécessitent une instrumentation et des moyens conséquents. Elles sont donc lourdes et difficiles à mettre en œuvre, mais pourtant très utiles pour enrichir les connaissances sur le poids relatif de diverses sources dans l'exposition de la population. Ce travail, riche et intéressant, permet de mieux caractériser l'exposition personnelle à la pollution atmosphérique en s'appuyant sur de multiples paramètres, dont la mesure des  $PM_1^*$ , encore relativement peu considérée en épidémiologie.

Des développements complémentaires pourraient cependant être apportés, comme l'identification des sources de pollution particulaire, notamment dans les milieux intérieurs, ou le mesurage en nombre des particules. Les données sur la composition chimique ont fait l'objet d'une précédente publication <sup>(2)</sup>.

(1) La connaissance des indices de fumées noires (composées principalement de carbone élémentaire provenant des processus de combustion) donne une bonne indication de l'empoussièrement par des particules fortement carbonées. C'est une méthode de mesure ancienne, conçue à une époque où la pollution par les particules provenait essentiellement de la combustion de charbon.

(2) Molnár P., Johannesson S., Boman J. *et al.* ; Personal exposures and indoor, residential outdoor, and urban background levels of fine particle trace elements in the general population ; Journal of Environmental Monitoring, 8(5) [2006]: 543-551.



## EXPOLOGIE – EVALUATION DES RISQUES

### Distributions des fractions inhalées des composés organiques volatils dans cinq villes européennes

**Source :** Ilacqua V., Hanninen O., Kuenzli N., Jantunen M. ; Intake fraction distributions for indoor VOC sources in five European cities ; *Indoor Air*, 17(5) [2007]: 372-383.

**Article analysé par :** Philippe GLORENNEC, École des Hautes Études en Santé Publique – EHESP ; [philippe.glorennec@ehesp.fr](mailto:philippe.glorennec@ehesp.fr)

L'*intake fraction* (IF), que l'on pourrait essayer de traduire par « fraction absorbée de la quantité émise », est la proportion, en masse, de polluant qui atteint sa « cible », soit l'Homme. Cette notion peut être utilisée pour comparer l'impact relatif de différentes sources. L'objectif de cet article est d'estimer les *intake fractions*, ou ici fractions inhalées l'exposition considérée étant l'inhalation, de composés persistants émis par des sources continues, à Athènes, Bâle, Helsinki, Oxford et Prague, villes qui participaient à l'étude européenne multicentrique EXPOLIS.

L'IF est définie comme étant le rapport entre la masse absorbée par un individu (inhalée dans le cas présent) et la masse rejetée dans l'environnement. Dans le cas de sources continues de composés persistants, les auteurs montrent que l'IF peut être approximée par  $IF = f \times Q / F$ , où  $f$  est la fraction de temps passé dans le microenvironnement, ici le domicile (sans unité),  $Q$  le volume respiré ( $m^3/j$ ) et  $F$  le taux de renouvellement d'air ( $m^3/h$ ). Le volume expiré a été estimé à partir de la littérature en combinant les temps d'activités et de sommeil ; les fractions de temps passé et taux de renouvellement d'air sont issus de l'étude EXPOLIS. Les distributions ont été combinées par simulations de Monte Carlo, afin d'estimer la distribution des IF. Les IF sont estimées pour 48 heures, par ville et par adulte. Une IF par domicile a été estimée en sommant les IF individuelles. Une analyse de sensibilité a été menée pour identifier les paramètres les plus influents sur le résultat, ainsi qu'une analyse des scénarios pour identifier les combinaisons de paramètres conduisant aux IF les plus élevées.

Les IF individuelles se distribuent selon une loi log-normale, avec un mode de 0,1 et 0,3 %, et des 95<sup>èmes</sup> percentiles de l'ordre de 2 %. Les IF par domicile se distribuent selon une loi log-normale, avec un mode de 0,3 et 0,7 %. L'amplitude de variation d'IF est la plus faible à Athènes, la plus forte à Helsinki.

L'analyse de sensibilité indique que le taux de renouvellement d'air est le paramètre le plus sensible, sauf pour Athènes où il s'agit de la fraction de temps passé au domicile. L'analyse de scénarios indique que les IF les plus élevées sont dues à une forte proportion de temps passé au domicile pour

Athènes et Bâle, et à un faible taux de renouvellement d'air pour Helsinki et Prague. Les IF les moins élevées correspondent quant à elles à des taux de renouvellement d'air élevés, sauf pour Athènes (peu de temps passé au domicile).

Les IF présentent peu de variation d'une ville à l'autre, surtout si l'on considère que les incertitudes (estimées à 15-25 %) conduiraient à une plus grande superposition des distributions. Les différences sont attribuées par les auteurs aux climats (isolation des locaux, ouverture des fenêtres, modifications des taux de renouvellement d'air). Les IF varient également peu d'un individu à l'autre au sein d'une même ville. Les limites identifiées sont liées à la non prise en compte de la proximité d'une source à l'intérieur d'un logement, à la non prise en compte de la réactivité des composés (surestimation), à l'estimation sur 48 heures moyennées dans l'année lorsqu'il s'agit de composés avec une émission saisonnière. Les auteurs considèrent qu'il est en pratique difficile d'agir sur le volume des maisons et sur l'apport d'air neuf du fait des contraintes économiques et climatiques, et qu'il convient de fait d'agir sur les sources.

#### Commentaires

Un des intérêts de cet article est sa qualité d'écriture. Il est en effet très bien rédigé, et de façon très pédagogique. La notion de fraction inhalée est en particulier très bien décrite, avec ses applications. Les méthodes de Monte Carlo le sont également, avec leurs différentes possibilités. L'article illustre bien en particulier l'intérêt des analyses de scénarios et l'analyse de sensibilité, même si ici peu de paramètres rentrent en ligne de compte. Le travail mené n'est cependant pas vraiment convaincant sur l'utilité de cette notion. En effet, les conclusions opérationnelles avancées par les auteurs (agir sur les sources) auraient sans doute pu être énoncées à partir des données utilisées (notamment la distribution des taux de renouvellement d'air), sans recours au calcul de l'IF. Elles auraient aussi mérité d'être plus étayées. L'article peut de ce point de vue être considéré comme un exercice un peu théorique (mais aussi être apprécié en tant que tel car il est bien écrit).

### À lire également :

Adgate J.L., Mongin S.J., Pratt G.C. *et al.* ; Relationships between personal, indoor, and outdoor exposures to trace elements in PM<sub>2.5</sub> ; Science of the Total Environment, 386(1-3) [2007]: 21-32.

Shalat S.L., Lioy P.J., Schmeelck K., Mainelis G. ; Improving estimation of indoor exposure to inhalable particles for children in the first year of life ; Journal of the Air & Waste Management Association, 57(8) [2007]: 934-939.

Djohan D., Yu J., Connell D., Christensen E. ; Health risk assessment of chlorobenzenes in the air of residential houses using probabilistic techniques ; Journal of Toxicology and Environmental Health-Part A-Current Issues, 70(19) [2007]: 1594-1603.

---

### **Autre article d'intérêt : Habitat et santé, une vue d'ensemble**

**Source :** Bonnefoy X. ; Inadequate housing and health: an overview ; International Journal of Environment and Pollution, 30(3-4) [2007]: 411-429.

**Article analysé par :** Véronique EZRATTY, Service des Études Médicales d'EDF et de Gaz de France ; [veronique.ezratty@edf-gdf.fr](mailto:veronique.ezratty@edf-gdf.fr)

Qu'est ce qu'un habitat sain et, à l'inverse, quand peut-on parler d'habitat inadéquat pour la santé ? Pour tenter de répondre à ces questions, cet article fait le point sur la relation entre l'habitat - qui englobe le logement, la notion de « chez soi » (traduction imparfaite du terme anglais « home »), ainsi que l'environnement immédiat - et la santé qui, selon la définition de l'OMS\*, n'est pas réduite à la simple absence de maladie mais comprend une dimension sociale, ainsi que le sentiment de bien-être.

L'OMS\* a conduit une enquête sur l'habitat et la santé dans huit villes européennes au début des années 2000. L'étude LARES (*Large Analysis and Review of European housing and health Status*) constitue une base de données importante sur les conditions d'habitat de 3 373 foyers, ainsi que sur l'état de santé de leurs 8 519 occupants. Les principaux résultats rapportés dans cet article peuvent être synthétisés.

L'impact du confort thermique sur la santé des résidents, en particulier sur le risque de maladies cardio-vasculaires et de maladies infectieuses respiratoires, a été particulièrement étudié. Un tiers des résidents se plaignaient de températures trop froides dans leur logement et un pourcentage important de foyers issus des catégories socio-économiques les plus faibles avaient un chauffage inadéquat et des problèmes d'isolation / étanchéité dans leur logement. La présence de moisissures, retrouvées dans plus de 30 % des logements, était associée à l'asthme, la migraine, la bronchite chronique et la dépression. L'étude LARES montre

que l'obésité n'est pas seulement associée à l'alimentation et au style de vie, mais aussi à l'environnement résidentiel. En effet, le nombre de résidents obèses était plus faible dans les zones urbaines comportant le plus d'espaces verts et un niveau d'incivilités moindre. L'étude a confirmé les principaux facteurs de risque des accidents domestiques que sont l'âge, les escaliers mal conçus, un mauvais éclairage, un manque d'espace et l'exposition au bruit. De plus, une association entre le bruit dans le logement, en particulier la nuit, et l'hypertension artérielle ainsi que la dépression a été retrouvée. Par ailleurs, un lien a été observé entre la santé mentale des occupants, en particulier la dépression, et des problèmes comme le bruit, un manque d'intimité ou une lumière du jour insuffisante. Enfin, l'étude a mis en évidence une association entre le degré de satisfaction des résidents ainsi que leur perception de leur état de santé et les problèmes sociaux et de voisinage, notamment de bruit, de manque d'espaces verts, de dégradation de l'environnement et d'insécurité.

Depuis 2004, l'étude LARES a profondément influencé les politiques en matière d'habitat tant au niveau européen, qu'à l'échelle de collectivités locales de certains pays. L'OMS\* émet le souhait de poursuivre ce travail avec cinq axes prioritaires de recherche : confort thermique et précarité énergétique ; qualité du sommeil, habitat et santé mentale ; vieillissement des populations, qui pose le problème de l'accessibilité des logements en cas de handicap et de limitation fonctionnelle ; produits de construction ; qualité de l'air intérieur.

## Commentaires

Cet article met bien l'accent sur la complexité de l'évaluation de la relation entre l'habitat et la santé et sur l'intérêt d'avoir réalisé, sous l'égide de l'OMS\*, une grande étude européenne dans des pays possédant des cultures, des climats et des contextes socio-politiques variés. L'étude LARES couvre une large population avec une puissance statistique importante. Parallèlement au renforcement d'hypothèses déjà soulevées sur des liens possibles entre les conditions d'habitat et des symptômes ou maladies courantes, les résultats ont montré des

associations originales qui devraient conduire à orienter les recherches vers des axes encore inexplorés. Les limites de l'étude sont inhérentes à l'absence de métrologie et à la nature déclarative des données sur l'état de santé, même si elles sont particulièrement complètes. Des études interventionnelles et des études plus fines sur certaines pathologies sont encore nécessaires pour confirmer la causalité des associations observées et en comprendre les mécanismes.

---

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

Kot-Wasik A., Zabiegala B., Urbanowicz M. *et al.* ; Advances in passive sampling in environmental studies ; *Analytica Chimica Acta*, 602(2) [2007]: 141-163.

Heudorf U., Mersch-Sundermann V., Angerer J. ; Phthalates: Toxicology and exposure ; *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 210(5) [2007]: 623-634.

Megri A.C., Haghghat F. ; Zonal modeling for simulating indoor environment of buildings: Review, recent developments, and applications ; *HVAC&R Research*, 13(6) [2007]: 887-905.

Axley J. ; Multizone airflow modeling in buildings: History and theory ; *HVAC&R Research*, 13(6) [2007]: 907-928.

Liu X., Zhai Z. ; Inverse modeling methods for indoor airborne pollutant tracking: literature review and fundamentals ; *Indoor Air*, 17(6) [2007]: 419-438.

Nazaroff W.W. ; Inhalation intake fraction of pollutants from episodic indoor emissions ; *Building and Environment*, 43(3) [2008]: 269-277.

Aronson D.B., Bosch S., Gray D.A. *et al.* ; A comparative human health risk assessment of p-dichlorobenzene-based toilet rimblock products versus fragrance/surfactant-based alternatives ; *Journal of Toxicology and Environmental Health-Part B-Critical Reviews*, 10(7) [2007]: 467-526.

Genuis S.J. ; Clinical medicine and the budding science of indoor mold exposure ; *European Journal of Internal Medicine*, 18(7) [2007]: 516-523.

Etzel R.A. ; Indoor and outdoor air pollution: Tobacco smoke, moulds and diseases in infants and children ; *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 210(5) [2007]: 611-616.

Emmelin A., Wall S. ; Indoor air pollution - A poverty-related cause of mortality among the children of the world ; *Chest*, 132(5) [2007]: 1615-1623.

Noonan C.W., Ward T.J. ; Environmental tobacco smoke, woodstove heating and risk of asthma symptoms ; *Journal of Asthma*, 44(9) [2007]: 735-738.

Eggleston P.A. ; The environment and asthma in US inner cities ; *Chest*, 132(5) [2007]: 782S-788S.

Platts-Mills T., Leung D.Y.M., Schatz M. ; The role of allergens in asthma ; *American Family Physician*, 76(5) [2007]: 675-680.

Breitenbach M. ; The spectrum of fungal allergy ; *International Archives of Allergy and Immunology*, 145(1) [2008]: 58-86.

Seltzer J.M., Fedoruk M.J. ; Health effects of mold in children ; *Pediatric Clinics of North America*, 54(2) [2007]: 309-333.

Eriksen M., Chaloupka F. ; The economic impact of clean indoor air laws ; *Cancer Journal for Clinicians*, 57(6) [2007]: 367-378.



## INFORMATIONS DIVERSES

---

### Thèse

#### Syndrome des bâtiments malsains. À propos d'un cas, proposition de prise en charge

Décrit dès les années 70, puis défini en 1983 par l'OMS\*, le syndrome des bâtiments malsains, ou *sick building syndrome* (SBS), correspond à un ensemble de symptômes non spécifiques, incluant sensation d'irritation de la peau, des yeux, des voies aériennes supérieures et inférieures, céphalées, fatigue et troubles de la concentration, temporellement liés à la présence dans certains locaux non industriels.

Dans le cadre d'une thèse de médecine soutenue le 25 octobre 2007, un état des connaissances relatives au SBS a été réalisé. Puis, un cas survenu au sein

d'un établissement administratif (tribunal de grande instance) a été décrit et analysé. Les difficultés de gestion de ce phénomène résultant de l'interaction de facteurs environnementaux et psycho-sociaux ont été recensés et, sur cette base, une démarche structurée de prise en charge a été proposée à destination des professionnels de santé confrontés à des salariés présentant des manifestations attribuées à leur environnement de travail.

➔ Pour plus d'informations, contacter Nadia NIKOLOVA : [nadia.nikolova@lrh.aphp.fr](mailto:nadia.nikolova@lrh.aphp.fr)

---

### Sur le web

Chaque semaine depuis le **31 décembre 2007**, la **Régie autonome des transports parisiens (RATP)** rend publics sur son site Internet les résultats de la surveillance de la **qualité de l'air dans ses espaces ferroviaires souterrains**. Ainsi, sont disponibles les concentrations moyennes horaires en oxydes d'azote (NO et NO<sub>2</sub>), PM<sub>10</sub>\* et

dioxyde de carbone, la température et l'humidité relative, mesurées au niveau des trois stations qui constituent le réseau de surveillance, à savoir Châtelet (ligne 4 du métro), Franklin D. Roosevelt (ligne 1) et Auber (RER A).

➔ <http://www.ratp.fr/corpo/air/index.shtml>

---

Les **Associations agréées pour la surveillance de la qualité de l'air (AASQA)** ont récemment publié les rapports d'étude suivants, concernant :

- la qualité de l'air dans les **écoles et crèches**. **L'Air de l'Ain et des Pays de Savoie, AMPASEL, ATMO Drôme-Ardèche, ASCOPARG et COPARLY** ont réalisé des mesures d'**aldéhydes** (7 composés) dans 28 écoles maternelles et 22 crèches de la région Rhône-Alpes, choisies aléatoirement, soit un total de 150 salles (classes, dortoirs, salles de bains ou d'activités...). Quatre campagnes de mesure d'une semaine chacune (tubes passifs exposés du lundi matin au vendredi soir) se sont échelonnées entre **juin 2006 et mars 2007**, couvrant les quatre saisons. La répétabilité des mesures en un point donné, la représentativité de la qualité de l'air moyenne sur 4,5 jours par rapport à la QAI\* pendant les périodes de présence des enfants, ainsi que l'évolution annuelle des concentrations moyennes hebdomadaires dans une salle de classe ont en outre été spécifiquement étudiées grâce à des

mesurages dédiés complémentaires. La concentration intérieure moyenne en formaldéhyde mesurée dans les écoles, toutes saisons confondues, s'est avérée significativement supérieure à celle mesurée dans les crèches (24,1 µg/m<sup>3</sup> *versus* 18,6 µg/m<sup>3</sup>). La concentration intérieure moyenne en acétaldéhyde était du même ordre de grandeur et inférieure à 10 µg/m<sup>3</sup> dans les deux types d'établissement. S'agissant du suivi temporel, il ressort qu'au moins deux campagnes de mesure sont *a priori* nécessaires pour approcher de façon satisfaisante la moyenne annuelle, les écarts à la moyenne n'étant pas négligeables lorsqu'une seule campagne est considérée. Par ailleurs, l'**ASPA** a également réalisé en **novembre 2007** des mesures de concentrations en **aldéhydes** (prélèvement actif 2 heures et tubes passifs exposés 48 heures) dans une école strasbourgeoise ayant déjà fait l'objet de mesures, afin d'étudier l'évolution de la QAI\* notamment après l'installation en 2004 d'une ventilation mécanique contrôlée ;

- **L'influence de la pollution extérieure** liée au trafic routier sur la qualité de l'air dans les bâtiments avoisinant une voie de circulation. Ces travaux s'inscrivent dans le cadre d'une étude s'intéressant à la dispersion de la pollution atmosphérique en fonction des aménagements urbains (densité du bâti notamment). En **octobre / novembre 2006, AIRPARIF** et le **Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris (LHVP)** ont mesuré les concentrations intérieures en **oxydes d'azote (NO et NO<sub>2</sub>), benzène et PM<sub>2,5</sub>\*** à différents étages de six bâtiments en bordure du périphérique parisien (immeubles d'habitations, maison de retraite, collège...). L'abattement des concentrations en NO<sub>2</sub> est globalement montré. En revanche, pour le monoxyde d'azote et le benzène, les concentrations intérieures sont voisines des niveaux mesurés dans l'air extérieur. La mesure de la concentration en sulfates de la fraction PM<sub>2,5</sub>\* (4 prélèvements de 48 heures) montre que 90 % des PM<sub>2,5</sub>\* à l'intérieur sont d'origine extérieure ;

- la qualité de l'air dans les salles de locaux variés (**bibliothèque, maison de retraite, laboratoire d'imagerie médicale**) où des plaintes avaient été rapportées. L'ASPA a procédé à des analyses d'aldéhydes et de COV\*.

Enfin, on peut signaler que l'ASPA consacre un dossier de son **magazine Report'air** au thème de la QAI\*.

**Mesure des aldéhydes dans l'air intérieur des écoles maternelles et des crèches de la région Rhône-Alpes**, AIR-APS, AMPASEL, ATMO Drôme-Ardèche, ASCOPARG, COPARLY, Étude financée par la DRASS Rhône-Alpes ; Décembre 2007 – 44 pages

→ <http://www.atmo-rhonealpes.org>

Une enquête médicale et environnementale a été effectuée en **2007** par la **Direction départementale des affaires sanitaires et sociales de la Creuse**, pour documenter les **intoxications oxycarbonées** survenues dans le département du 22 au 28 janvier 2007, période durant laquelle des chutes de neige avaient occasionné des coupures d'électricité. L'enquête environnementale visait à rechercher les causes précises de l'intoxication et à faire effectuer les travaux nécessaires, tandis que le volet médical était destiné à obtenir un descriptif clinique des personnes intoxiquées et les modalités de leur prise en charge. Douze foyers d'intoxication au CO ont été recensés sur une période de trois jours affectant 32 personnes au total. Parmi les causes d'intoxications, neuf correspondent à l'utilisation

**Caractérisation de la qualité de l'air à proximité des voies à grande circulation, Premier volet : Campagne de mesure portant sur le Boulevard périphérique au niveau de la porte de Gentilly**, AIRPARIF-LHVP ; Février 2008 – 96 pages

→ [http://www.airparif.asso.fr/airparif/pdf/Rgentilly\\_volet1.pdf](http://www.airparif.asso.fr/airparif/pdf/Rgentilly_volet1.pdf)

**Campagne de mesure de la qualité de l'air en atmosphère intérieure, École Élémentaire Jacqueline – Strasbourg**, Rapport relatif à la campagne de mesure qui s'est déroulée du 12 au 14 novembre 2007, rapport référencé ASPA 07120701-ID ; Décembre 2007 – 17 pages

**Suivi de la qualité de l'air en atmosphère intérieure dans les locaux de la bibliothèque de l'INSA après travaux**, Rapport relatif à la campagne de mesure du 03 au 04 avril 2007, rapport référencé ASPA 07050901-ID ; Mai 2007 – 11 pages

**Campagne de mesure de la qualité de l'air intérieur dans les chambres expérimentales du Laboratoire d'imagerie et de neurosciences cognitives à Strasbourg**, rapport relatif à la campagne de mesure qui s'est déroulée du 10 au 12 juillet 2007, Rapport référencé ASPA 07080701-ID ; Août 2007 – 18 pages

**Campagne de mesure de la qualité de l'air intérieur dans les locaux de la maison de retraite Bethesda-Contades**, Rapport relatif à la campagne de mesure qui s'est déroulée du 06 au 08 novembre 2007, rapport référencé ASPA 07120601-ID ; Décembre 2007 – 12 pages

→ <http://www.atmo-alsace.net/> Rubriques *Publications > Rapports à télécharger > Air intérieur*

d'un groupe électrogène, deux à l'usage d'un poêle à pétrole et une à l'usage d'une gazinière. Les auteurs soulignent ainsi l'attention qu'il convient de porter à l'avenir aux groupes électrogènes, dont l'utilisation est de plus en plus fréquente lors de coupures électriques.

**Intoxications au monoxyde de carbone au cours de la période des intempéries de neige en Creuse, France, Janvier 2007**, Institut de veille sanitaire, Bulletin épidémiologique hebdomadaire, 8 janvier 2008 / n°2

→ [http://www.invs.sante.fr/beh/2008/02/beh\\_02\\_2008.pdf](http://www.invs.sante.fr/beh/2008/02/beh_02_2008.pdf)

Dans le cadre d'un projet visant à mieux connaître l'exposition de la population aux facteurs de risque environnementaux (projet SISENV), l'**Observatoire régional de santé du Nord – Pas-de-Calais** s'est intéressé à l'**impact sanitaire des conditions de logements** dans la région. Plus particulièrement, les données disponibles auprès de l'Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE) ont été traitées pour étudier la faisabilité d'une approche territoriale des paramètres du logement susceptibles d'avoir une influence sur la santé. Si ces données permettent effectivement de repérer des zones géographiques de logements « dégradés » (au regard de certains critères d'insalubrité comme le taux d'occupation du logement, les équipements sanitaires...), portant potentiellement atteinte à la santé des occupants (saturnisme infantile potentiel, par exemple, en fonction de la présence d'enfants dans le logement

et la date de construction de ce dernier), les auteurs en soulignent néanmoins les limites (découpage géographique inadapté pour les zones moins peuplées, approche grossière, ancienneté des données...). Des perspectives de collecte et de développement d'autres indicateurs, exploitant, par exemple, les données des fichiers fiscaux et fonciers FILOCOM ou intégrant spécifiquement des données de pollution de l'air intérieur, sont identifiées par les auteurs.

**Logement et santé dans la région Nord – Pas-de-Calais : indicateurs pertinents pour une meilleure connaissance des situations locales**, Prouvost H. et Declercq C., ORS Nord – Pas-de-Calais ; Décembre 2007 – 42 pages

➔ [http://orsnpdc.gapi.fr/etudes/148807\\_1logement.pdf](http://orsnpdc.gapi.fr/etudes/148807_1logement.pdf)

À l'heure des politiques de réduction des consommations énergétiques, en particulier dans le secteur résidentiel, le **puits canadien / provençal** peut être une solution intéressante. Ce dispositif, de type géothermique, utilise l'énergie présente dans le sol à proximité de la surface pour chauffer ou refroidir l'air neuf de ventilation des bâtiments (on parle alors respectivement de puits canadien ou puits provençal). Cependant, un puits mal conçu, mal dimensionné ou mal utilisé peut poser des problèmes de la qualité d'air intérieur, en plus d'être inefficace. Le guide publié en **janvier 2008** par le **Centre technique des industries aérauliques et thermiques (CETIAT)** est un outil d'information et de sensibilisation à la conception, au dimensionnement et à l'installation de tels puits.

Après une présentation du concept et des notions théoriques de conductivité thermique et de capacité calorifique du sol, le guide fournit des conseils pour le dimensionnement et la mise en œuvre du puits, l'évacuation des condensats, la régulation de la ventilation et la connexion au système de ventilation du bâtiment. Des offres de produits actuellement sur le marché sont présentées en annexe.

**Les puits canadiens / provençaux : guide d'information**, Heintz J. avec la collaboration d'industriels de la commission technique ventilation du Centre technique des industries aérauliques et thermiques (CETIAT) ; Janvier 2008 – 32 pages

➔ <http://www.cetiat.fr/>, Rubriques *Publications / Veille > Servez-vous > Guides pratiques*

Le rapport parlementaire sur les risques chimiques au quotidien publié en **janvier 2008** par l'**Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST)** répondait à deux saisines de décembre 2004, respectivement relatives aux **éthers de glycol** et aux **polluants issus des produits de grande consommation** impactant la QAI\*. Après une première partie générale de présentation des composantes de la problématique liée à ces polluants chimiques, les éthers de glycol sont abordés spécifiquement, puis la pollution de l'air intérieur est décrite selon les milieux considérés par les rapporteurs (« boîtes à vivre », « boîtes à voyager » et « boîtes à loisirs »). La dernière partie fait le point des actions de recherche, de veille, d'alerte et d'expertise en France. Une liste de recommandations en 14 points est établie à l'issue du rapport.

Les comptes-rendus des 90 auditions réalisées par la mission parlementaire font l'objet d'un second tome du rapport.

**Risques chimiques au quotidien : éthers de glycol et polluants de l'air intérieur. Quelle expertise pour notre santé ?** Blandin M-C., Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, Rapport Sénat n°176 et Assemblée Nationale N°629 ; 23 janvier 2008 – 354 pages (Tome I) et 505 pages (Tome II)

➔ <http://www.senat.fr/rap/r07-176-1/r07-176-11.pdf> (conclusions) et <http://www.senat.fr/rap/r07-176-2/r07-176-21.pdf> (comptes-rendus des auditions)

L'**Institut flamand de recherche technologique (VITO)** a réalisé pour le compte de la Commission européenne **un état des connaissances scientifiques** sur les polluants de l'air intérieur et les politiques publiques des États Membres pour la surveillance des espaces clos. Le rapport, publié en **novembre 2007**, s'inscrit dans le cadre du plan d'action Environnement – Santé 2004-2010 de la Commission et doit constituer un support pour la définition des futures politiques européennes.

Neuf messages clés sont proposés par les auteurs à l'issue de ce travail de synthèse. Tout d'abord, ils estiment qu'un consensus existe désormais s'agissant des polluants prioritaires et des paramètres de l'air intérieur ; ce sont la fumée de tabac environnementale, le formaldéhyde, le monoxyde de carbone, les particules (PM<sub>2,5</sub>\* et PM<sub>10</sub>\*), le dioxyde d'azote, le benzène, le naphthalène, les moisissures, les allergènes d'acariens, l'humidité, le CO<sub>2</sub> (indicateur de la ventilation) et le radon. Le développement de valeurs guides de qualité d'air intérieur ou de lignes directrices pour garantir cette dernière est nécessaire. Un protocole européen harmonisé pour la caractérisation de la pollution chimique et de la ventilation dans les écoles doit être établi. La surveillance de la pollution microbiologique dans les hôpitaux et les établissements de soin et de résidence pour les personnes âgées doit être encouragée par les États Membres. En revanche, des connaissances sont encore nécessaires sur l'impact sanitaire lié aux

expositions ponctuelles à des fortes concentrations dans les infrastructures de transport avant de mettre en place une surveillance systématique. La problématique des moisissures et de l'humidité dans l'habitat privé doit être également prise en charge, les modalités en restant à définir. Par ailleurs, des campagnes de communication doivent être réalisées pour réduire les expositions des enfants à la fumée de tabac au domicile. S'agissant de la caractérisation des émissions des matériaux et produits, les protocoles de tests et les labels existants doivent être harmonisés sur la base des outils normatifs déjà disponibles. En matière de politique européenne, les différentes directives existantes en lien avec la QAI\* devraient être fondues dans un cadre commun intégrant notamment des valeurs guides ou limites de QAI\*. Enfin, les travaux de recherche, notamment les études épidémiologiques et le biomonitoring, doivent être initiés sur la base de protocoles harmonisés de caractérisation des expositions (modélisation et/ou mesure).

**Ranking indoor air health problems using health impact assessment**, Final report, De Brouwere K., Goelen E., Spruyt M. and Torfs R., VITO, Contract 061651 for the EC, DG Environment, ref 2007/IMS/R/394 ; November 2007 – 41 pages + 182 pages (annexes)

➔ [http://ec.europa.eu/environment/health/pdf/report\\_nov\\_2007.pdf](http://ec.europa.eu/environment/health/pdf/report_nov_2007.pdf)

---

L'**Institut de santé environnementale des Pays-Bas (RIVM)** a publié **fin 2007** la mise à jour de **valeurs guides de QAI\*** d'une liste de polluants et agents chimiques, biologiques et physiques de l'environnement intérieur. Basées exclusivement sur des critères sanitaires, en l'occurrence les valeurs toxicologiques de référence développées par l'Institut, et concernant uniquement l'exposition par inhalation, les valeurs guides sont proposées pour 33 composés chimiques individuels, 5 mélanges de composés chimiques, l'amiante, les fibres minérales artificielles, les PM<sub>10</sub>\*, les PM<sub>2,5</sub>\* et le bruit. Les biocontaminants et le radon ont été considérés, mais eu égard des connaissances actuelles, il n'a pas été possible de proposer de valeurs quantitatives. La sélection des polluants et agents étudiés a été basée sur leur présence connue dans les logements. Des composés chimiques comme les pesticides, les retardateurs de flamme et les phtalates n'ont cependant pu être considérés, en l'absence de données suffisantes, malgré leur intérêt sanitaire. Les auteurs précisent que, bien que proposées pour les logements, ces valeurs peuvent néanmoins être utilisées dans les écoles et les bureaux. Elles restent indicatives et leur statut doit désormais être arbitré par les Autorités, notamment par le biais de leur intégration dans les futures politiques publiques.

Par ailleurs, comme évoqué dans le bulletin *Info Santé Environnement Intérieur* N°18, le **bureau Europe de l'OMS\*** établit actuellement des valeurs guides et lignes directrices de qualité d'air intérieur. Trois groupes de polluants ont été identifiés : substances chimiques, agents biologiques et polluants émis par la combustion de biomasse dans les pays en voie de développement. À ce jour, les premiers travaux ont porté sur **les moisissures et l'humidité**. De premiers éléments, notamment la synthèse des connaissances sur les effets sanitaires associés et les recommandations de l'OMS\*, sont fournis dans un document rapportant les échanges du groupe d'experts réunis en **octobre 2007**.

**Health-based guideline values for the indoor environment**, Dusseldorp A., van Bruggen M., Douwes J. *et al.*, RIVM report 609021044/2007 ; 2007 – 97 pages

➔ <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/609021044.pdf>

**Development of WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould**, Report on a working group meeting, Bonn, Germany, 17-18 October 2007, World Health Organization, Regional Office for Europe ; 2008 – 17 pages

➔ <http://www.euro.who.int/Document/E91146.pdf>



---

Les premiers résultats de la quatrième phase de la *German Environmental Survey* (GerES IV), étude conduite par l'Agence allemande de l'environnement (**Umweltbundesamt**) ont été publiés en **janvier 2008**. Exclusivement consacré aux enfants (1 790 enfants de 3 à 14 ans, résidant dans 150 villes allemandes ont été suivis), ce quatrième volet s'est déroulé de mai 2003 à mai 2006. Pour l'instant, seules les données de la métrologie environnementale sont disponibles, à savoir les résultats des analyses de **pesticides et polychlorobiphényles** dans les poussières collectées dans les sacs d'aspirateur de 600 domiciles, les concentrations intérieures en **COV\*** (14 alcanes, 16 aromatiques, 4 halogénés, 19 oxygénés et 5 terpènes ; n = 555) et en **aldéhydes** (15 molécules ; n = 586) mesurées dans la pièce du domicile la plus fréquentée par l'enfant (sa chambre dans 95 % des cas). Bien que le pentachlorophénol, le DDT et le lindane soient désormais interdits, ils sont néanmoins détectés respectivement dans 83, 39 et 27 % des échantillons de poussières domestiques.

L'Agence allemande de l'environnement a également publié les résultats des **tests d'émission de COV\* de 50 produits de construction et de décoration** suivant le protocole allemand AgBB de caractérisation expérimentale de telles émissions.

**Hausstaub, Stoffgehalte im Hausstaub aus Haushalten mit Kindern in Deutschland, Kinder-Umwelt-Survey 2003/06 – KUS**, Müssig-Zufika M., Becker K., Conrad A. *et al.*, Umweltbundesamt, ISSN 1862-4340 ; Janvier 2008 – 51 pages

➔ <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3356.pdf>

**Vergleichswerte für flüchtige organische Verbindungen (VOC und Aldehyde) in der Innenraumluft von Haushalten in Deutschland**, Ergebnisse des repräsentativen Kinder-Umwelt-Surveys (KUS) des Umweltbundesamtes, Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, 51 [2008]: 109-112 (4 pages)

➔ <http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit/survey/publikationen/KUS-VOC-Innenraumluft-2008.pdf>

**Umwelt- und Gesundheitsanforderungen an Bauprodukte, Ermittlung und Bewertung der VOC-Emissionen und geruchlichen Belastungen**, Horn W., Jann O., Kasche J. *et al.*, Umweltbundesamt, ISSN 1862-4804 ; Mars 2007 – 394 pages

➔ <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3197.pdf>

---

Aux États-Unis, la **School Health Policies and Programs Study** (SHPPS) est une enquête nationale périodique, conduite tous les six ans par le Centre national de prévention des maladies chroniques et de promotion de la santé (*National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion*). Elle vise à identifier et évaluer les politiques publiques et les pratiques de terrain en faveur de la **qualité de la vie scolaire** et de l'éducation à la santé, en place aux niveaux des États, des districts et des établissements scolaires, de l'école élémentaire au lycée. Un volet concerne spécifiquement la qualité de l'air intérieur.

Ainsi, les résultats de la troisième édition de l'enquête, en date de **2006**, montrent que 20,5 % des États américains demandent la mise en place d'un programme de management de la QAI\* dans les établissements, à savoir l'instauration d'un planning d'actions visant à maintenir une qualité de l'air intérieur satisfaisante d'une part et à résoudre les problèmes sanitaires en lien possible avec une dégradation de la QAI\* d'autre part. 35,4 % des districts et 51,4 % des établissements disposent effectivement d'un tel programme. Concernant plus spécifiquement la ventilation, 37,3 % des districts stipulent que chaque établissement satisfasse aux critères de la norme de référence de l'*American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers* (ASHRAE). En 2006, 50,3 % des établissements étaient parvenus à atteindre cet objectif durant les douze mois précédents.

➔ <http://www.cdc.gov/HealthyYouth/shpps/index.htm>

Dans un contexte de menace terroriste biologique ou chimique, l'Agence américaine de recherche appliquée à la défense (*Defense Advanced Research Projects Agency*) a mis en place un programme sur **la sécurité des bâtiments**. Afin d'analyser les résultats de ces travaux, un comité du *National Research Council* a été constitué avec pour objectif de proposer des analyses coûts-bénéfices des différentes options de protection des bâtiments et d'émettre des recommandations pour leur mise en œuvre. Le rapport publié en 2007 rassemble les éléments d'aide à la décision : niveaux de protection des bâtiments à atteindre selon le degré de menace, composants déterminants de cette protection (ventilation, filtration, détection...), moyens d'évaluation des dispositifs, perspectives...

Le comité de toxicologie du *National Research Council* a été mandaté par l'armée américaine pour expertiser les **valeurs limites de qualité de l'air des sous-marins**. Le rapport publié en 2007 fournit ainsi l'analyse des valeurs guides disponibles pour des expositions de 1 heure, 24 heures ou

90 jours, pour 10 composés (acroléine, monoxyde de carbone, dioxyde de carbone, formaldéhyde, hydrazine, méthanol, monoéthanolamine, acide nitrique, dioxyde d'azote et oxygène). Au besoin, de nouvelles valeurs ont été proposées.

**Protecting building occupants and operations from biological and chemical airborne threats: A framework for decision making**, Committee on protecting occupants of DOD buildings from chemical and biological release, National Research Council, ISBN 978-0-309-10955-0 ; 2007 – 152 pages

➔ <http://books.nap.edu/catalog/11965.html>

**Emergency and continuous exposure guidance levels for selected submarine contaminants**, Subcommittee on emergency and continuous exposure guidance levels for selected submarine contaminants, Committee on Toxicology, National Research Council, ISBN 978-0-309-09225-8 ; 2007 – 316 pages

➔ <http://books.nap.edu/catalog/11170.html>

### **Bilan de la veille scientifique du réseau RSEIN, Année 2007**

722 articles collectés

41 articles ont fait l'objet d'une analyse critique dans le bulletin

La base de données du réseau RSEIN comptait 3 531 références fin décembre 2007.

## **GLOSSAIRE**

**CFD** : *Computational Fluid Dynamics*

**COV** : Composés Organiques Volatils

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

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé

**OR** : *Odd Ratio*

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

**QAI** : Qualité de l'Air Intérieur

**UFC** : Unité Formant Colonie

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

Directeur de la publication : Vincent Lafèche

Directeur de la rédaction : André Cicolella

Comité de rédaction du N°22 : Desqueyroux H., Guilloisou G., Mandin C., Ramalho O. et Révêlat E. , avec la participation de Festy B. et Le Moullec Y.

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

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

ISSN : En cours

Le réseau RSEIN, en relation avec l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur, est constitué de représentants des structures suivantes : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie, Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique et ses comités régionaux Nord-Pas de Calais et PACA-Marseille, ATMO Poitou-Charentes représentant les Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, Complexe de Recherche Interprofessionnel en Aérothermochimie, École des Hautes Études en Santé Publique, Faculté de Pharmacie de Marseille, Faculté de Pharmacie de Paris V, Hôpitaux de Rouen, Hôpitaux de Strasbourg, Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, Institut de Recherches sur la Catalyse et l'Environnement de Lyon, Institut Technologique Forêt, Cellulose, Bois et Ameublement, Institut de Veille Sanitaire, Laboratoire Central de la Préfecture de Police de Paris, Laboratoire d'Étude des Phénomènes de Transfert et de l'Instantanéité : Agro-industrie et Bâtiment, Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris, Laboratoire du Génie de l'Environnement Industriel – antenne de Pau de l'École des Mines d'Alès, MEDIECO, Observatoire Régional de Santé d'Ile-de-France, SEPIA-Santé, Service des Études Médicales de EDF-Gaz de France, Université Bordeaux II – Équipe EA 3672 Santé Travail Environnement, Université de Caen, Vincent Nedellec Conseils.

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