



Info Santé Environnement Intérieur

N°21
Décembre 2007

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

ÉDITO

Face aux défis énergétiques, la qualité de l'air intérieur oubliée du Grenelle de l'environnement ?

La qualité de l'air est un déterminant majeur de la santé respiratoire et cardio-vasculaire. L'espérance de vie est étroitement corrélée aux performances des fonctions pulmonaire et cardiaque. Sachant que nous passons 80 % de temps à l'intérieur (habitat, bâtiments professionnels, lieux recevant du public...), la qualité de l'air dans ces environnements doit donc bénéficier d'une surveillance attentive. Depuis la mise en place de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur, aux travaux duquel les membres de notre réseau contribuent largement, les caractéristiques physique, chimique et microbiologique de l'air intérieur commencent à se préciser. D'un point de vue sanitaire, celles-ci ne sont pas meilleures que celles de l'air extérieur et, pour certains polluants comme les aldéhydes, la situation est certainement moins bonne. Les résultats de la première campagne nationale de mesure dans les logements montrent également une grande diversité de polluants aux propriétés toxiques diverses.

Outre les enjeux sanitaires indéniables, l'air intérieur des bâtiments est aussi sous la pression des défis énergétiques à venir. Ils sont au nombre de trois : l'indépendance énergétique du pays, la fin des réserves de pétrole et la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Pour ces trois défis, l'efficacité énergétique des bâtiments fait partie des bonnes réponses. En effet, s'il est un domaine en France où le potentiel de réduction des consommations est à la mesure des enjeux énergétiques, c'est bien le bâtiment. En 2005, la France comptait 30,7 millions de logements (dont 25 millions de résidences principales), avec environ 300 000 logements neufs construits dans l'année, soit un taux de renouvellement de 1 %. La même année, le résidentiel / tertiaire était le premier secteur de consommation finale d'énergie avec 68,2 Mtep sur un total national de 160,6 Mtep, soit environ 43 % ; en comparaison, la part du transport était de 31 %, celle de l'industrie de 24 % et celle de l'agriculture de seulement 2 %. Le bâtiment est de plus le seul secteur dont la consommation totale, corrigée des variations climatiques, est en augmentation (+ 0,6 %). En 2005, la répartition moyenne de la consommation d'énergie des résidences principales était de 65,7 % pour le chauffage, de 11,8 % pour l'eau chaude, de 6,8 % pour la cuisson des aliments et de 15,7 % pour les usages spécifiques. Ces chiffres démontrent, s'il en était besoin, que c'est dans le parc existant et dans l'isolation de l'enveloppe du bâti que les plus importants efforts d'investissement doivent être consentis.

Les débats du Grenelle de l'environnement n'ont pas manqué d'évoquer ces faits. Pour le groupe de pilotage « santé environnement », il faut principalement : 1) rendre obligatoire l'étiquetage des matériaux de construction et interdire l'usage des Cancérogènes, Mutagènes et Reprotoxiques (CMR) de catégories 1 et 2, 2) soumettre la réception des bâtiments à l'application des réglementations en matière d'aération, de ventilation et d'acoustique, 3) mettre en place un système de mesure et d'information sur la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public. Pour le groupe de pilotage « changement climatique », l'ambition n'est pas moins grande : 1) anticiper le passage à la THPE (Très Haute Performance Énergétique), puis, en 2020, généraliser les logements neufs à énergie passive ou positive, 2) accompagner la rénovation thermique dans l'existant d'un grand plan de formation professionnelle adapté aux besoins spécifiques de cette rénovation, 3) fixer d'ici à 12 ans des objectifs d'économie d'énergie à -38 % pour le bâtiment et à -20 % pour le transport / la mobilité, 4) élaborer un plan de mobilisation de la biomasse et de la chaleur renouvelable (création d'un fond) et un plan national « bâtiments soleil » (intégration du solaire au bâti).

Suite en page 2

Vincent NEDELLEC, Directeur Général de VNC

Dans son discours du 25 octobre, le Président de la République a parlé, entre autres, d'une politique d'investissement massif pour la recherche et d'une autre dans le bâtiment, aussi massive. Nous en sommes à la définition des groupes opérationnels notamment pour la préparation d'un Plan National Santé Environnement 2 (PNSE 2) et pour la mise en œuvre des conclusions du Grenelle de l'environnement dans le domaine de la recherche. Je ne me livrerais pas au jeu des prédictions sur la traduction dans le réel de ces belles intentions.

Si le Grenelle de l'environnement a une vertu, c'est bien d'avoir mobilisé les consciences sur les défis à venir et de les avoir éclairées sur notre niveau de préparation aux changements qu'ils imposent. En revanche, il n'a pas brillé par sa prise en compte des relations complexes entre les différentes problématiques abordées. Par exemple, dans le domaine de la qualité de l'air intérieur, n'est pas évoqué l'antagonisme possible entre isolation et qualité de l'air. L'isolation thermique des bâtiments pourrait en effet conduire à réduire les apports d'air extérieur. Il faut donc penser aux systèmes permettant de recycler l'air et/ou d'échanger les calories entre l'air extérieur et l'air intérieur. Les premiers peuvent être consommateurs d'énergie, les seconds ne sont pas encore assez efficaces pour garantir en même temps un rendement important et un air sain. Des efforts de recherches fondamentales et appliquées sont indispensables. La lettre de mission adressée par le ministre d'état Jean-Louis Borloo et ses secrétaires d'état Nathalie Kosciusko-Morizet et Dominique Bussereau à Marion Guillou, présidente directrice générale de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA), nommée responsable du groupe opérationnel « recherche », précise que ce dernier est chargé de prévoir la répartition d'une enveloppe d'un milliard d'euros sur quatre ans pour les programmes de recherche dédiés aux thématiques du Grenelle !

Voilà donc une mission très intéressante pour les membres du réseau RSEIN en 2008, mobilisons nos forces, nos compétences et nos réseaux pour faire en sorte que cette répartition du « milliard d'euros » comprenne le développement des connaissances sur les moyens d'améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments sans détériorer, voire même en améliorant la qualité de l'air intérieur. Chacun dans son domaine, j'en suis convaincu, trouvera là matière à réflexion et force de proposition. Je vous souhaite mes meilleurs vœux pour une année 2008 pleine de projets innovants et mobilisateurs !

Vincent NEDELLEC, Directeur Général de VNC

ADEME. Les chiffres clés du bâtiment, Énergie environnement, Données et références 2006, 100 p. Disponible à : <http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=12612>

Grenelle de l'environnement. Groupe III – Instaurer un environnement respectueux de la santé. Rapport septembre 2007, 100 p. Disponible à : <http://www.legrenelle-environnement.fr/grenelle-environnement/spip.php?rubrique1>

Grenelle de l'environnement. Groupe I – Lutter contre les changements climatiques et maîtriser l'énergie. Rapport septembre 2007, 108 p. Disponible à : <http://www.legrenelle-environnement.fr/grenelle-environnement/spip.php?article214>

SOMMAIRE

Substances → p2 ; Lieux de vie → p9 ; Effets sanitaires → p12 ; Expologie – Évaluation des risques → p14 ; Informations diverses → p19

Les astérisques renvoient aux termes du glossaire. → p26

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 des émissions de particules par les imprimantes de bureau

Source : He C., Morawska L., Taplin L. ; Particle emission characteristics of office printers ; Environmental Science & Technology, 41(17) [2007], 6039-6045.

Article analysé par : Olivier RAMALHO, Centre scientifique et technique du bâtiment – CSTB ; olivier.ramalho@ctsb.fr

L'utilisation d'imprimantes est devenue une activité quotidienne pour une grande majorité de personnes, que ce soit au bureau ou chez soi. Les imprimantes représentent une source potentielle de polluants tels que les composés organiques volatils, l'ozone et les particules. Les quelques études aujourd'hui disponibles montrent de grandes différences dans

les émissions observées selon les modèles d'imprimantes. L'objectif de cette étude est de caractériser les émissions des 62 imprimantes et copieurs présents dans un immeuble de bureaux et de déterminer leur impact global sur la concentration en nombre de particules submicroniques.

Cette étude australienne se déroule en 3 étapes :

- 1) suivi de la concentration en nombre de particules sur 48 heures dans un *open space* de 120 m² (22 bureaux individuels) situé au quatrième étage d'un bâtiment non fumeur à Brisbane. La mesure est réalisée avec un compteur de noyaux de condensation (TSI CPC 3022) mesurant le nombre total de particules d'un diamètre compris entre 0,007 et 3 µm toutes les 20 secondes. Parallèlement, une mesure à l'extérieur (même étage) est réalisée par l'intermédiaire d'un analyseur de mobilité électrique (TSI SMPS 3934) comptant et classant par taille les particules de diamètre compris entre 0,015 et 0,737 µm avec un pas de temps de 180 secondes.
- 2) mesure *in situ* des émissions des 62 imprimantes et copieurs présents dans le bâtiment à l'aide d'un compteur de noyaux de condensation (TSI 8525 P-Track) comptant toutes les secondes l'ensemble des particules de diamètre compris entre 0,02 et 1 µm et d'un compteur optique (TSI 8520 DustTrak) calibré pour mesurer la concentration en PM_{2,5}* toutes les 10 secondes. Les instruments de mesure sont placés 50 cm au-dessus des imprimantes en fonctionnement (impression d'une page). La durée d'un test varie entre 2 et 3 minutes. Le rapport R entre la concentration maximale et la concentration de fond (imprimante éteinte) est utilisé pour classer les appareils (R ≤ 1 : non émetteur de particules ; 1,1 < R < 5 : émetteur faible ; 5,1 < R < 10 : émetteur moyen ; R > 10 : émetteur élevé).
- 3) caractérisation d'une imprimante de chaque catégorie d'émission, faible, moyenne ou élevée, en enceinte d'essai de 1 m³. Un débit d'air neuf de 2,3 L.min⁻¹ dénué de particules balaie l'enceinte en permanence. L'analyseur de mobilité électrique est utilisé pour ces caractérisations.

La concentration moyenne en nombre de particules est cinq fois plus élevée dans le bâtiment durant les heures de travail par rapport au reste de la journée ($6,5 \pm 8,2 \cdot 10^3$ particules.cm⁻³ contre $1,2 \pm 0,9 \cdot 10^3$ particules.cm⁻³). En comparaison avec l'extérieur, les niveaux intérieurs sont significativement plus élevés durant les heures de travail ($p < 0,01$) et significativement plus faibles le reste de la journée ($p < 0,01$). Certaines imprimantes, mais pas les copieurs, représentent les principales sources de particules responsables de cet écart.

Sur l'ensemble des 62 imprimantes et copieurs testés, 60 % sont classés comme non émetteurs ($R \leq 1$). Des 40 % restants, 27 % des imprimantes sont considérées comme étant des émetteurs élevés ($R > 10$). Un même modèle d'imprimante (HP Laserjet 5) peut être à la fois classé en non émetteur ou émetteur élevé suivant l'appareil testé. Cette variation reste inexplicite. Le Tableau en page suivante liste le classement des imprimantes et copieurs selon le rapport R.

La caractérisation des émissions en enceinte montre une distribution en taille de particules monodispersée avec un diamètre médian en nombre variable de 40 à 76 nm selon les imprimantes. Les particules ultrafines ($\varnothing < 100$ nm) représentent de 73 à 99 % des émissions. Des différences significatives ($p = 0,01$) sont observées selon le modèle d'imprimante, la charge en toner sur la feuille imprimée et l'âge de la cartouche de toner. Les débits d'émission varient de $4 \cdot 10^7$ à $7,6 \cdot 10^{10}$ particules.min⁻¹ pour une charge en toner de 5 %. Porter la charge en toner à 50 % a pour effet de doubler le débit d'émission. Utiliser une cartouche neuve augmente également le débit d'émission par rapport à une cartouche usagée.

Le fonctionnement de certaines imprimantes conditionne le niveau élevé de particules mesuré dans l'immeuble de bureaux. Les processus d'émission de chaque appareil sont des phénomènes complexes encore peu compris. Des recherches sont requises pour comprendre l'influence des différents facteurs sur l'émission en nombre de particules, en particulier le modèle et l'âge de l'appareil, ainsi que la cartouche toner.

Classement des imprimantes et copieurs selon leur émission en nombre de particules (à partir du rapport R de la concentration maximale sur la concentration de fond)

Non émetteurs	Émetteurs faibles	Émetteurs moyens	Émetteurs élevés
HP Color LaserJet 4550DN	Canon IRC6800	HP LaserJet 1020 #	HP Color LaserJet 4650DN
HP Color LaserJet 8500DN	HP LaserJet 5M (3) #	HP LaserJet 4200DTN	HP Color LaserJet 5550DTN
HP LaserJet 2200DN	HP LaserJet 9000DN		HP Color LaserJet 8550N
HP LaserJet 2300DTN	Ricoh CL3000DN		HP LaserJet 1320N (2) #
HP LaserJet 4 plus			HP LaserJet 2420DN
HP LaserJet 4000N			HP LaserJet 4200DTN
HP LaserJet 4000TN			HP LaserJet 4250N (vieux)
HP LaserJet 4050N (2)			HP LaserJet 4250N (neuf)
HP LaserJet 4050TN (6)			HP LaserJet 5 (b)
HP LaserJet 4si			HP LaserJet 8000DN
HP LaserJet 5			HP LaserJet 8150N
HP LaserJet 5000N			Toshiba Studio 450
HP LaserJet 5100TN (2)			
HP LaserJet 5N (2)			
HP LaserJet 5si			
HP LaserJet 5si/nx			
HP LaserJet 8000DN (2)			
HP LaserJet 8150DN (3)			
Mita DC 4060			
Ricoh Aficio 2022			
Ricoh Aficio 3045			
Ricoh Aficio 3245C (3)			
Ricoh Aficio CC3000DN			
Toshiba Studio 350			

appareil testé en enceinte d'essai ; entre parenthèses : nombre d'appareils testés par modèle, à défaut un seul

Commentaires

Cette étude a le mérite d'avoir classé les émissions en particules d'un échantillon conséquent d'imprimantes et copieurs par une méthode simple : l'impression d'une page. Les auteurs reprennent les conclusions de Uhde *et al.* (2006) qui n'observent pas de différence significative entre une impression de 7 et 100 pages ⁽¹⁾. Toutefois, cette observation n'a été faite que sur un seul modèle d'imprimante. Des tests supplémentaires en variant le nombre de pages auraient permis d'étendre cette hypothèse à d'autres modèles. Les conditions aérauliques et métrologiques en chambre d'essai sont peu documentées. Les auteurs s'avancent à comparer les imprimantes selon leur émission de PM_{2,5}* alors que cette donnée est exclusivement basée sur une mesure optique et que les variations observées sont du même ordre de grandeur que la résolution de l'appareil (< 5 µg.m⁻³), autrement dit inexploitable.

Cette étude, bien que difficilement généralisable à d'autres situations, montre que la concentration en particules ultrafines dans l'immeuble de bureaux est conditionnée par une minorité d'imprimantes et non par l'ensemble du parc. Il serait intéressant de vérifier que le changement de ces imprimantes conduit bien à une diminution de la concentration en nombre de particules dans le bâtiment.

La comparaison du cas extrême avec la fumée de tabac, proposée par les auteurs, est un peu

hasardeuse. Une large majorité des émissions de particules par les imprimantes testées reste bien en deçà de celles associées à la fumée de tabac.

Suite à la publication de cet article, la société Hewlett-Packard a publié un démenti dans lequel elle réfute les conclusions des auteurs et indique qu'à ce jour aucune association n'a été observée entre émissions de particules ultrafines par les imprimantes laser et risques sanitaires ⁽²⁾. La nature et la composition chimique de ces particules ne peuvent être caractérisées de façon précise. Toutefois, il s'agirait, comme nombre de particules ultrafines émises par les produits de consommation courante, de gouttelettes ou condensats créés durant les processus thermiques et non de particules solides individualisées. La société HP reconnaît que les systèmes d'impression émettent des particules, mais que leurs niveaux restent inférieurs aux valeurs limites d'exposition des atmosphères de travail. Elle poursuit actuellement des recherches sur le sujet avec l'appui de *Air Quality Sciences* (États-Unis) et du *Wilhelm-Klauditz-Institut* (Allemagne).

(1) Uhde E., He C., Wensing M. ; Characterization of ultra-fine particle emissions from a laser printer ; Proceedings of Healthy Buildings 2006, Lisbon, Portugal, 4-8 June 2006, Book II, 479-484.

(2) Hewlett-Packard (2007) Printer emissions report from Queensland University of Technology, http://www.hp.com/hpinfo/newsroom/emissions.html?jumpid=reg_R1002_USEN



Source : Tucker K., Stolze J.L., Kennedy A.H., Money N.P. ; Biomechanics of conidial dispersal in the toxic mold *Stachybotrys chartarum* ; Fungal Genetics and Biology, 44(7) [2007]: 641-647.

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

La morphologie de *Stachybotrys chartarum* (Sc) (spores d'assez grande taille rassemblées en agglomérats collants portés sur de courts conidiophores) ne prédispose pas à une pénétration dans l'arbre respiratoire profond et à une dispersion aérienne contrairement à celle des *Penicillium* et des *Aspergillus* (spores sèches, sphériques, de petite taille). L'étude porte sur le comportement de spores de Sc soumises à un flux d'air à faible vitesse, comparable à celle mesurée dans les environnements intérieurs.

La cellule d'essai est l'adaptation d'un mini tunnel aéraulique utilisé dans les années 60 ⁽¹⁾. Le modèle actuel permet une observation en continu de la culture mycélienne (*Stachybotrys chartarum*, *Aspergillus niger*, *Cladosporium sphaerospermum*, *Penicillium chrysogenum*) à l'aide d'un microscope inversé et des essais en pression négative ou positive à une vitesse

comprise entre 0,3 et 1,6 m.s⁻¹. Les spores décrochées par le flux d'air sont récupérées sur des impacteurs (Micro5 Microcell cassette et/ou Cyclex-D impactor cassette) connectés à la sortie de l'air de balayage. Les échantillons sont prélevés régulièrement pendant 5 minutes au cours de l'heure de balayage, puis soumis à un dénombrement par microscopie optique selon un protocole normalisé. Des micromanipulateurs en verre sont fabriqués pour les essais de désassemblage des agglomérats de spores mycéliennes.

Pour toutes les espèces, les conidiophores montrent une élasticité très importante permettant des angles de 45°. Chez Sc, les spores et clusters sont beaucoup plus fermement accrochés à leur conidiophore que pour les autres espèces, quel que soit l'âge de la colonie.

Production de spores par différentes espèces fongiques cultivées sur une plaque de plâtre humide

Espèce	Production moyenne (spores.cm⁻²)
<i>Stachybotrys chartarum</i>	1,93.10 ⁶
<i>Aspergillus niger</i>	1,84.10 ⁶
<i>Cladosporium sphaerospermum</i>	1,44.10 ⁵
<i>Penicillium chrysogenum</i>	1,44.10 ⁶

Pour l'ensemble des espèces, un nuage de spores est libéré pendant les cinq premières minutes de l'essai, puis la dispersion diminue drastiquement. Pour Sc, à peine 0,2 % des spores sont libérées. Alors que la proportion de spores libérées est similaire pour les quatre espèces, le calcul montre que la proportion (0,2 %) de conidies libérées par Sc en 1 heure représente environ 2 000 spores par cm², alors que dans les mêmes conditions, 1,1 % des conidies libérées par *Aspergillus niger* représentent 20 000 spores par cm². Les potentialités contaminantes sont largement différentes.

Le balayage de cultures des quatre espèces fongiques testées par un flux d'air à basse vitesse disperse moins de 2 % des spores dont l'essentiel est concentré sur les cinq premières minutes de l'essai. Les spores de Sc sont les plus difficiles à mobiliser et peu adaptées à être aéroportées. Mais les insectes sont des vecteurs potentiels.

Selon l'US-EPA*, une surface contaminée de plus de 1 m² doit être nettoyée par une entreprise spécialisée. Mais, il est difficile d'évaluer l'extension de la contamination dans les conditions réelles. Les 19 milliards de spores produites par m² de culture de Sc conduisent à la libération d'environ 4 µg de toxine dans l'air. Des auteurs estiment qu'une personne vivant en milieu contaminé ne devrait pas être exposée à plus de quelques nanogrammes de toxine par 24 heures. Mais le niveau d'exposition est difficilement appréciable.

Les cas de maladies imputés à Sc ont été associés à des immeubles climatisés où l'air contaminé était soufflé par des ventilateurs électriques générateurs de vitesses d'air bien plus élevées que celles mesurées dans les lieux de vie. Il faut y penser au moment de choisir le mode d'assèchement de locaux inondés.

Commentaires

Il est vrai que les prélèvements d'air ne sont pas très efficaces pour détecter les spores de *Sc*. L'étude présentée donne des chiffres intéressants sur le nombre de spores susceptibles d'être aérosolisées à partir d'une source soumise à un flux d'air contrôlé et tente d'en extrapoler les résultats en milieu naturel. Cependant, dans les environnements intérieurs (habitats ou immeubles climatisés), l'écoulement des flux n'est pas laminaire (ce qui est le cas de la cellule d'essai) mais turbulent, ce qui

peut avoir un effet non négligeable sur les potentialités contaminantes de *Sc*. Il est certain qu'il est indispensable de nettoyer les locaux contaminés par les moyens appropriés avant d'utiliser tout système de brassage de l'air qui aurait l'effet contraire de celui escompté.

(1) Zoberi M.H. ; Take-off of mould spores in relation to wind speed and humidity ; *Ann. Bot.*, 25 [1961]: 53-64.

Pady S.M., Gregory P.H. *et al.* ; Periodicity of spore release in *Cladosporium* ; *Mycologia*, 61 [1969], 87-98.



SUBSTANCES

Évaluation de la diversité fongique en aérosol : outil d'empreinte moléculaire versus méthode culturale

Source : Nietguitsila A., Deville M., Jamal T. *et al.* ; Evaluation of fungal aerosols using Temporal Temperature Gradient Electrophoresis (TTGE) and comparison with culture ; *Journal of Microbiological Methods*, 70(1) [2007]: 86-95.

Article analysé par : Marina MOLETTA-DENAT, Centre scientifique et technique du bâtiment – CSTB ; marina.moletta@cstb.fr

L'identification des champignons est traditionnellement basée sur leurs caractéristiques morphologiques après mise en culture dans des conditions optimisées de croissance. Les difficultés rencontrées par une telle approche sont désormais bien connues : biais liés à la non-cultivabilité ou à la perte de cultivabilité de certaines souches, temps d'incubation long et problème d'identification de souches ayant des caractéristiques morphologiques proches.

Les outils moléculaires permettent de réaliser *in situ* une détection et une identification plus précise et plus rapide des espèces microbiennes. Ces nouvelles techniques sont génériques et indépendantes de l'environnement « d'origine » des micro-organismes. Parmi ces outils moléculaires, les techniques d'analyse de fragment (SSCP : *Single Strand Conformation Polymorphism* ; DGGE : *Denaturing Gradient Gel Electrophoresis* ; TTGE : *Temporal Temperature Gradient Electrophoresis* ; TGGE : *Temperature Gradient Gel Electrophoresis...*) permettent la comparaison simultanée de la diversité microbienne de plusieurs échantillons. Elles sont basées sur les différences de mobilité électrophorétique des séquences. Les fragments d'ADN sont ainsi séparés en fonction de leur séquence. On obtient alors des profils où chaque pic ou bande, selon la technique, représente une espèce.

Dans cet article, les auteurs ont réalisé la comparaison des diversités microbiennes obtenues par méthode culturale et par des outils moléculaires. Pour cela, ils ont appliqué une méthode d'analyse de

fragment (TTGE) associée à une identification par clonage et séquençage, sur la flore fongique en aérosol de cinq environnements (deux élevages de volailles, une étable, une ferme et une station de métro à Paris). Ils ont réalisé le « design » d'amorces « universelles » basées sur la séquence de l'ARN ribosomique 18S, permettant l'amplification des principaux groupes fongiques retrouvés dans l'air. L'originalité de l'étude réside également dans l'application des outils moléculaires à partir d'un faible volume d'air collecté (800 L d'air).

Onze échantillons d'air ont été collectés sur l'ensemble des cinq sites d'étude à l'aide d'un appareil CIP-10 M. Le liquide de collecte (1,5 mL) est divisé en deux : 1 mL et 0,5 mL pour les méthodes moléculaires et de culture respectivement, correspondant à des volumes d'air de 800 L et 400 L. L'extraction des acides nucléiques est réalisée par l'association d'une lyse mécanique par microbilles de zirconium et l'utilisation du kit commercial NucleoSpin® tissue (Hoerd, France). L'amplification par PCR* semi-nichée permet d'augmenter la sensibilité de détection PCR*. Elle est réalisée en une seule étape permettant de minimiser les risques de contamination entre les deux amplifications. Après 25 cycles de PCR*, un fragment de 350 paires de bases est produit et analysé en TTGE. Les bandes des profils ainsi obtenus sont découpées et envoyées à séquencer. Un volume de 0,5 mL est étalé sur milieu MAE (*Malt Extract Agar*) et placé à 27°C pendant 10 jours.

Les résultats montrent la prédominance des ascomycètes dans l'air des sites enquêtés avec 23 genres identifiés. *Aspergillus* spp. et *Penicillium* spp. sont retrouvés dans tous les échantillons. Cependant, les auteurs retrouvent peu de redondance entre les diversités fongiques en aérosol analysées par les méthodes de culture ou par les outils moléculaires. Seules quatre espèces affiliées aux groupes *Alternaria* spp., *Cladosporium* spp. et *Fusarium* spp. sont retrouvées simultanément dans deux sites (l'étable et la ferme). Étonnamment, la diversité fongique apparaît plus faible par l'analyse en PCR-TTGE avec 1 à 5 espèces identifiée(s) pour chaque site d'étude. Des biais inhérents à la technique employée (disparités dans la lyse des cellules fongiques lors de l'extraction d'ADN, manque d'« universalité » des amorces, faible détection des bandes TTGE...) peuvent expliquer ces disparités, soulignées notamment par l'absence des groupes dominants observés en culture (*Aspergillus* spp., *Penicillium* spp. et Zygomycota). Les résultats obtenus montrent cependant une vision complémentaire des deux techniques, la culture permettant la détection de conidies viables et les outils moléculaires détectant également des conidies non-viables et des fragments d'hyphes, ceux-ci représentant un avantage non négligeable dans

l'évaluation du risque allergique ou toxique lié à l'aérocontamination fongique.

Commentaires

Les auteurs ont optimisé une méthode d'analyse moléculaire de PCR-TTGE permettant de comparer les diversités fongiques en aérosol à partir d'un faible volume d'air. La méthode culturale, bien que plus longue, permet d'obtenir une image plus exhaustive que la PCR-TTGE. Comme le soulignent les auteurs, des biais inhérents à la technique TTGE semblent expliquer en partie la faible diversité fongique observée. Cependant, la pertinence de comparer méthode culturale et TTGE est discutable. En effet, lors de la TTGE, seules les bandes bien visibles sur le gel d'agarose sont séquencées. Il serait alors intéressant de comparer les résultats de culture obtenus avec une technique moléculaire comparable, à savoir le séquençage direct de la matrice ADN (technique appelée inventaire moléculaire). La TTGE reste cependant un outil d'empreinte moléculaire puissant en termes d'analyse de la dynamique spatio-temporelle des écosystèmes microbiens permettant la comparaison rapide de plusieurs communautés microbiennes en s'affranchissant des biais liés à la non-cultivabilité des micro-organismes.



SUBSTANCES

Fiabilité des tests de détection du plomb dans les poussières de maison

Source : Korfmacher K.S. and Dixon S. ; Reliability of spot test kits for detecting lead in household dust ; Environmental Research, 104(2) [2007]: 241-249.

Article analysé par : Philippe GLORENNEC, École des Hautes Études en Santé Publique – EHESP (ex. École Nationale de la Santé Publique) ; philippe.glorennec@ehesp.fr

La contamination par le plomb des poussières de maison augmente l'exposition des enfants à ce toxique, dont on sait aujourd'hui qu'il agit sans seuil, d'où l'intérêt de méthodes *in situ* simples, rapides et bon marché de détection de poussières à risque, en complément de la méthode de référence (lingettes à poussières analysées au laboratoire). Le kit de détection étudié ici est le bâtonnet LeadCheck Swabs, produit par Hybrivet depuis 1991, et dont l'usage est répandu aux États-Unis. C'est un bâtonnet qui relâche un liquide contenant de la rhodizonate, qui se colore instantanément en rose ou rouge au contact du plomb. Si son efficacité à détecter des teneurs supérieures à 200 µg/ft² (soit 2,15 mg/m²) a été testée, ce n'est pas le cas pour les teneurs supérieures à 40 µg/ft² (soit 0,431 mg/m²), valeur limite actuelle proposée par l'US-EPA*. L'objectif de l'étude est de déterminer en conditions réelles les performances du LeadCheck.

Cette étude compare 2 méthodes sur échantillons appariés de poussières (le bâtonnet est appliqué sur une zone adjacente à celle échantillonnée par la lingette), collectés dans 50 logements construits avant 1978, et situés dans des quartiers à fort risque d'exposition au plomb : i) LeadCheck, ii) analyses au laboratoire de poussières prélevées par lingettes, selon les méthodes normalisées de l'US-EPA*.

La capacité du LeadCheck à prédire le résultat de la méthode par lingette (teneur inférieure ou supérieure à 40 µg/ft²) a été évaluée par sa sensibilité (Se), spécificité (Sp), valeur prédictive positive (VPP) et valeur prédictive négative (VPN) sur différents types de prélèvements : surfaces peintes ou non, sols et fenêtres. Les performances d'une interprétation alternative (teinte rosée non franche considérée comme positive) ont également été évaluées. La probabilité de réaction positive du LeadCheck a été modélisée par régression logistique en fonction de la teneur en plomb et de la nature du substrat.

Résultats des tests de performance du kit LeadCheck Swabs

Surface	Substrat	n	% de lingettes > 40 µg/ft ² (0,431 mg/m ²)	% rouge ou rose #	Sensibilité en % (IC ₉₅ %)	VPP ⁽¹⁾ (IC ₉₅ %)	Spécificité en % (IC ₉₅ %)	VPN ⁽¹⁾ (IC ₉₅ %)	Test de Fisher
Interprétation standard									
Sols et rebords	Tout type	200	60	23	36 (28-45)	93 (82-99)	96 (90-99)	51 (42-59)	< 0,001
	Peint	104	72	36	45 (34-57)	92 (78-98)	90 (73-98)	39 (27-51)	0,001
	Non peint	96	46	9	20 (10-35)	100 (66-100)	100 (93-100)	60 (49-70)	0,001
Sols	Tout type	94	38	7	19 (8-36)	100 (59-100)	100 (94-100)	67 (56-76)	0,001
	Peint	29	59	21	35 (14-62)	100 (54-100)	100 (74-100)	52 (31-73)	0,028
	Non peint	65	29	2	5 (0-26)	100 (3-100)	100 (92-100)	72 (59-82)	0,292
Rebords	Tout type	106	78	37	43 (33-55)	92 (79-98)	87 (66-97)	30 (19-42)	0,007
	Peint	75	77	41	48 (35-62)	90 (74-98)	82 (52-96)	32 (19-48)	0,028
	Non peint	31	81	26	32 (15-54)	100 (63-100)	100 (54-100)	26 (10-48)	0,298
Interprétation alternative #									
Sols et rebords	Tout type	200	60	58	72 (63-80)	74 (65-82)	63 (52-73)	61 (49-71)	< 0,001
	Peint	104	72	74	79 (68-87)	77 (66-86)	38 (21-58)	41 (22-61)	0,133
	Non peint	96	46	41	61 (45-76)	69 (52-83)	77 (63-87)	70 (57-82)	< 0,001
Sols	Tout type	94	38	46	72 (55-86)	60 (44-75)	71 (57-82)	80 (67-90)	< 0,001
	Peint	29	59	83	88 (64-99)	63 (41-81)	25 (5-57)	60 (15-95)	0,622
	Non peint	65	29	29	58 (33-80)	58 (33-80)	83 (69-92)	83 (69-92)	0,002
Rebords	Tout type	106	78	69	72 (61-82)	82 (71-90)	43 (23-66)	30 (16-49)	0,203
	Peint	75	77	71	76 (63-86)	83 (70-92)	47 (23-72)	36 (17-59)	0,079
	Non peint	31	81	65	64 (43-82)	80 (56-94)	33 (4-78)	18 (2-52)	1,000

⁽¹⁾ VPP : valeur prédictive positive ; VPN : valeur prédictive négative

: dans le cas de l'interprétation alternative, la couleur vire au marron, rouge ou rose, mais pas au jaune.

La sensibilité du LeadCheck (probabilité que le résultat soit positif si la teneur en plomb est supérieure à 40 µg/ft²) est globalement faible (36 %), variant de 5 % sur les sols non peints à 48 % sur les rebords de fenêtre peints. Les performances sont meilleures pour les teneurs en plomb élevées. L'interprétation alternative (qui consiste à considérer le test positif dès lors qu'il y a un changement de couleur du LeadCheck) conduit à une meilleure sensibilité, de 58 % sur les sols non peints à 88 % sur les sols peints. La régression logistique indique que la présence de peinture est significativement associée à la réponse du LeadCheck ($p < 0,05$), ainsi que le type de surface (sol ou fenêtre) pour l'interprétation standard.

La faible spécificité du LeadCheck correspond à un taux de faux négatif important (par exemple 64 % pour une sensibilité de 36 %), ce qui correspond à une concentration supérieure à 40 µg/ft² pour près des 2/3 des résultats négatifs (interprétation standard) du LeadCheck.

Ces performances moindres qu'attendues peuvent être dues à :

- une interférence de la poussière dans la réaction plomb/ LeadCheck ;
- l'utilisation par le LeadCheck d'un acide faible alors que les méthodes de référence dissolvent le plomb par un acide fort ;
- la salissure du LeadCheck par la poussière, pouvant rendre une teinte rosée brunâtre. Cependant, l'interprétation positive des réponses marron n'entraîne pas non plus une spécificité suffisante ;
- la variabilité spatiale à l'intérieur de la surface échantillonnée, cependant peu compatible avec la sous-estimation systématique du LeadCheck.

Les meilleures performances du LeadCheck sur les surfaces peintes pourraient être dues à une réaction avec la peinture et non seulement avec la poussière ; dans ce cas, la sensibilité à considérer est celle estimée sur surfaces non peintes, qui est encore plus faible.

Des recherches approfondies doivent être menées avant que les tests *in situ* de détection du plomb dans les poussières ne soient utilisés pour détecter les poussières contenant du plomb au-delà de 40 µg/ft².

Commentaires

Cet article traite d'une problématique très actuelle du fait de l'intérêt croissant pour les expositions au plomb qui sont supérieures à la « normale », sans pour autant dépasser le seuil administratif de plombémie de 100 µg/L. De telles expositions « modérées » peuvent être le fait d'ingestion de poussières, sans ingestion de peinture. Dès lors, la capacité à repérer simplement un environnement contaminant est importante pour la gestion du risque d'un parc de logements, ce qui sera probablement le cas dans les années à venir, si l'on considère que des actions de prévention doivent être engagées indépendamment de la plombémie

mesurée chez l'enfant. Un autre intérêt de ce type de test est une vérification très rapide, réduisant ainsi les problèmes de relogement des familles pendant et après travaux, de la teneur en plomb des poussières après travaux d'enlèvement du plomb. Une expérimentation en condition réelle est dès lors la bienvenue, d'autant que les résultats sont exprimés en termes de performance opérationnelle d'aptitude à détecter une concentration supérieure à un seuil prédéfini. La principale limite, signalée par les auteurs, tient au fait que les VPP et VPN dépendent aussi de la prévalence des taux élevés dans la population de poussières étudiés. Les situations françaises et nord-américaines sont d'ailleurs différentes en termes de contamination de l'habitat par le plomb et notamment pour ce qui est des peintures. Cependant la netteté des observations et arguments des auteurs incite à la plus grande prudence quant à l'interprétation des résultats des tests *in situ* et à préférer, au moins dans l'attente d'éléments scientifiques tangibles, la méthode de référence qui est l'analyse du plomb total dans les lingettes empoussiérées, seule métrique de l'exposition via les poussières pour laquelle on dispose d'une relation (établie aux États-Unis) avec la plombémie.

À lire également :

Reff A., Turpin B.J., Offenberg J.H. *et al.* ; A functional group characterization of organic PM2.5 exposure: Results from the RIOPA study ; Atmospheric Environment, 41(22) [2007]: 4585-4598.

Kirchner S., Arenes J-F., Cochet C. *et al.* ; État de la qualité de l'air dans les logements français ; Environnement, Risques & Santé, 6(4) [2007]: 259-269.

Baxter L.K., Clougherty J.E., Laden F., Levy J.I. ; Predictors of concentrations of nitrogen dioxide, particulate matter, and particle constituents inside of lower socioeconomic status urban homes ; Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology, 17(5) [2007]: 433-444.



LIEUX DE VIE

Variations de concentrations et diversité des sources potentielles de composés organiques volatils (COV) dans les voitures neuves

Source : Chien Y.C. ; Variations in amounts and potential sources of volatile organic chemicals in new cars ; Science of the Total Environment, 382(2-3) [2007]: 228-239.

Article analysé par : Valérie DESAUZIERS, Ecole des Mines d'Alès (site de Pau) ; valerie.desauziers@ema.fr

L'habitacle automobile, en particulier neuf, constitue une source non négligeable de COV* auxquels les automobilistes sont exposés en moyenne 90 minutes par jour. Cependant, peu d'études ont été consacrées à ce problème et leur

application est limitée en raison du peu de données collectées. Ce travail propose donc une comparaison inter-marques, intra-marque et intra-modèle des niveaux de concentrations de COV* dans des véhicules neufs.

Trois marques locales (Chine) et deux européennes ont été étudiées. Les marques locales correspondent à des véhicules internationaux assemblés localement quelques semaines avant l'étude. Compte tenu du délai de livraison, les véhicules d'importation ont été fabriqués quatre mois avant l'étude. Cinq modèles (du break au coupé) et trois classes (du grand modèle à la compacte) ont été testés. Aucune modification de l'intérieur des véhicules n'a été effectuée avant l'échantillonnage, réalisé à l'arrêt, fenêtres et portes closes. Les échantillons ont été prélevés au niveau des voies respiratoires du conducteur potentiel sur des tubes d'adsorbants et analysés par thermodésorption / chromatographie gazeuse / détection par ionisation de flamme (ATD/GC/FID). Les variations inter- et intra-marques et intra-modèle ont été étudiées, de même que les effets de la température et de l'air conditionné. L'influence des finitions (garnitures) a été examinée. Les sources potentielles de COV* ont été évaluées à partir des principaux éléments intérieurs et adhésifs de trois modèles locaux.

Les résultats de l'étude montrent que les concentrations individuelles en COV* dans les voitures neuves varient de quelques $\mu\text{g.m}^{-3}$ à plusieurs milliers de $\mu\text{g.m}^{-3}$. La variabilité intra-modèle des concentrations en COV* est de 47 %, alors que la variabilité inter-marques est de 95 %. L'analyse en GC/MS des différents éléments intérieurs montre que l'hydroxytoluène butylé (BHT), le toluène et les xylènes, des hydrocarbures à longues chaînes (C14-C17) et des plastifiants sont les COV* les plus fréquemment identifiés. Le temps est un facteur très influent car le niveau de COV* diminue très rapidement dans l'habitacle des voitures neuves à partir de leur fabrication. En revanche, une élévation de température (stationnement au soleil par exemple) peut favoriser les émissions à partir des matériaux, voire induire des réactions photochimiques conduisant à l'augmentation des concentrations de COV*.

L'utilisation de l'air conditionné, qui diminue la température intérieure, contribue à réduire significativement le niveau de pollution.

De précédentes études ont montré que le niveau de COV* à l'intérieur de véhicules neufs est très largement supérieur à celui dans des voitures plus anciennes, et que de grandes variations de concentrations existent entre voitures neuves. Cette étude confirme les grandes variabilités de teneurs en COV* entre marques, pour des modèles d'une même marque et même pour différents niveaux de finition d'un même modèle. Les véhicules neufs importés, vieux de quatre mois, présentent des niveaux de COV* plus faibles que les véhicules neufs assemblés sur place, confirmant que les concentrations diminuent rapidement après la fabrication. L'analyse détaillée des différents éléments intérieurs montre qu'une majorité de COV* sont des plastifiants et des catalyseurs de réaction.

Commentaires

Le principal mérite de ce travail est le nombre important de données recueillies et l'effort de comparaison entre marques de véhicules, modèles et niveaux de finitions. S'il paraissait évident qu'une grande variabilité des émissions de COV* serait observée d'un constructeur à l'autre, cette étude montre également de très grandes différences (coefficient de variation de 47 %) pour un même modèle mais avec des finitions intérieures différentes. Cela confirme l'impact des principaux éléments constitutifs de l'habitacle (matériaux, adhésifs, lubrifiants...) et, à l'instar de l'air intérieur des bâtiments, conduit à réfléchir au développement de matériaux peu émissifs en COV*. On peut cependant regretter que les auteurs n'aient pas discuté de la contribution des COV* des gaz d'échappement des autres véhicules en situation de roulage (non testée), potentiellement plus significative que celle des émissions des matériaux.



LIEUX DE VIE

Analyse numérique des facteurs influençant le dépôt particulaire en environnement intérieur

Source : Zhao B. and Wu J. ; Particle deposition in indoor environments: Analysis of influencing factors ; Journal of Hazardous Materials, 147(1-2) [2007]: 439-448.

Article analysé par : Marc ABADIE, Laboratoire d'étude des phénomènes de transfert appliqués au bâtiment – LEPTAB, Université de La Rochelle ; marc.abadie@univ-lr.fr

La détermination des niveaux de concentration en particules de l'air intérieur est une étape incontournable dans l'évaluation de l'exposition des usagers. Or, le dépôt de ces particules sur les surfaces des parois et du mobilier s'avère être d'une importance comparable à l'extraction de celles-ci par le système de ventilation. Ainsi, depuis une

quinzaine d'années, les recherches dans le domaine se sont focalisées plus particulièrement sur l'évaluation du dépôt particulaire. La présente étude numérique, par son analyse des différents facteurs qui influencent cette interaction entre particules et parois, propose un ensemble de règles de base à suivre afin de le contrôler.

Les auteurs utilisent ainsi deux approches : un modèle global (analytique) et un modèle plus précis (numérique 3D). Le modèle analytique a été développé par les propres auteurs ⁽¹⁾ pour des écoulements en conduite et a fait l'objet d'une analyse dans le bulletin *Info Santé Environnement Intérieur* n°18. Ce modèle repose sur l'hypothèse forte d'homogénéité spatiale de la concentration en particules dans le volume d'étude et traite le dépôt analytiquement. L'unique paramètre d'entrée est la vitesse de friction de l'air au niveau des parois qui est généralement considérée comme identique pour l'ensemble des parois de la zone considérée. Le second modèle couple la simulation numérique tridimensionnelle pour le transport de la phase particulaire dans l'air au modèle analytique original de Lai et Nazaroff ⁽²⁾ pour le traitement du dépôt. À la suite de la validation des deux approches, l'influence de la vitesse de friction, de la rugosité des surfaces et de la distribution spatiale de la concentration en particules est analysée.

La validation du modèle analytique présente deux problèmes : une imprécision quant à la prédiction du dépôt sur le plafond (qui est probablement négligeable puisque ce dépôt est deux ordres de grandeur plus faible que celui sur les surfaces verticales) et la valeur du paramètre de rugosité qui doit être ajustée par rapport à la valeur géométrique (réelle) afin d'obtenir une bonne prédiction du modèle. Les résultats des simulations effectuées avec ce modèle ont montré que la vitesse de friction influence considérablement le dépôt des particules dont la taille est inférieure à 1 µm, dépôt qui augmente avec un accroissement de l'écoulement d'air à proximité des parois, et qu'il n'y a pas d'effets notables sur la vitesse de dépôt des particules les plus grosses. La même tendance est observée concernant l'influence de la rugosité avec toutefois un faible, mais néanmoins notable, effet pour les grosses particules. La validation du second modèle présente de bons résultats tant pour la prédiction de l'écoulement d'air que pour la distribution spatiale de la concentration en particules. L'étude a montré une grande hétérogénéité du champ de concentration en particules et une forte dépendance de la vitesse de dépôt avec la position de la bouche d'entrée d'air de la ventilation donc de l'écoulement d'air intérieur.

À partir des résultats de cette analyse, les auteurs élaborent un ensemble de règles pour contrôler le dépôt. La vitesse de friction n'influençant pas la vitesse de dépôt des particules les plus grosses, un moyen de diminuer leur concentration consisterait à augmenter le taux de ventilation, ce qui induirait une plus grande extraction de ces particules sans pour autant en augmenter le dépôt. De même, la rugosité des surfaces n'influence que très peu le dépôt des grosses particules mais modifie considérablement celui des particules les plus fines. Ainsi un moyen de contrôler les plus petites particules consisterait à limiter la rugosité des surfaces. Enfin, une réduction de l'écoulement d'air dans l'ensemble du volume, obtenue par exemple par une diminution du taux de ventilation, permettrait de réduire le dépôt des petites particules puisque leur dépôt dépend de la concentration au niveau de toutes les parois. Dans le cas des grosses particules, un écoulement d'air réduisant uniquement la concentration à proximité du sol serait alors la règle à suivre.

Commentaires

Le présent article propose de manière claire et précise les résultats d'une étude, ou plutôt d'une compilation de plusieurs études, permettant de mettre en valeur l'importance des différents facteurs influençant le dépôt particulaire dans les environnements intérieurs. On regrettera tout de même que, du point de vue du développement de la modélisation du transport et du dépôt des particules, les auteurs n'aient pas effectué une analyse croisée des deux approches employées ici afin de vérifier la prédiction du dépôt pour un même cas d'étude. Quoi qu'il en soit, l'apport majeur de cette étude réside dans le fait, qu'à travers l'utilisation de deux niveaux de modélisation du dépôt particulaire, les auteurs établissent un ensemble de règles simples, faciles à mettre en œuvre pour tenter de limiter le dépôt des particules et améliorer ainsi la qualité particulaire de l'air des environnements intérieurs.

(1) Zhao B. and Wu J. ; Modeling particle deposition onto rough walls in ventilation duct ; *Atmospheric Environment*, 40(36) [2006]: 6918-6927.

(2) Lai C.K. and Nazaroff W.W. ; Modeling indoor particle deposition from turbulent flow onto smooth surfaces ; *Journal of Aerosol Science*, 31 [2000]: 463-476.

À lire également :

Batterman S., Jia C.R., Hatzivasilis G. ; Migration of volatile organic compounds from attached garages to residences: A major exposure source ; *Environmental Research*, 104(2) [2007]: 224-240.

Zuraimi M.S., Tham K.W., Chew F.T., Ooi P.L. ; The effect of ventilation strategies of child care centers on indoor air quality and respiratory health of children in Singapore ; *Indoor Air*, 17(4) [2007]: 317-327.

Hugg T., Rantio-Lehtimäki A. ; Indoor and outdoor pollen concentrations in private and public spaces during the *Betula* pollen season ; *Aerobiologia*, 23(2) [2007]: 119-129.



Source : Jaakkola M.S. and Jaakkola J.J.K. ; Office work exposures and adult-onset asthma ; Environmental Health Perspectives, 115(7) [2007]: 1007-1011.

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

Dans l'industrie papetière, des études ont suggéré que la poussière de papier était très irritante pour les muqueuses respiratoires et une relation avec l'asthme d'effort a même été retrouvée. Dans le secteur tertiaire, de nombreuses études se sont intéressées à la relation entre le *sick building syndrome* et l'exposition à divers polluants de l'air intérieur des bureaux. La présente étude est la première à avoir évalué le rôle de l'exposition à la poussière de papier (PP), au papier traité chimiquement pour la copie *carbonless copy paper* (CCP) ⁽¹⁾ et aux émissions de photocopieuses et d'imprimantes (EPI) dans la survenue d'un asthme chez des employés de bureau.

Dans cette étude cas-témoin, tous les nouveaux cas d'asthme diagnostiqués entre 1997 et 2000 ont été recrutés dans une zone géographique de 440 913 habitants du sud de la Finlande. Les critères retenus pour l'asthme étaient la survenue d'au moins un symptôme évocateur d'asthme et la preuve d'une bronchoconstriction réversible lors d'épreuves fonctionnelles respiratoires. Seuls les sujets sans asthme connu auparavant, ni traitement antiasthmatique au long cours ont été inclus. 521 patients, âgés de 21 à 63 ans, ont participé, parmi lesquels 133 étaient des employés de bureau. Parmi les 1 270 témoins sélectionnés dans la même population par tirage au sort et après exclusion des sujets asthmatiques (7,5 %), 316 employés de bureau ont été retenus. Au moment du recrutement, les sujets devaient répondre à un auto-questionnaire en précisant leurs caractéristiques personnelles, leurs antécédents médicaux, un tabagisme actif et/ou passif, leurs activités et expositions professionnelles, leurs expositions dans le logement et leurs habitudes alimentaires. Il était demandé aux sujets d'estimer leur exposition aux PP, CCP et EPI en nombre d'heures par semaine.

Les cas étaient plus fréquemment des femmes, avaient un niveau socio-culturel plus bas et étaient plus souvent fumeurs. À noter que les analyses multivariées comportaient un ajustement sur ces facteurs. Le risque de développer un asthme était corrélé à l'exposition à la poussière de papier, quelle que soit sa durée (OR* = 1,97 ; IC₉₅ %* : 1,25-3,10) et une relation exposition-réponse a été observée (OR* = 1,20 pour 10 h/sem ; IC₉₅ %* : 1,06-1,37). Une exposition au CCP était également corrélée au risque de survenue d'un asthme incident, quelle que soit sa durée (OR* = 1,66 ; IC₉₅ %* : 1,03-2,66), mais aucune relation exposition-réponse n'a été

retrouvée. L'exposition à n'importe lequel de ces polluants (PP, CCP, EPI), quelle que soit sa durée, était corrélée à une augmentation du risque de développer un asthme (OR* = 1,90 ; IC₉₅ %* : 1,05-3,44). En revanche, aucune association entre l'exposition aux EPI et l'asthme incident n'a été retrouvée.

Cette étude confirme la relation entre l'asthme incident et une exposition à la poussière de papier. Une relation exposition-réponse a été retrouvée ce qui renforce encore ce lien et est en faveur d'un mécanisme physiopathologique sous-jacent de type irritatif. Le mécanisme sous-jacent à la relation observée entre asthme et exposition au CCP serait plutôt une sensibilisation qui pourrait survenir même à des niveaux faibles d'exposition. Les auteurs suggèrent que des mesures préventives soient prises pour diminuer les expositions (amélioration de la ventilation, réduction des émissions avec notamment l'utilisation d'autres supports pour stocker et copier les données) et notent l'intérêt d'informer les médecins sur l'existence de telles associations dans l'environnement de bureau.

Commentaires

Cette étude cas-témoin réalisée sur une large population d'adultes apporte des résultats convaincants. Même si l'évaluation des expositions ne repose que sur la déclaration des personnes, sans mesure ni vérification dans les bureaux, les biais ont été minimisés, en particulier grâce à la méthodologie utilisée pour tenter de recruter tous les cas incidents d'asthme diagnostiqués selon des critères validés. Il est néanmoins dommage que les expositions en dehors du bureau recherchées via la déclaration des participants n'aient fait l'objet d'aucune mention dans l'article. Il serait intéressant de mener une étude interventionnelle pour évaluer si une réduction de l'exposition à la poussière de papier permettrait de réduire le taux d'incidence de l'asthme ainsi que la survenue des crises chez les sujets asthmatiques qui représentent près de 10 % de la population générale.

(1) Ce procédé de copie introduit dans les années 1950 pour remplacer le papier carbone, était surtout utilisé pour les machines à écrire et les factures. Il a été remplacé depuis de nombreuses années dans les bureaux par les ordinateurs et imprimantes. Pour plus de renseignements sur ce procédé, consulter le rapport du *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) : <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/01-107.pdf>



EFFETS SANITAIRES

Impact d'une loi d'interdiction de fumer dans les lieux publics sur les admissions hospitalières pour des maladies cardio-vasculaires dans une ville américaine

Source : Khuder A., Milz S., Jordan T., Price J. *et al.* ; The impact of a smoking ban on hospital admissions for coronary heart disease ; Preventive Medicine, 45(1) [2007]: 3-8.

Article analysé par : Marie-Thérèse GUILLAM, SEPIA-Santé ; mtguillam_sepia@orange.fr

La loi française relative à l'interdiction de fumer dans les lieux publics est entrée en application le 1^{er} février 2007 (interdiction définitive pour les cafés, hôtels, restaurants et discothèques reportée au 1^{er} janvier 2008). Des lois similaires ont déjà été appliquées dans plusieurs villes américaines notamment. Dans le travail présenté ici, les auteurs ont étudié l'influence d'une telle loi sur les admissions hospitalières dans la ville de Bowling Green (Ohio). Dans cette ville, une loi sur l'interdiction de fumer dans les lieux publics (exceptés les bars équipés de salles pour fumeurs) a été instaurée en mars 2002.

L'impact de l'application de la loi a été étudié dans le cadre d'une étude quasi expérimentale comparant Bowling Green à une ville témoin, Kent (Ohio), sans loi d'interdiction. Ces deux villes sont séparées d'environ 240 km et sont similaires en terme de population (taille, distribution par âge et sexe). Les admissions hospitalières entre 1999 et 2005 ont été recueillies auprès des administrations pour les adultes de plus de 18 ans. Le diagnostic codé selon la classification internationale est celui posé à l'admission. Les maladies cardio-vasculaires retenues (pour lesquelles un risque accru à court terme est connu en cas d'exposition active ou passive à la fumée de tabac) sont l'angine de poitrine, l'insuffisance cardiaque, l'athérosclérose et l'infarctus. Les données du recensement 2000 ont été utilisées dans les deux villes.

Les taux standardisés sur l'âge, calculés en prenant la population combinée des deux villes comme population standard, ont été comparés entre les deux villes. Puis, l'évolution du nombre mensuel d'admissions rapporté à la taille de la population a été étudiée dans les deux villes dans des modèles statistiques ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*). Dans ce type de modèle, une variable indicatrice codée 0 pour tous les mois avant octobre 2002 (soit 6 mois après l'interdiction) et 1 pour le mois ensuite, permet de tester l'impact de l'application de la loi. Les auteurs ont considéré que les facteurs autres que le tabagisme pouvant influencer les admissions hospitalières étaient similaires entre les deux villes.

L'analyse des taux standardisés d'admissions annuelles montre une diminution significative des admissions à partir de 2003 pour les maladies cardio-vasculaires à Bowling Green uniquement.

Cette diminution n'est pas observée pour les maladies non associées au tabac.

La description de l'évolution des taux mensuels montre que la diminution débute à Bowling Green en novembre 2002, soit 7 mois après l'application de la loi. Dans le modèle ARIMA, l'impact de l'intervention est significatif à Bowling Green (-1,69, $p=0,04$), tandis que l'on n'observe pas de différence entre les 2 périodes à Kent (-1,14, $p=0,18$). Aucune variation significative n'est observée dans les deux villes pour les maladies non associées au tabagisme.

Selon les auteurs, la loi d'interdiction de fumer dans les lieux publics a conduit dans la ville de Bowling Green à une diminution des admissions hospitalières pour maladies cardio-vasculaires. Cette diminution est observée dès 7 mois après mise en application de la loi. Les résultats de cette étude confortent ceux obtenus au préalable dans deux villes américaines (Helena, Montana et Pueblo, Colorado) et dans le Nord de l'Italie. Ils appuient donc la mise en place de telles lois qui protègent le public. Cette diminution peut probablement s'expliquer par plusieurs facteurs : réduction de l'exposition passive à la fumée de tabac, réduction du nombre de cigarettes fumées par les fumeurs actifs et augmentation d'arrêt du tabagisme.

Commentaires

Cette étude interpelle à l'heure où en France, une loi d'interdiction de fumer dans les lieux publics se met en place. La réalisation ultérieurement en France d'études de ce type apparaît d'ailleurs importante.

La possibilité de comparer, dans l'étude présentée ici, une ville intervention (mise en place de la loi) et une ville témoin (sans loi) permet un schéma d'étude intéressant. Cependant, les auteurs ont considéré que les facteurs de risque autres que la fumée de tabac étaient similaires entre les deux villes. Ils ne font allusion qu'à des facteurs comportementaux (régimes alimentaires, exercices physiques) et n'évoquent à aucun moment la pollution atmosphérique qui est connue pour être liée aux maladies cardio-vasculaires. Afin de mieux évaluer l'impact quantitatif de l'interdiction de fumer dans les lieux publics sur la réduction des admissions cardio-vasculaires, ces résultats devraient donc être affinés en prenant en compte l'ensemble des autres facteurs de risque, comme dans des modèles additifs généralisés (GAM).

À lire également :

Arif A.A., Shah S.M. ; Association between personal exposure to volatile organic compounds and asthma among US adult population ; *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 80(8) [2007]: 711-719.

Fisk W.J., Lei-Gomez Q., Mendell M.J. ; Meta-analyses of the associations of respiratory health effects with dampness and mold in homes ; *Indoor Air*, 17(4) [2007]: 284-296.

Bernard A., Carbonnelle S., Dumont X., Nickmilder M. ; Infant swimming practice, pulmonary epithelium integrity, and the risk of allergic and respiratory diseases later in childhood ; *Pediatrics*, 119(6) [2007]: 1095-1103.



EXPOLOGIE – EVALUATION DES RISQUES

Exposition aux trihalométhanes des professionnels et des nageurs dans une piscine couverte

Source : Caro J. and Gallego M. ; Assessment of exposure of workers and swimmers to trihalomethanes in an indoor swimming pool ; *Environmental Science & Technology*, 41(13) [2007]: 4793-4798.

Article analysé par : Philippe GLORENNEC, École des Hautes Études en Santé Publique – EHESP (ex. École Nationale de la Santé Publique) ; philippe.glorennec@ehesp.fr

La désinfection des eaux de piscine par des produits chlorés entraîne la formation de sous-produits de désinfection comme les trihalométhanes (THM). La fréquentation des piscines est une source majeure d'exposition aux THM par inhalation et par pénétration cutanée. Les études d'exposition antérieures utilisaient les mesures des THM dans le sang ou l'air expiré. Celle-ci utilise leur mesure dans les urines et a pour objectifs :

- de déterminer le temps de demi-vie des THM dans l'organisme et de choisir le moment du prélèvement d'urine représentatif de la dose absorbée ;
- de décrire de façon simultanée l'exposition des travailleurs et des nageurs, et d'étudier leurs corrélations avec les teneurs en THM dans l'eau des bassins.

La piscine étudiée (Cordoue, Espagne) mesure 25 × 11 × 2 m et est située à l'intérieur d'un bâtiment de 32 × 23 × 6 m. Les bassins sont alimentés en surchlorant une eau de surface. Quatorze employés (maîtres nageurs, personnels administratifs et de maintenance) et dix nageurs réguliers (2 fois 1 heure par semaine) volontaires ont participé à l'étude réalisée entre janvier et mai 2006. L'urine était recueillie avant, après et toutes les 2 heures pendant le service des employés, avant et après la nage pour les nageurs. Simultanément, 27 échantillons d'eau à différents endroits et profondeurs étaient prélevés. Les échantillons d'urine et d'eau étaient analysés par espace de tête, chromatographie en phase gazeuse et

spectrométrie de masse (HS-GC/MS), pour doser les THM (CHCl₃, CHBrCl₂, CHBr₂Cl, CHBr₃). Pour déterminer le moment de prélèvement, les teneurs des urines en CHCl₃ et CHBrCl₂ ont été mesurées chez quatre personnes (nageur homme, nageur femme, non-nageur homme, non-nageur femme) avant l'exposition, puis 0, 15, 30, 60, 120 et 180 minutes après.

CHCl₃ et CHBrCl₂ sont les seuls THM retrouvés dans tous les échantillons d'eau et d'urine. Leurs concentrations dans les urines des quatre personnes étudiées pour déterminer le moment du prélèvement sont stables pendant 15 minutes avant de décroître rapidement et retrouver le niveau pré-exposition après 2 heures. Les cinétiques d'élimination sont de premier ordre avec des demi-vies mesurées de 42 et 53 minutes pour le CHCl₃ et de 27 et 37 minutes pour le CHBrCl₂. Par la suite les prélèvements d'urine ont été effectués au cours des 15 minutes post-exposition. Les concentrations dans l'eau en CHCl₃ et CHBrCl₂ ont varié respectivement de 100 à 145 µg.L⁻¹ et de 2,0 à 2,4 µg.L⁻¹. Les concentrations dans les urines n'étaient pas nulles avant l'exposition (du fait de l'exposition domestique aux THM) ; elles ont augmenté chez les maîtres nageurs d'un facteur 1,8 à 1,9 après 2 heures d'exposition et d'un facteur 2,5 à 2,6 après 4 heures d'exposition. Chez les nageurs, elles ont augmenté d'un facteur 3 à 4 après 1 heure de nage. Les concentrations urinaires en CHCl₃ et celles dans l'eau sont linéairement corrélées (r>0,9).

Concentrations en ng/L en CHCl₃ et CHBrCl₂ dans l'eau de la piscine et dans les urines des travailleurs et nageurs

	CHCl ₃			
	Eau de la piscine	Dans les urines avant la plage de travail	Dans les urines après 2 heures de travail	Dans les urines après 4 heures de travail
Moyenne des maîtres nageurs et surveillants (n = 10)	120 000 ± 7 400	472 ± 21	893 ± 39	1 208 ± 53
Moyenne des techniciens de maintenance et réceptionnistes (n = 4)	120 000 ± 7 400	491 ± 22	554 ± 25	596 ± 26
	Eau de la piscine	Dans les urines avant la nage	Dans les urines après la nage	
Moyenne des nageurs (n = 10)	110 000 ± 6 600	468 ± 21	1 400 ± 63	
	CHBrCl ₂			
	Eau de la piscine	Dans les urines avant la plage de travail	Dans les urines après 2 heures de travail	Dans les urines après 4 heures de travail
Moyenne des maîtres nageurs et surveillants (n = 10)	2 000 ± 140	20,1 ± 1,1	35,6 ± 1,9	49,6 ± 2,6
Moyenne des techniciens de maintenance et réceptionnistes (n = 4)	2 000 ± 140	21,1 ± 1,1	23,9 ± 1,3	26,9 ± 1,4
	Eau de la piscine	Dans les urines avant la nage	Dans les urines après la nage	
Moyenne des nageurs (n = 10)	2 200 ± 140	21,0 ± 1,1	70,4 ± 3,8	

Les auteurs indiquent que l'exposition des maîtres nageurs se fait par inhalation dans la mesure où ils ne se sont pas baignés et n'ont bu que de l'eau embouteillée. Ils attribuent l'exposition plus élevée des nageurs aux autres voies d'exposition (ingestion involontaire et surtout contact cutané), ainsi qu'à une inhalation plus importante (concentrations dans l'air à la surface des bassins et exercice physique entraînant un volume respiré plus important). Les auteurs estiment que les concentrations urinaires en CHCl₃ sont un bon indicateur de l'exposition à ce composé. Ils attribuent l'absence de corrélation entre le CHBrCl₂ urinaire et dans l'eau à sa faible variabilité.

Commentaires

Cette étude est intéressante car elle présente les résultats d'une nouvelle méthode de mesure de l'exposition aux THM dans les piscines, sujet actuel de préoccupation. L'intérêt de la méthode, dont les aspects analytiques sont décrits en détails dans une autre publication de l'auteur ⁽¹⁾, est sa facilité de mise en œuvre. Elle se limite cependant à deux des THM, avec une meilleure sensibilité pour le CHCl₃. Les résultats sont comparés, et cohérents, à ceux obtenus par Aggazzotti *et al.* ⁽²⁾ en terme d'augmentation relative de l'exposition chez les nageurs. En revanche, la primauté observée du contact cutané est peu argumentée et n'est pas mise

en perspective avec les résultats de Erdinger *et al.* ⁽³⁾, qui, en comparant des nageurs équipés ou non de bouteilles de plongée, attribuaient le surcroît d'exposition des nageurs à l'inhalation. L'approfondissement de ces aspects toxicocinétiques aurait été un complément utile à cette publication, et notamment en terme de représentativité du chloroforme par rapport aux autres composés formés (THM et autres), dans la mesure où le(s) composé(s) qui serai(en)t responsable(s) de la nocivité des sous-produits de chloration n'est (ne sont) pas identifié(s) ⁽⁴⁾.

(1) Caro J., Serrano A., Gallego M.; Sensitive headspace gas chromatography-mass spectrometry determination of trihalomethanes in urine; J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci, 848(2) [2007]: 277-282.

(2) Aggazzotti G., Fantuzzi G., Righi E., Predieri G.; Blood and breath analyses as biological indicators of exposure to trihalomethanes in indoor swimming pools; Sci Total Environ, 217(1-2) [1998]: 155-163.

(3) Erdinger L., Kuhn K.P., Kirsch F. *et al.*; Pathways of trihalomethane uptake in swimming pools; Int J Hyg Environ Health, 207(6) [2004]: 571-575.

(4) Villanueva C.M., Cantor K.P., Grimalt J.O. *et al.*; Bladder cancer and exposure to water disinfection by-products through ingestion, bathing, showering, and swimming in pools; Am J Epidemiol, 165(2) [2007]: 148-156.



EXPOLOGIE – EVALUATION DES RISQUES

Exposition individuelle à la pollution de l'air en milieu urbain : l'exemple de Marseille

Source : Viala A. et Grimaldi F. ; Exposition individuelle à la pollution de l'air en milieu urbain : l'exemple de Marseille ; Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine, 191(1) [2007]: 21-33.

Article analysé par : Anne PLEUVY, Vincent Nedellec Consultants ; anne.pleuvy@vnc-sante.fr

Les effets de l'exposition à une substance varient notamment en fonction de la dose de substance, de la fréquence et de la durée d'exposition, de facteurs individuels. Les études d'exposition sont donc recommandées pour évaluer le risque encouru. De telles études prennent en considération la pluralité des environnements fréquentés, la diversité des polluants et la variabilité spatio-temporelle de leurs concentrations.

Les principaux objectifs de cette étude d'exposition sont d'évaluer, parmi des volontaires résidant dans l'agglomération marseillaise :

- l'exposition individuelle d'une population urbaine au dioxyde d'azote (NO₂), aux BTEX*, au monoxyde de carbone (CO), à l'ozone (O₃), aux aldéhydes et aux PM_{2,5}*, ainsi que les variations saisonnières ;
- la contribution de la pollution « intérieure » à l'exposition individuelle totale.

Trente volontaires adultes, non fumeurs, peu soumis au tabagisme passif, non exposés professionnellement à des sources de pollution spécifiques, ont porté en permanence, sans s'écarter de leurs conditions de vie habituelles, pendant 48 heures consécutives et à deux reprises (une fois en hiver et une fois en été), un sac à dos contenant le matériel de prélèvement et d'analyse approprié, placé de telle manière que l'échantillonnage ait lieu autant que possible près du nez.

Ce dispositif a permis de mesurer les expositions globales sur les 48 heures aux NO₂, BTEX*, PM_{2,5}* et aldéhydes. Parallèlement, la part de la pollution intérieure dans l'exposition totale a été estimée à l'aide d'un capteur mis en service uniquement pendant que le volontaire était à son domicile.

Les volontaires ont également rempli deux questionnaires : l'un relatif au « cadre de vie » afin de connaître notamment les éventuelles sources intérieures de pollution (moyens de chauffage, de ventilation...) et l'autre sur le « budget espace-temps-activité » s'intéressant à la mobilité spatio-temporelle des volontaires pour un pas temps de quinze minutes.

Les principaux résultats sont les suivants :

- les niveaux d'exposition individuelle globale au NO₂ sont relativement faibles, et plus faibles en

été qu'en hiver (32,9 µg.m⁻³ contre 45,1 µg.m⁻³). Dans l'habitat, les concentrations de NO₂ sont également plus faibles en été qu'en hiver (30,5 µg.m⁻³ contre 44,2 µg.m⁻³). Elles sont corrélées de façon significative à celles trouvées pour l'exposition globale. Par ailleurs, les concentrations de NO₂ sont plus fortes dans les habitats équipés de cuisinière à gaz que dans ceux pourvus d'un équipement électrique ;

- les concentrations individuelles en benzène et les teneurs dans l'habitat sont élevées, avec des teneurs plus fortes en hiver qu'en été (respectivement 4,1 µg.m⁻³ contre 6,5 µg.m⁻³ et 4,1 µg.m⁻³ contre 8,1 µg.m⁻³). 47 % des volontaires étaient exposés à des concentrations moyennes dépassant la valeur limite actuelle en moyenne annuelle (5 µg.m⁻³) dont 13 % à des concentrations supérieures à 10 µg.m⁻³. De tels niveaux seraient liés aux combustions automobiles, au remplissage des réservoirs de carburant, au tabagisme passif, aux travaux de peinture et aux activités de ménage et de bricolage. Les mêmes tendances ont été observées pour les dérivés du benzène ;
- l'exposition au CO a été faible mais significativement plus élevée en hiver qu'en été (respectivement 3,6 ppm et 0,9 ppm). Les pics de CO observés aussi bien en été qu'en hiver correspondent au temps passé dans l'habitable d'un véhicule en marche ou à une exposition à la fumée de tabac environnementale ;
- les concentrations moyennes en ozone ont été significativement plus élevées en été qu'en hiver (48,1 µg.m⁻³ versus 18,1 µg.m⁻³) en relation avec une pollution photochimique plus importante ;
- les aldéhydes majoritaires sont le formaldéhyde, l'acétaldéhyde et l'acroléine. Seul le formaldéhyde présente une corrélation entre l'exposition individuelle globale et les concentrations intérieures ;
- les niveaux de PM_{2,5}* sont élevés (moyennes supérieures à 20 µg.m⁻³) avec des teneurs plus élevées en hiver dans l'habitat (hiver : 80,7 µg.m⁻³ ; été : 41,7 µg.m⁻³) et en été pour l'exposition individuelle (été : 86,8 µg.m⁻³ ; hiver : 21,2 µg.m⁻³).

Cette étude confirme l'impact des saisons sur les variations de la pollution et montre la nécessité de mettre en place des actions de prévention rigoureuses contre des toxiques tels que le benzène et une surveillance de toute augmentation des teneurs en particules fines. Dans leur conclusion, les auteurs soulignent les difficultés de mise en pratique d'un tel protocole (trouver des volontaires) et ses limites (nombre limité de polluants). Ils mentionnent également les progrès à effectuer dans le domaine de l'expologie, à savoir l'utilisation de la modélisation afin de limiter la lourdeur de mise en œuvre de telles études.

Commentaires

L'intérêt de cette étude est de mettre en évidence l'exposition réelle d'une population urbaine à la pollution de l'air en fonction des saisons. Les résultats montrent également que nous sommes très inégalement exposés à la pollution et que la part revenant à l'habitat varie fortement d'une résidence

à l'autre. Il aurait été aussi intéressant d'analyser plus précisément la corrélation entre le budget espace-temps-activité, le cadre de vie et le niveau d'exposition afin de savoir, par exemple, si c'est la même personne qui est peu exposée à tous les polluants retenus. Par ailleurs, ce même protocole pourrait être suivi lors de futures études afin d'évaluer l'exposition des individus au cours des week-ends.

Un protocole similaire a d'ores et déjà été mis en place très récemment (le 13 février et le 12 juin 2007) par l'association de surveillance de la qualité de l'air à Paris, Airparif, sur un plus grand nombre de personnes (150 franciliens). Le rapport complet de cette étude n'est pas encore disponible. Toutefois, d'après un communiqué de presse d'Airparif, cette étude montre notamment l'impact du transport en voiture sur le niveau moyen d'exposition journalier au benzène, ce qui confirme les résultats obtenus à Marseille.



EXPOLOGIE – EVALUATION DES RISQUES

Méta-analyse de la fréquence des contacts main-bouche des enfants pour estimer l'exposition par ingestion non alimentaire

Source : Xue J.P., Zartarian V., Moya J. *et al.* ; A meta-analysis of children's hand-to-mouth frequency data for estimating nondietary ingestion exposure ; Risk Analysis, 27(2) [2007]: 411-420.

Article analysé par : Frédéric DOR, Institut de veille sanitaire – InVS ; f.dor@invs.sante.fr

La quantité de sol et de poussières ingérée quotidiennement est une variable humaine d'exposition prépondérante dans l'estimation des doses d'exposition. Une des méthodes permettant d'apprécier cette quantité combine quatre paramètres : le nombre de contacts main-bouche au cours d'une journée, la durée de ces contacts, la surface des mains ou des objets en contact avec la bouche et la quantité de sol et poussières présente sur cette surface.

Les auteurs ont réalisé une méta-analyse des données brutes de neuf études portant sur la fréquence quotidienne des contacts main-bouche, afin de renseigner ce paramètre pour chacune des sept tranches d'âge préconisées par l'US-EPA* : moins de 3 mois ; de 3 à 6 mois ; de 6 mois à 1 an ; de 1 à 2 ans ; de 2 à 3 ans ; de 3 à 6 ans et de 6 à 11 ans. Il était important de se reporter aux données brutes sollicitées auprès des auteurs des études choisies afin de pouvoir être à même de regrouper les données issues de protocoles présentant des différences. Cette méta-analyse a permis d'apprécier la variabilité et l'incertitude des distributions de la fréquence de ces contacts.

Les principaux éléments et résultats obtenus sont les suivants :

- cette méta-analyse a permis de rassembler 429 enfants âgés de 0,3 à 12 ans ;
- les deux facteurs influençant la fréquence des contacts main-bouche sont l'âge et le fait d'être à l'intérieur ou à l'extérieur. Plus l'âge augmente, plus la fréquence des contacts est faible ;
- en revanche, le sexe et le protocole de l'étude n'ont pas d'influence ; notamment il n'y a pas de différence du nombre de contacts main-bouche (pendant la période de l'étude) quelle que soit la méthode utilisée pour les comptabiliser ;
- en moyenne, le nombre de contacts main-bouche à l'intérieur est de 6,7 par heure (enfants de 6 à 11 ans) à 28 par heure (enfants de 3 à 6 mois). À l'extérieur, il est de 2,9 par heure (enfants de 6 à 11 ans) à 14,5 par heure (enfants de 6 à 12 mois) ;

- la différence de fréquence de contacts entre l'intérieur et l'extérieur est la plus élevée pour la tranche d'âge 2-3 ans : elle est de 2,4 ;
- que l'enfant soit à l'extérieur ou à l'intérieur, les variations inter- et intra-individuelles sont respectivement de 60 et 30 %. Les différences de variance entre les études sont plus grandes que celles observées sur les moyennes ;
- les données disponibles suivent clairement la distribution de Weibull ;
- l'incertitude est la plus grande pour le groupe des 6-11 ans, suivi des classes d'âge 3-6 ans et 6-12 mois. Cette incertitude est liée à la faiblesse des effectifs dans ces tranches d'âge.

Commentaires

Cette méta-analyse est très intéressante et riche d'enseignements pour la réflexion sur la quantité de sol ingérée. Cependant, ces seuls résultats ne peuvent être intégrés dans une démarche d'évaluation du risque. En effet, ils ne retracent que les observations ou les enregistrements effectués sur quelques heures d'étude avec les enfants. Une extrapolation sur la journée et sur la récurrence de cette fréquence au long des jours et des semaines dans une estimation de chronicité de l'exposition est plutôt hasardeuse. Ils permettent cependant de mettre en évidence la rapide évolution des comportements des enfants concernant les contacts main-bouche.

On est également encore loin de pouvoir intégrer cette connaissance dans les évaluations quantitatives du risque sanitaire, car il ne s'agit que d'un seul paramètre parmi les quatre, cités en introduction, nécessaires à l'établissement d'une quantité quotidienne de sol et poussières ingérée par un enfant. Les trois autres paramètres sont particulièrement complexes à appréhender au cours des études.

Ces données sont toutefois un complément très intéressant pour apprécier la vraisemblance de la quantité de sol ingérée estimée à partir de l'autre méthode largement développée, la méthode des traceurs, qui consiste à établir la conservation des masses entre les entrées et les sorties de composés métalliques présents dans les sols et non absorbés au niveau gastro-intestinal. Cette méthode par observation directe du comportement est une façon d'objectiver que l'enjeu autour de la place de la quantité de sol ingérée dans la dose d'exposition est important.

Conscients de cet enjeu, les auteurs insistent en fin d'article sur la nécessité de conduire des études selon un protocole standardisé afin de faciliter l'analyse inter-études.

À lire également :

Zhao W.X., Hopke P.K., Gelfand E.W., Rabinovitch N. ; Use of an expanded receptor model for personal exposure analysis in schoolchildren with asthma ; *Atmospheric Environment*, 41(19) [2007]: 4084-4096.

Liu W., Zhang J.J., Korn L.R. *et al.* ; Predicting personal exposure to airborne carbonyls using residential measurements and time/activity data ; *Atmospheric Environment*, 41(25) [2007]: 5280-5288.

Fromme H., Albrecht M., Angerer J. *et al.* ; Integrated Exposure Assessment Survey (INES) Exposure to persistent and bioaccumulative chemicals in Bavaria, Germany ; *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 210(3-4) [2007]: 345-349.

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

Bohlin P., Jones K.C., Strandberg B. ; Occupational and indoor air exposure to persistent organic pollutants: A review of passive sampling techniques and needs ; *Journal of Environmental Monitoring*, 9(6) [2007]: 501-509.

Pauli G., de Blay F., Ott M., Verot A. ; Is it necessary to assess and measure the environmental allergen load? ; *Revue Française d'Allergologie et d'Immunologie Clinique*, 47(4) [2007]: 333-335.

Nielsen G.D., Wolkoff P., Alarie Y. ; Sensory irritation: Risk assessment approaches ; *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 48(1) [2007]: 6-18.

Bernard A. ; Chlorination products: Emerging links with allergic diseases ; *Current Medicinal Chemistry*, 14(16) [2007]: 1771-1782.

Hope A.P., Simon R.A. ; Excess dampness and mold growth in homes: An evidence-based review of the aeroirritant effect and its potential causes ; *Allergy and Asthma Proceedings*, 28(3) [2007]: 262-270.

Mendell M.J. ; Indoor residential chemical emissions as risk factors for-respiratory and allergic effects in children: a review ; *Indoor Air*, 17(4) [2007]: 259-277.

Wu F., Takaro T.K. ; Childhood asthma and environmental interventions ; *Environmental Health Perspectives*, 115(6) [2007]: 971-975.

Wang S.B., Ang H.M., Tade M.O. ; Volatile organic compounds in indoor environment and photocatalytic oxidation: State of the art ; *Environment International*, 33(5) [2007]: 694-705.

Daniels S.L. ; On the qualities of the air as affected by radiant energies (photocatalytic ionization processes for remediation of indoor environments) ; *Journal of Environmental Engineering and Science*, 6(3) [2007]: 329-342.

Geens A., Snelson D., Al-Madfai H. *et al.* ; The role of ventilation in maintaining indoor air quality with particular reference to environmental tobacco smoke - A comprehensive review ; *International Journal of Innovative Computing Information and Control*, 3(3) [2007]: 761-787.

Mudarri D., Fisk W.J. ; Public health and economic impact of dampness and mold ; *Indoor Air*, 17(3) [2007]: 226-235.

Mini-monographie, Environmental Health Perspectives, 115(6) [2007] :

Wu F., Jacobs D., Mitchell C. *et al.* ; Improving indoor environmental quality for public health: Impediments and policy recommendations ; Pages: 953-957.

Mitchell C.S., Zhang J.J., Sigsgaard T. *et al.* ; Current state of the science: Health effects and indoor environmental quality ; Pages: 958-964.

Loftness V., Hakkinen B., Adan O., Nevalainen A. ; Elements that contribute to healthy building design ; Pages: 965-970.

Jacobs D.E., Kelly T., Sobolewski J. ; Linking public health, housing, and indoor environmental policy: Successes and challenges at local and federal agencies in the United States ; Pages: 976-982.

Adan O.C.G., Ng-A-Tham J., Hanke W. *et al.* ; In search of a common European approach to a healthy indoor environment ; Pages: 983-988.

INFORMATIONS DIVERSES

Comptes-rendus de congrès

Qualité de l'air, lieux de vie et santé, Salon POLLUTEC, Villepinte, 28 novembre 2007

Cette journée, organisée par l'OQAI* et Europe & Environnement, avait pour objectif de présenter les travaux récents de l'Observatoire, et notamment les premiers résultats de son programme « Enfants ». Ce dernier vise à étudier plus spécifiquement la qualité des lieux de vie fréquentés par les enfants de 0 à 18 ans, au travers de plusieurs types d'études définies selon les besoins propres à chaque environnement. Ainsi, pour les piscines d'une part et les patinoires d'autre part, une revue bibliographique des données disponibles (mesures de qualité de l'air notamment), puis un état des lieux du parc national (nombre d'établissements, équipements de chauffage et ventilation, systèmes de traitement de l'eau ou de surfacage de la glace...), établi au moyen d'un questionnaire postal, ont été réalisés. Parallèlement, les budgets espace-temps-activité des enfants dans les lieux de loisirs et de garde ont été déterminés au moyen d'une enquête téléphonique de grande ampleur.

En lien avec le programme « Logements » de l'OQAI*, l'état de la contamination fongique des habitats français et les résultats de l'étude relative à la santé allergique et respiratoire ont été présentés. Par ailleurs, les enseignements de la veille documentaire (travaux français et des autres pays) réalisée systématiquement par l'OQAI* depuis sa mise en place, ont fait l'objet d'un exposé. Enfin, la dernière partie des communications était consacrée à la gestion, plus particulièrement à la prise en compte des critères de QAI* au travers de différents exemples : caractérisation des émissions des matériaux et témoignages d'un architecte allemand et d'une collectivité territoriale française.

➔ Les résumés et supports visuels des présentations sont disponibles sur le site Internet de l'OQAI* : <http://www.air-interieur.org>

Emissions & odours from materials, Bruxelles, 17-18 octobre 2007

Cette conférence annuelle organisée par le Centre belge de ressources technologiques en chimie (CERTECH) a réuni, pour sa 5^{ème} édition, plus de 110 participants, industriels, spécialistes matériaux, scientifiques de R&D, experts en réglementation. Les principaux thèmes abordés couvraient les aspects réglementaires et les labels, la qualité de l'air intérieur, les additifs et polymères, les développements analytiques et les odeurs.

Une mise en parallèle des différents labels européens existants pour évaluer les émissions des matériaux a été réalisée par Eurofins : des travaux de normalisation et des projets existent au niveau européen. Un travail d'harmonisation a par ailleurs démarré. La question des valeurs limites en COV* totaux ou des valeurs limites spécifiques, en particulier celles du formaldéhyde (120 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ en Allemagne et 10 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ en France), a notamment été discutée.

Hewlett-Packard, en association avec le Conseil européen des industries chimiques (CEFIC), a présenté une approche holistique, privilégiant une prise en compte globale des facteurs influençant la qualité de l'air intérieur plutôt que les mesures de COV* par source d'émission.

Par ailleurs, les récents développements de procédés et produits dans le domaine ont été présentés : le système d'épuration d'air par photocatalyse du CERTECH, l'approche de Borealis et les produits masquants d'odeur de Givaudan et Phodé.

Enfin, de nouveaux développements analytiques ont fait l'objet de présentations : la mesure rapide en ligne du formaldéhyde par Aero-Laser, l'analyse d'arômes par l'École nationale d'ingénieurs des techniques des industries agricoles et alimentaires (ENITIAA) et le nez électronique par Alpha Mos.

➔ Pour plus d'informations, voir le site : <http://www.certech.be> ou contacter Tiphaine PACARY : tiphaine.pacary@certech.be

Thèse

Contribution expérimentale et numérique à l'étude du dépôt des particules fines dans les cavités ventilées

Ce travail d'étude des polluants particuliers apporte un complément à la fois expérimental et numérique à la connaissance existante sur la qualité de l'air intérieur dans les locaux ventilés. Dans un premier temps, un état de l'art des études existantes sur la dispersion et le dépôt des particules fines dans les cavités ventilées a été réalisé. Le volet expérimental a été dédié à la réalisation d'expérimentations sur le dépôt des particules dans deux cellules de rapport d'échelle 1 à 4. Ces travaux mettent en évidence la dispersion des résultats issus de la bibliographie et la difficulté de comparer des résultats issus de cellules de tailles différentes. Dans chaque cas, le dépôt a été étudié, en fonction à la fois de la configuration de ventilation et du taux de renouvellement d'air. Au cours d'une analyse numérique plus détaillée, le mouvement de la phase fluide, puis la dispersion et

le dépôt des particules fines dans des cavités ventilées ont été déterminés. Une méthode lagrangienne, dans laquelle ont été intégrés les effets de la diffusion brownienne, a été développée. Cette approche devient cependant rapidement trop onéreuse et donc inopérante pour des particules de taille inférieure à 0,5 μm . C'est pour cette raison qu'ensuite une approche eulérienne a été mise en œuvre ; elle paraît mieux adaptée pour les particules submicroniques. En effet, la comparaison des valeurs calculées avec celles mesurées dans les mêmes configurations souligne les bonnes performances de la méthode eulérienne pour cette taille de particules.

➔ Pour plus d'informations, contacter Timea DENES-BEJAT : timea.denes@univ-lr.fr

Qualité de l'air intérieur : étude des motivations et des freins à l'élaboration d'indices de qualité de l'air intérieur

Les recherches développées au sein de l'OQAI* montrent combien la question de la qualité de l'air dans les bâtiments se pose comme un enjeu de santé publique. Elle constitue une préoccupation grandissante au sein des pouvoirs publics au point de faire l'objet d'actions prioritaires dans le Plan National Santé Environnement et d'être mise en avant dans les conclusions du Grenelle de l'environnement (en relation avec les questions énergétique et acoustique). L'élaboration d'indices de qualité d'air intérieur a été engagée par l'OQAI* dès 2006 dans le but de communiquer, informer et sensibiliser les acteurs non spécialistes sur la pollution dans les bâtiments. Suite à un travail d'inventaire et d'analyse critique des divers indices existants en France et à l'étranger, l'OQAI* a souhaité définir les indices en fonction des attentes des différents utilisateurs en s'inscrivant dans une démarche intégrative qui questionne la dimension socio-économique.

Le CSTB* a mené une étude qualitative auprès d'acteurs du bâtiment afin de connaître leurs attentes, leurs besoins, leurs motivations, mais aussi leurs craintes et les freins relatifs à la mise en œuvre d'un tel indice ⁽¹⁾. L'enquête a été effectuée selon une méthode courante en psychologie sociale et environnementale ; vingt-et-un entretiens semi-directifs ont été menés auprès de gestionnaires de bâtiments (logements, bâtiments scolaires et du secteur tertiaire), des commanditaires (Direction générale de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction, Direction générale de la santé, Direction de la prévention des pollutions et des risques, CSTB*) et de personnes ressources concernées par la qualité de l'air intérieur (CERTIVEA ⁽²⁾, Association pour la prévention de la pollution atmosphérique, Commission de sécurité des consommateurs, Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris, association QUALITEL).

L'analyse du discours a fait ressortir quatre axes de résultat majeurs.

- (1) L'indice est davantage représenté comme une menace et les risques perçus sont pléthores à l'image des enjeux décrits par les acteurs. La dualité des enjeux se construit à partir d'une dimension positive qui relève de l'opportunité que constitue l'indice de générer une dynamique autour de l'amélioration de la qualité de l'air intérieur et d'une dimension négative qui repose sur la mesure des risques.

Les enjeux exprimés sont :

- améliorer les connaissances sur la qualité de l'air intérieur par la mesure ;
 - appréhender la qualité de l'air intérieur sous l'angle du risque sanitaire (connaître la toxicité des produits, identifier les dangers et assurer une gestion sécuritaire des bâtiments, développer des leviers d'action) ;
 - identifier les risques perçus (risque sanitaire, affectation des responsabilités dans la gestion de crise, risque social, risque juridique, risque financier, risque lié à la mise en œuvre) ;
 - connaître les conséquences sanitaires des nouvelles normes de construction du bâtiment et de sa rénovation.
- (2) Les acteurs attendent des indices ou sous-indices adaptés à des contextes de mesure différents. Sont ainsi distingués les bâtiments vides des bâtiments occupés, les locaux meublés des non meublés, les logements des bureaux et des établissements scolaires.
 - (3) La dimension comportementale est considérée comme prépondérante dans la gestion du risque. L'indice est envisagé comme un outil permettant d'intervenir sur les comportements. L'enjeu est éducatif. Il s'agit d'amener les occupants à changer leurs habitudes pour adopter de bonnes pratiques.
 - (4) L'indice doit être accompagné d'une réflexion sur les conditions de son appropriation. L'enjeu est de mieux cibler la communication susceptible d'accompagner l'indice et d'optimiser les messages d'information et de sensibilisation qui seront adressés à la population dans sa diversité ; informer pour que chaque occupant devienne acteur dans l'amélioration de la qualité de l'air intérieur, pour éviter les réactions de panique, pour lever des contradictions dans le discours public, pour rompre avec les croyances.

Cette étude révèle combien la culture du risque sanitaire lié à la qualité de l'air intérieur reste à développer dans le cadre de la gestion du risque et de la gestion de crise.

Cette étude a été réalisée dans le cadre du groupe de travail « Indices de qualité de l'air Intérieur » de l'IQAI auquel participent le CSTB, le Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris (LHVP), l'Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail (AFSSET), Aéroports de Paris (ADP), l'Association pour la prévention de la Pollution Atmosphérique (APPA), l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS), Fractal et l'Office public d'aménagement et de construction (OPAC) de Paris. Elle a été financée par les ministères en charge du Logement, de l'Écologie et de la Santé, ainsi que le CSTB*.*

(1) Marchand D. Étude psychologique des motivations et des risques perçus relatifs à l'élaboration d'un indice de la qualité de l'air intérieur. CSTB - Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur p.61, Décembre 2007 et Belair F. Approche psycho-environnementale des attentes et des besoins relatifs à l'élaboration d'un indice de la qualité de l'air intérieur. Rapport de stage. CSTB - Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur p.34, Juillet 2007

(2) CERTIVEA est la filiale de certification des acteurs et des ouvrages de construction du groupe CSTB*.

➔ Pour plus d'informations, contacter Dorothée MARCHAND : dorothee.marchand@cstb.fr

Sur le web

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

- les résultats de la campagne de mesure de la QAI* (COV* et aldéhydes) dans quatre **bureaux** de la cité administrative de Colmar, réalisée par l'Association de surveillance de la qualité de l'air en Alsace (ASPA) en mai 2007. L'ASPA a également publié les résultats du suivi de la QAI* (COV* et aldéhydes) réalisé dans **l'école maternelle et élémentaire** des Vergers à Illkirch-Graffenstaden en mai 2007. Différents types de prélèvements ont été mis en œuvre afin de s'adapter au mieux aux valeurs de référence disponibles et/ou au temps d'exposition des écoliers : prélèvements actifs pendant 30 minutes, prélèvements par canister 3 fois 8 heures et tubes passifs exposés 48 h. Enfin, l'ASPA a recensé de façon approfondie les normes et labels environnementaux existants dans le but de limiter les émissions de **formaldéhyde** par les sources domestiques (matériaux, textiles, appareils de combustion...);
- la mesure des concentrations intérieures en **aldéhydes dans une école du Pas-de-Calais** suite à des irritations des yeux, du nez et de la gorge décrites par les écoliers et leurs institutrices. Les concentrations mesurées (par tubes passifs) se sont révélées habituelles pour ce type de locaux et n'ont pas permis d'expliquer la survenue des symptômes, vraisemblablement plutôt en lien avec des températures élevées dans les salles de classe. Également suite à des plaintes, des mesures de COV* et d'aldéhydes ont été réalisées au moyen de tubes passifs dans différentes salles, principalement des **bureaux**, de l'Hôtel de ville de Cambrai (59). Elles n'ont pas fait apparaître de concentrations élevées au regard des valeurs habituellement rencontrées. Enfin, des **bureaux** ont été investigués durant l'été 2007 dans un ancien immeuble de logements réhabilités en

bureaux (mesure des COV* et aldéhydes au moyen de tubes passifs) ;

- l'impact du **tabagisme dans les lieux publics**. Trois campagnes de mesure d'une durée d'un mois chacune ont été réalisées par ATMO Picardie dans un hall de gare, une cafétéria de supermarché (disposant d'un espace fumeur) et une galerie marchande. Les concentrations intérieures en monoxyde de carbone, PM₁₀*, BTEX* et styrène ont été mesurées au moyen d'analyseurs automatiques ou de tubes passifs. Dans un second volet de la campagne, des mesures de PM_{2,5}* ont été réalisées à l'aide d'un appareil portable (néphélomètre), au cours de deux soirées passées dans 4 bars et 2 restaurants d'Amiens. Les auteurs n'excluent pas la contribution d'autres sources que le tabac, comme les produits de nettoyage par exemple ;
- la qualité de l'air intérieur dans **l'habitable de véhicules** circulant à Paris ou en région parisienne, travaux mis en œuvre par Airparif. L'étude publiée en septembre 2007 fournit les résultats du suivi de la concentration en dioxyde d'azote (NO₂) dans l'habitable d'un véhicule (fenêtres fermées, ventilation au niveau 1, pas de tabagisme) au cours de trajets représentatifs des déplacements des franciliens. Les résultats montrent l'influence indéniable des véhicules avoisinants, notamment du véhicule suivi, sur la QAI* dans l'habitable. Celle-ci est étroitement corrélée à la qualité de l'air extérieur, même si les fluctuations des niveaux de concentrations sont moins importantes dans l'habitable. Dans une seconde étude rendue publique en octobre 2007, le NO₂ et le benzène ont été mesurés au moyen de tubes passifs disposés sur la banquette arrière de 9 voitures ayant effectué un trajet identique, un dimanche puis un lundi. Les concentrations en NO₂ dans les trois véhicules équipés de la fonction recyclage ou d'un filtre à charbon actif sont nettement inférieures à celles mesurées dans les autres. Ceci n'est pas observé pour le benzène ;

- des mesures de qualité de l'air dans **une habitation** de Petit Couronne (76) potentiellement contaminée par les hydrocarbures émis par la nappe phréatique souterraine, elle-même polluée. Cette campagne faisait suite à une première étude, réalisée en 2005 sur plusieurs sites (cf. bulletin *Info Santé Environnement Intérieur* N°15), et qui n'avait pas permis, pour une des maisons investiguées, d'expliquer les fortes teneurs en BTEX* mesurées par la seule hypothèse de la contribution du sous-sol. En 2007, après dégazage et remplissage d'eau de la cuve à fuel inutilisée de la cave, création d'une ventilation naturelle dans cette pièce et suppression de la communication de celle-ci avec la cuisine, les concentrations intérieures en BTEX* ont significativement diminué dans la cave, confirmant bien la contribution de la cuve. Cependant, les concentrations mesurées en 2007 ne permettent pas d'écarter complètement un impact de la nappe. Les concentrations élevées mesurées dans le salon seraient quant à elles plutôt dues aux travaux réalisés par les propriétaires (peinture et isolation).

Campagne de mesure de la qualité de l'air intérieur dans les locaux de la cité administrative de Colmar, Rapport relatif à la campagne de mesure qui s'est déroulée du 30 mai au 01 juin 2007, référencé ASPA 07061301-ID ; Juin 2007 – 11 pages

Suivi de la qualité de l'air en atmosphère intérieure dans les locaux de l'école maternelle et élémentaire Les Vergers - Illkirch Graffenstaden, Rapport relatif à la campagne de mesure qui s'est déroulée du 09 au 25 mai 2007, référencé ASPA 07061303-I-D ; Juin 2007 – 33 pages

Le formaldéhyde, un poison domestique ? Rapport référencé ASPA-07082301-ID ; Août 2007 – 69 pages

→ <http://www.atmo-alsace.net>, Rubriques

Publications > Rapports à télécharger > Air intérieur

Mesure des aldéhydes à l'intérieur de l'école Louis Ledoux de Liettes, ATMO Nord-Pas de Calais, rapport référencé N°1/2007/SE ; Février 2007 – 5 pages

Campagne d'évaluation de la qualité de l'air à l'intérieur et aux abords de la mairie de Cambrai du 12 au 26 février 2007, ATMO Nord-Pas de Calais, rapport référencé N°21/2007/SE ; Septembre 2007 – 38 pages

Campagne d'évaluation de la qualité de l'air intérieur de la Communauté d'Agglomération de l'Artois du 23 juillet au 6 août 2007, ATMO Nord-Pas de Calais, rapport référencé N°23/2007/SE ; Octobre 2007 – 39 pages

→ <http://www.atmo-npdc.fr>

Mesure de polluants issus du tabac dans les espaces clos ouverts au public, ATMO Picardie, Rapport d'essai N°2006/29/R ; version du 4 mai 2007 – 24 pages

→ <http://www.atmo-picardie.com>

Mesures dans le flux de circulation, Étude exploratoire, AIRPARIF ; Septembre 2007 – 35 pages

Mesures et caractérisation de l'air à l'intérieur de l'habitable de voitures, Rapport relatif aux résultats des campagnes de mesure, AIRPARIF ; Octobre 2007 – 15 pages

→ http://www.airparif.asso.fr/airparif/pdf/mesures_embarquees_rapport.pdf

→ http://www.airparif.asso.fr/airparif/pdf/autoplus_rapport.pdf

Mesures complémentaires de benzène dans une habitation de Petit Couronne située dans la zone touchée par une pollution de la nappe phréatique aux hydrocarbures, Air Normand, Rapport d'étude N°E 07_12_07 ; Juillet 2007 – 11 pages

→ <http://www.airnormand.asso.fr>

Deux rapports relatifs au **monoxyde de carbone** ont été publiés en **octobre et décembre 2007** par l'**Institut de veille sanitaire** (InVS). Le premier traite de la communication relative aux intoxications oxycarbonées vis-à-vis de la population. En effet, malgré des campagnes de sensibilisation régulières, le nombre annuel de ces intoxications ne diminue pas en France. Ainsi, afin de mieux comprendre la connaissance du risque CO et d'adapter les messages en conséquence, un échantillon aléatoire de 500 personnes du Lot-et-Garonne a été interrogé par téléphone en septembre 2006. Le plan de sondage a permis d'extrapoler les résultats de l'étude

à l'ensemble des adultes chefs de famille du département. Les résultats indiquent une plutôt bonne conscience du risque, sans que pour autant les caractéristiques et les signes cliniques soient connus précisément. Les supports habituels d'information institutionnelle (plaquettes et messages radiophoniques) semblent en décalage par rapport aux moyens d'information préférentiels de la population (télévision notamment).

Le second rapport fournit un bilan effectué par la Cellule interrégionale d'épidémiologie du Languedoc-Roussillon des données sanitaires régionales sur les intoxications aiguës au monoxyde de carbone (morbidité hospitalière et mortalité, respectivement pour les périodes 1997-2005 et 1997-2002), préalablement au nouveau dispositif de surveillance en place depuis le 1^{er} janvier 2005. Les résultats montrent que l'incidence annuelle régionale des séjours hospitaliers pour cause d'intoxication oxycarbonée est en moyenne égale à 6,3 hospitalisations pour 100 000 habitants. Près des trois-quarts de ces intoxications interviennent en hiver (73 %). Le sex-ratio H/F est de 1,1 et la classe d'âge significativement la plus touchée est celle des 0-14 ans. En moyenne, 13 % des personnes ont été admises en caisson hyperbare. Par ailleurs, les taux annuels de mortalité, toutes origines de l'intoxication confondues, sont de 0,8 décès pour 100 000 habitants dans l'ensemble de la région. Les décès sont répartis de façon équivalente entre les différentes causes de l'intoxication (accident, incendie et suicide).

Enfin, on peut signaler la parution d'un numéro spécial de la **revue semestrielle Air Pur** publiée par le comité régional Nord-Pas de Calais de l'Association pour la prévention de la pollution atmosphérique (APPA) consacré au monoxyde de carbone. Tous les aspects de la problématique (effets sur la santé, sources domestiques, notamment les chauffages d'appoint au pétrole, exposition, surveillance, prévention et information) y sont abordés au travers de dix articles.

Enquête de perception du risque monoxyde de carbone en population générale, Lot-et-Garonne, septembre 2006, Coquet S. et Flamand C., Institut de veille sanitaire ; Octobre 2007 – 37 pages

Intoxications aiguës au monoxyde de carbone, Bilan de la morbidité hospitalière (1997-2005) et de la mortalité (1997-2002), Région Languedoc-Roussillon, Ricoux C., Cellule interrégionale d'épidémiologie Languedoc-Roussillon, Institut de veille sanitaire ; Décembre 2007 – 30 pages

➔ <http://www.invs.sante.fr/>, Rubriques *Publications* > *Santé Environnement*

➔ <http://www.appanpc.fr/Ressources/Airpur/AirPur70.asp>

Trois mémoires d'étudiants du génie sanitaire, promotion 2007, de l'École nationale de la santé publique (ENSP) ont été consacrés à la problématique Bâtiment – Santé. Ils ont traité plus particulièrement des expositions des enfants, via un travail spécifique sur les substances émises par les matériaux de construction (composés d'intérêt et définition des modalités de la réalisation d'une évaluation des risques sanitaires) et un recensement des réglementations et dispositions nationales en Europe relatives aux polluants chimiques domestiques auxquels sont susceptibles d'être exposés les enfants. D'autre part, une réflexion méthodologique pour la détermination de l'impact sanitaire des travaux de rénovation de l'habitat a été proposée.

Étude de la faisabilité d'une évaluation de risques sanitaires pour l'enfant exposé aux matériaux de construction dans l'environnement intérieur, Saihi M., École nationale de la santé publique ; Août 2007 – 72 pages

Exposition des enfants à des substances chimiques évoluant en milieu intérieur, Karim H., École nationale de la santé publique ; Août 2007 – 85 pages

Évaluation de l'impact des travaux d'amélioration de l'habitat sur la santé des occupants : éléments méthodologiques et études de cas, Barberot J., École nationale de la santé publique ; Août 2007 – 130 pages

➔ <http://www.ensp.fr/>, Rubriques *Ressources documentaires* > *Mémoires soutenus en 2007* > *Ingénieurs du Génie Sanitaire*

Un guide pratique relatif à **l'amiante** dans les bâtiments a été publié par les **ministères français de la santé et du logement** en août 2007 à destination des propriétaires d'immeubles bâtis. Il fournit des éléments d'information sur le dispositif réglementaire concernant la protection de la population vis-à-vis des risques liés à l'amiante. Après un rappel des propriétés, emplois et effets sanitaires de l'amiante, ce guide précise les obligations générales des propriétaires s'agissant du repérage et en vue de la constitution du Dossier Technique Amiante, ainsi que les obligations spécifiques en cas de vente ou de démolition. Il fournit des indications sur les opérateurs habilités au

repérage, aux analyses dans les matériaux et dans l'air, aux travaux de retrait et confinement. Enfin, il précise les dispositions relatives au devenir des déchets, ainsi que les aides financières possibles de l'Agence nationale de l'habitat (ANAH).

L'amiante dans les bâtiments. Quelles obligations pour les propriétaires ? Co-édition Ministère de la Santé, de la jeunesse et des sports et Ministère du logement et de la ville ; Août 2007 – 24 pages

➔ <http://www.urbanisme.equipement.gouv.fr/>, Rubriques *Documentation > Publications > Bâtiment et santé*

Le système européen d'information en environnement et santé (EHIS, *European environment and health information system*) a été développé par le bureau régional Europe de l'**Organisation mondiale de la santé** (OMS) en partenariat avec les États-membres suite à la tenue de la 4^{ème} conférence interministérielle sur la santé environnementale de juin 2004. Dans ce contexte, un jeu d'**indicateurs descriptifs de la santé des enfants en lien avec l'environnement** a été établi. **Fin 2007**, l'OMS a publié la *baseline* de l'évaluation, par rapport à laquelle l'évolution des indicateurs permettra de juger de l'efficacité des politiques publiques d'ici à 2009, date de la prochaine conférence interministérielle. S'agissant de l'air intérieur, 1) la proportion d'enfants de 13 à 15 ans exposés à la fumée de tabac au domicile, 2) la proportion de la population vivant dans un

logement pour lequel des problèmes d'humidité ont été rapportés par les occupants et 3) le pourcentage d'enfants de moins de 14 ans exposés à des fumées issues de la combustion résidentielle de combustibles solides sont les indicateurs retenus. L'OMS précise en outre qu'aucun indicateur relatif à la qualité de l'air intérieur à l'école n'a pu être proposé, à défaut de données européennes suffisantes pour cet environnement.

Children's Health and the Environment in Europe: A Baseline Assessment, Dalbokova D., Krzyzanowski M., Lloyd S., WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark, ISBN 978 92 890 7297 7 ; 2007 – 144 pages

➔ <http://www.euro.who.int/Document/E90767.pdf>

La **propreté des dispositifs de ventilation et de traitement d'air** est un élément crucial pour le maintien d'une bonne qualité de l'air intérieur. Des critères numériques ont d'ores et déjà été établis par différents instituts ou associations pour juger de la propreté suffisante des conduits. Au Canada, l'**Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST)** jugeant que les outils disponibles présentent des inconvénients, propose une méthode alternative et de nouveaux critères de déclenchement du nettoyage des gaines de ventilation. Dans le rapport, des recommandations générales de bonnes pratiques sont également fournies pour la réalisation des prélèvements surfaciques dans les conduits.

Critères de déclenchement du nettoyage des systèmes de climatisation, de ventilation et de conditionnement d'air d'édifices non industriels, Lavoie J., Gravel R., Cloutier Y. et Bahloul A., Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST), Rapport R-525 ; 2007 – 20 pages

➔ <http://www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSST/R-525.pdf>

L'**US-EPA*** propose aux gestionnaires de parc de bâtiments scolaires un logiciel de gestion de la qualité de ces environnements intérieurs : **HealthySEAT, Healthy School Environments Assessment Tool**, logiciel librement téléchargeable sur Internet. Cet outil permet de prévenir et corriger les problèmes liés au bâti (au sens large, réseau d'eau

inclus par exemple), en tenant compte également des exigences de performance énergétique. Chaque gestionnaire peut définir des critères prioritaires (matériaux, humidité, pesticides...) et suivre l'évolution de leur mise en œuvre.

➔ <http://www.epa.gov/schools/healthyseat/>

À la demande du Bureau californien de l'air et de la Commission Énergie de Californie, l'**Université de Berkeley et le Lawrence Berkeley National Laboratory** ont conduit une étude approfondie sur les **pratiques et équipements de ventilation des logements californiens**, publiée en **juin 2007**. Un questionnaire a été envoyé par courrier postal à un échantillon stratifié obtenu par tirage aléatoire de 4 972 familles vivant dans une maison individuelle construite en 2003. 1 448 réponses ont été reçues. 67 interviews complémentaires des occupants d'un sous-échantillon de maisons disposant d'une ventilation mécanique contrôlée ont été réalisées. Les principaux enseignements de cette étude mis en avant par les auteurs sont les suivants :

- un grand nombre d'habitations sont sous-ventilées. Seules 10 à 20 % d'entre elles respectent la recommandation fixant à 0,35 h⁻¹ le taux de renouvellement d'air ;
- un nombre important de bouches d'extraction d'air n'est pas utilisé. A titre d'exemple, 30 % des foyers utilisent rarement ou jamais l'extraction d'air dont ils disposent dans leur salle de bains ;
- interrogés sur la perception de la qualité de l'air à leur domicile, 95 % des foyers répondent que cette dernière est acceptable ou très acceptable,

bien que parallèlement un tiers de ces foyers indique un air empoussiéré, sec, stagnant ou humide ;

- mis à part le cas de la cuisson importante d'aliments (plusieurs heures par semaine), il n'apparaît pas que les sources de pollution intérieure motivent les foyers à ventiler plus leur domicile ;
- à l'exception des foyers avec des personnes asthmatiques, la préoccupation sanitaire n'est pas suffisante pour modifier les comportements vis-à-vis de la ventilation ;
- la sécurité et les économies d'énergie sont les deux principales raisons expliquant le maintien des fenêtres fermées.

Study of ventilation practices and household characteristics in new California homes, Prepared for California Energy Commission, PIER Program and the California Air Resources Board, Prepared by University of California, Berkeley and Lawrence Berkeley National Laboratory, CEC-500-2007-033. Final Report, ARB Contract 03-326 ; June 2007 – 230 pages
➔ <http://www.arb.ca.gov/research/apr/past/03-326.pdf>

GLOSSAIRE

BTEX : Benzène, Toluène, Éthylbenzène, Xylènes

COV : Composés Organiques Volatils

CSTB : Centre scientifique et technique du bâtiment

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

OR : Odd Ratio

OQAI : Observatoire de la QAI*

PCR : *Polymerase Chain Reaction*

PM_{2,5/10} : Particules de diamètre aérodynamique médian inférieur à 2,5 / 10 µm

QAI : Qualité de l'Air Intérieur

US-EPA : US *Environmental Protection Agency*

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

Directeur de la publication : Vincent Lafèche

Directeur de la rédaction : André Cicoella

Comité de rédaction du N°21 : Desqueyroux H., Dor F., Guillosoy G., Le Moullec Y., Mandin C. et Ramalho O., avec la participation de Festy B.

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

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

ISSN : En cours

Le réseau RSEIN, en relation avec l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur, est constitué de représentants des structures suivantes : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie, Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique et ses comités régionaux Nord-Pas de Calais et PACA-Marseille, ATMO Poitou-Charentes représentant les Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, 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 Appliqués au Bâtiment, Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris, Laboratoire du Génie de l'Environnement Industriel – antenne de Pau de l'École des Mines d'Alès, MEDIECO, Observatoire Régional de Santé d'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 Consultants.

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