



Info Santé Environnement Intérieur

N°28
septembre 2009

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

ÉDITO

L'air intérieur constitue un axe fort de progrès en santé environnementale. Le premier plan national santé environnement (PNSE) a permis des avancées remarquables sur la connaissance des pollutions de nos environnements intérieurs, avec notamment le lancement par l'observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) des premières enquêtes de grande ampleur sur la qualité de l'air dans les logements et dans les écoles. Il est impératif de poursuivre le travail accompli, c'est pourquoi ce thème a été retenu comme prioritaire pour le deuxième plan national santé environnement (PNSE 2), avec cette fois des engagements sur des actions de réduction de la pollution.

Limiter les sources de pollution à l'intérieur des bâtiments

Conformément aux engagements du Grenelle, le PNSE 2 propose de :

- mettre en place progressivement un étiquetage obligatoire relatif aux émissions (COV et formaldéhyde) des produits de construction et de décoration puis aux autres sources intérieures les plus significatives (meubles, produits d'entretien...);
- interdire les substances classées cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques dans les matériaux de construction et les produits de décoration : trichloréthylène, benzène et deux phtalates ;
- restreindre l'utilisation du formaldéhyde pour certains usages.

Construire sainement

Le Grenelle de l'environnement a fixé des objectifs ambitieux de réduction de la consommation énergétique dans le domaine du bâtiment. Il convient de s'assurer que cela ne se fera pas au détriment de la qualité de l'air intérieur. C'est pourquoi, le MEEDDM agira afin de :

- produire des recommandations techniques et pratiques pour aider les professionnels et les particuliers sur l'aération dans les opérations de rénovation ;
- développer des outils d'aide aux maîtres d'ouvrage pour la réception des bâtiments adaptés aux réglementations en matière d'aération, de ventilation et d'acoustique ;
- former les professionnels du bâtiment à la Qualité de l'Air Intérieur.

Mieux connaître l'état de la qualité de l'air intérieur dans les lieux publics

Le projet de loi portant engagement national pour l'environnement prévoit de rendre obligatoire la surveillance périodique de la qualité de l'air dans certains établissements recevant du public.

Afin de préparer la mise en œuvre de cette disposition, une campagne pilote de mesure de la qualité de l'air vient d'être lancée dans 150 écoles et crèches. Les polluants qui seront mesurés sont le formaldéhyde, le benzène, ainsi que le dioxyde de carbone (CO₂), représentatif du niveau de confinement des locaux. Cette campagne permettra avant tout de tester les dispositifs de mesure de la qualité de l'air intérieur.

Accompagner les personnes sensibles

Enfin, il est prévu de développer le métier de conseiller médical en environnement intérieur (CMEI). Le conseiller, intervenant généralement sur prescription médicale, est chargé d'identifier les diverses sources d'allergènes et de polluants au domicile de personnes souffrant de maladies respiratoires ou allergiques liées à l'air intérieur. À cette fin, le MEEDDM lancera un appel à projet fin 2009 ou début 2010 permettant de subventionner une dizaine de postes répartis sur 4 régions françaises durant 3 ans.

Aurélie Vieillefosse, MEEDDM

SOMMAIRE

Substances → p 2 ; Lieux de vie → p 5 ; Effets sanitaires → p 7 ; Expologie – Évaluation des risques → p 11 ; Informations diverses → p 18.

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 également invité à consulter le texte intégral de chaque article analysé.

GLOSSAIRE

COV : Composés Organiques Volatils

CSTB : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

DJA : Dose Journalière Admissible

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

MEEDDM : Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer

NOAEL : No Observable Adverse Effect Level

OR : Odd Ratio

OQAI : Observatoire de la QAI

PBDE : PolyBromo Diphényle Éthers

PCR : *Polymerase Chain Reaction*

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

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

QAI : Qualité de l'Air Intérieur

VTR : Valeur Toxicologique de Référence



SUBSTANCES

Facteurs d'émission de particules durant des activités de cuisine

Source : G. Buonanno, L. Morawska, L. Stabile (2009). *Particle emission factors during cooking activities*, **Atmospheric Environment** 43; 3235–3242.

Article analysé par : Gaëlle Guillosoou, Service des Études Médicales d'EDF ; gaelle.guillossou@edf.fr

La cuisson des aliments accroît de façon notable les concentrations de particules PM₁₀, PM_{2,5} et surtout de particules ultrafines (PUF), dans l'air intérieur.

La présente étude a souhaité évaluer, de façon expérimentale, l'influence de la nature des aliments cuisinés (légumes, viandes, fromage...), de la nature de l'huile utilisée (olive, tournesol, arachide), et enfin de la température, du type (au gaz ou à l'électricité) et du mode de cuisson (friture, grill), sur les émissions particulières (surface, morphologie, nombre et granulométrie) de cette activité domestique.

La campagne expérimentale s'est déroulée entre mai et septembre 2008 dans un laboratoire italien (San Vittore del Lazio), de 80 m² et 2,8 m de hauteur, équipé d'une cuisinière au gaz (mélange de butane et propane) et d'une cuisinière électrique.

Deux conditions de ventilation du laboratoire ont été appliquées durant la campagne : une ventilation minimale (portes et fenêtres fermées) puis une ventilation dite normale (portes et fenêtres fermées avec ventilation mécanique). Du fromage (mozzarella), des aubergines, du lard et des saucisses ont été grillés (cuisson sans matière grasse) sur chacune des 2 cuisinières, à gaz et électrique, réglées au minimum puis au maximum de leur puissance. Ensuite, de façon à évaluer les émissions particulières de la friture au gaz et à l'électricité, 50 grammes de frites (puis 250 g de fromage, spécifiquement pour la friture électrique) ont été plongés, soit dans de l'huile d'olive chaude, soit dans de l'huile d'arachide chaude, soit dans de l'huile de tournesol « spéciale friture » chaude, sur la gazinière portée au maximum de sa puissance et dans une friteuse électrique, sans couvercle, fonctionnant à température constante (190 °C).

Durant ces activités, divers paramètres ont fait l'objet de mesures : le taux de renouvellement d'air dans le laboratoire ; la concentration, la granulométrie, la masse, ainsi que la morphologie des particules émises par l'activité de cuisson ; et enfin la température de cuisson. Le point de mesure était situé à 2 m des appareils de cuisson et tous les mesurages se faisaient en 3 étapes : mesure du bruit de fond (avant cuisson) durant 5 minutes, puis mesures durant l'activité de cuisson, et enfin, 30 à 40 minutes de mesures après l'arrêt de la cuisson.

Griller des aliments sur une gazinière génère plus de particules (en nombre) que griller à partir d'une cuisinière électrique, le bruit de fond « hors cuisson » des particules émises par la gazinière étant déjà supérieur. Le taux d'émission particulaire augmente parallèlement à la température de cuisson. 98 % des particules émises (nombre) étaient des particules ultrafines, contribuant peu à la concentration en masse.

Par ailleurs, griller des aliments gras entraîne des facteurs d'émission (masse et surface spécifique) supérieurs à ceux liés aux grillades d'aliments pauvres en graisses (légumes). Le pic d'émission (concentration massique) durant la cuisson du lard était par exemple plus de 40 fois supérieur au bruit de fond avant grillade. Ce rapport était ramené à 8 lors de la grillade des légumes. Les PM₁ contribuaient majoritairement à la concentration massique.

Enfin, la friture à l'huile d'olive, sur gazinière, génère les facteurs d'émission (en nombre, masse et surface spécifique) les plus élevés, indiquant que cette matière grasse est la moins adaptée pour ce mode de cuisson. A l'inverse, l'huile de tournesol semble la plus adaptée à la friture, puisque qu'elle entraîne les facteurs d'émission les plus faibles. Les facteurs d'émissions les plus réduits sont quoi qu'il en soit obtenus avec la friteuse électrique, probablement grâce à une température de friture relativement basse et stable.

La suite de l'étude devraient se pencher plus spécifiquement sur la morphologie et la composition chimique des particules, afin d'augmenter les connaissances sur les caractéristiques et les éventuels effets sanitaires des émissions générées par cette activité domestique.

Commentaires et conclusion du lecteur

Cette étude, très intéressante, est très complète compte tenu des nombreux paramètres mesurés liés aux émissions particulières, des multiples variables testées, et du support bibliographique abondant. Elle participe indéniablement à l'augmentation des connaissances des émissions chimiques dans l'air intérieur liées aux activités domestiques quotidiennes. Cependant, la richesse même de tous ces paramètres rend l'étude complexe et ses objectifs précis difficiles à cerner.

Par ailleurs, les scénarii testés paraissent parfois inéquitables : une seule gazinière puis une seule cuisinière ont été testées (il aurait été intéressant de tester un plus grand nombre d'appareils), aucun renseignement n'est donné sur leur vétusté, leur propreté. Par ailleurs, l'activité de friture a été évaluée à partir d'une cuisinière à gaz, puis d'une friteuse électrique. Ces deux appareils ont des fonctionnements très différents et difficilement comparables.

Enfin, la durée des temps de cuisson et l'influence du scénario de ventilation ne sont pas renseignées. Il aurait été intéressant de préciser ces paramètres.



SUBSTANCES

La fragmentation de spores mycéliennes en fonction de la vitesse d'air et des techniques de génération de l'aérosol

Source : Kanaani, Hargreaves *et al.* (2009) - *Fungal spore fragmentation as a function of airflow rates and fungal generation methods*. *Atmospheric Environment*. 43 (24): 3725-3735.

Article analysé par : Annie Mouilleseaux, annie.mouilleseaux@noos.fr

La libération passive de spores mycéliennes dépend de nombreux facteurs parmi lesquels la vitesse de l'air. Les études antérieures menées sur cet aspect n'utilisaient qu'une faible échelle de vitesses. L'objectif de la recherche rapportée est la caractérisation qualitative et quantitative des fragments issus de 3 espèces fongiques : *Aspergillus niger* (*Asp.*), *Penicillium sp.* (*Pen.*), *Cladosporium cladosporioides* (*Clado.*) selon différents modes de mobilisation des spores et de vitesses d'air.

Dans une chambre d'expérience (biologie classe IIA), des cultures des 3 espèces choisies sont soumises à 3 méthodes (M.) de génération d'aérosols : (i) M. directe (M1) : les cultures sont balayées par un courant d'air filtré (vitesse de 0,1 à 10 m.s⁻¹) ; (ii) M. Ventilateur (M2) : les cultures sont placées à des distances variées d'un ventilateur générant une vitesse de 0,1 à 5,3 m.s⁻¹ ; (iii) M. FSST [testeur de la force fongique] (M3) : la culture est coiffée par le FSST dans lequel de l'air filtré entre par une plaque perforée, balaie la totalité de la surface de la culture mycélienne à une vitesse de 0,1 à 5,5 m.s⁻¹ puis est envoyé vers la chambre et analysé.

Les analyses particulières sont pratiquées avec un UV-APST^{TM1} et/ou un SMPS (couplé à un compteur de noyaux de condensation)². De nombreux essais en parallèle sont effectués avec des temps d'échantillonnage de 20 s pour l'UV-APSTTM et de 120 s pour le SMPS sur des durées pouvant atteindre 3 heures.

Compte tenu des résultats d'une étude précédente, toute modification soudaine et significative du nombre de particules émises est considérée comme le résultat d'une fragmentation. La fragmentation est observée pour les 3 espèces et les 3 M. ; les particules émises sont plus petites dans les échantillons fragmentés que dans les non fragmentés. Aucun fragment n'est détecté pour les vitesses d'air de 0,1 et 0,4 m.s⁻¹. La courbe de répartition des diamètres des fragments pour les 3 M, est trimodale pour *Pen.* (0,54 ; 0,97 et 2,2 µm), et *Asp.* (0,54 ; 1,38 et 3,27 µm), quadrimodale pour *Clado.* (0,54 ; 1,48 ; 2,28 et 3,27 µm). Après fragmentation et pour les 3 espèces, la teneur en particules les plus grandes décroît alors que celle des petites particules augmente (leur nombre pouvant être multiplié par 5000). Elle dépend de la concentration initiale, de la vitesse, de la méthode, de l'espèce et du nombre initial des particules fines avant fragmentation. Il est difficile, en utilisant seulement l'analyse UV-APSTTM, de déterminer si une spore se fragmente en 3 (ou plus) entités plus petites car le nombre total de particules submicroniques, le nombre total et la concentration de particules par échantillon aurait dû augmenter beaucoup plus qu'observé. Cela suggère que les spores sont scindées en 2 parties plus grandes et que quelques unes d'entre elles sont fragmentées en fragments si petits qu'elles ne sont détectables qu'avec le SMPS. Suite à la fragmentation, le nombre de particules submicroniques est multiplié par 400, 9 et 6 respectivement pour *Pen.*, *Asp.* et *Clado.* Potentiellement porteuses d'antigènes et/ou de mycotoxines, ces particules capables de pénétrer dans les alvéoles pulmonaires peuvent être associées à des effets sur la santé. Pour la première fois, l'étude a mis en évidence des corrélations entre le nombre de spores et de fragments, sans doute en raison de l'utilisation de techniques différentes de celles des essais antérieurs.

En conclusion, aucun fragment n'est détecté aux vitesses d'air (0,1 et 0,4 m.s⁻¹) rencontrées en ambiances intérieures. Des corrélations sont trouvées entre les pourcentages de fragmentation et la vitesse d'air. Ce sont bien les spores qui se fragmentent en 2 ou N particules submicroniques dont le nombre augmente beaucoup.

Commentaires et conclusion du lecteur

L'application des techniques physiques d'analyse granulométrique des particules à l'étude des aérosols mycéliens est particulièrement intéressante car elle permet d'atteindre le domaine submicronique peu exploré en mycologie. L'étude suggère que la fragmentation qui enrichit l'atmosphère en particules très fines exige des vitesses d'air supérieures à celles habituellement rencontrées dans les ambiances intérieures (excepté les conduits de ventilation où la vitesse d'air est beaucoup plus grande). L'utilisation de générateurs d'aérosols simples comme un ventilateur rapproche ces recherches des conditions de terrain.

Autres articles d'intérêt sur la thématique SUBSTANCES :

Kaarakainen, Rintala et al. (2009) - *Microbial content of house dust samples determined with qPCR*. **Science of The Total Environment**. 407 (16): 4673-4680.

Wen, Yu et al. (2009) - *Detection of viral aerosols by use of real-time quantitative PCR*. **Aerobiologia**. 25 (2): 65-73.

¹ Ultraviolet Aerodynamic Particle Sizer Spectrometer : mesure le diamètre aérodynamique (0,5 et 15 µm), l'intensité de la lumière diffuse et la fluorescence de chaque particule aérogène en temps réel.

² Scanning Mobility Particle SizerTM : Instruments de mesure des particules submicroniques (0,015 - 0,750 µm) qui utilisent une technique de balayage bref et continu pour fournir rapidement des mesures haute résolution.



LIEUX DE VIE

Qualité de l'air dans les écoles et symptômes ressentis par les enseignants au Portugal

Source : Madureira J, Alvim-Ferraz M, Rodrigues S *et al* (2009). *Indoor air quality in schools and health symptoms among Portuguese teachers*. **Human and ecological risk assessment: an international journal**, 15: 159-169.

Article analysé par : Marie-Thérèse Guillaum, SEPIA-Santé; mtguillaum_sepia@orange.fr

La qualité de l'air intérieur est très étudiée dans les immeubles de bureaux. D'une manière générale, les écoles ont fait l'objet de moins d'investigations. Pourtant, ces dernières présentent des spécificités *a priori* aggravantes, comme la forte occupation, la ventilation bien souvent insuffisante. L'étude présentée ici est une des rares menées au Portugal sur cette thématique. Les objectifs étaient de : (1) caractériser l'environnement intérieur des écoles ; (2) mesurer les prévalences de symptômes déclarés par les enseignants ; (3) évaluer l'impact de la qualité de l'air intérieur des écoles sur ces prévalences.

L'étude s'est déroulée, entre février 2004 et mars 2005, dans onze écoles élémentaires et secondaires de Porto (climat tempéré) éloignées de sources extérieures de pollution industrielle. Les salles de classe ont été tirées au sort (entre 3 et 8 selon la taille des écoles). 177 enseignants sur 617 ont été inclus (les critères d'inclusion étant : l'absence de maladies chroniques respiratoires ou dermatologiques, travailler à temps plein et depuis au moins 2 ans dans l'école). Des données (démographiques, statut tabagique, plaintes, symptômes des voies respiratoires supérieures et inférieures, du système nerveux central (SNC) et cutanés) ont été recueillies par un autoquestionnaire standardisé pour les écoles (tirés du MM 40 suédois³). Les caractéristiques et les équipements des salles de classes ont été renseignés par un technicien. Des mesures environnementales ont été réalisées pendant les heures de classe : particules respirables (méthode 600 du NIOSH), composés organiques volatiles totaux (TCOV ; tubes TENAX GR), aérobiocontaminants (bactéries et champignons viables, méthodes EN 13098 et NIOSH), CO₂, température et humidité relatives (moniteur Portable, mesures séquentielles d'en moyenne 20 minutes). Lors des mesures, les enseignants ont rempli un carnet indiquant le nombre d'enfants présents, l'ouverture des fenêtres et des portes et le type d'activités réalisées.

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel Statistica. En cas de distribution asymétrique des variables, des transformations logarithmiques ont été effectuées. Des analyses de variances (ANOVA) ont été utilisées pour étudier les liens entre variables sanitaires et environnementales.

Tableau 1 : Mesures environnementales (intérieur et extérieur) dans 11 écoles (76 salles de classe).

Contaminants	Intérieur (moyenne \pm ET ; gamme)	Extérieur (moyenne \pm ET ; gamme)
Particules respirables ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	88 \pm 34 ; 16–148	20 \pm 9,9 ; 10–76
CO ₂ (ppm)	1105 \pm 319 ; 513–1713	388 \pm 51,2 ; 263–647
TVOC ($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)	0,17 \pm 0,09 ; 0,08–0,33	0,07 \pm 0,02 ; 0,01–0,33
Bioaérosols (UFC $\cdot\text{m}^{-3}$)	1420 \pm 387 ; 809–2964	323 \pm 133 ; 201–600
Température (°C)	21,3 \pm 2,0 ; 15,9–23,9	—
Humidité relative (%)	58,5 \pm 5 ; 54–62	—
Vitesse de l'air ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	0,05 \pm 0,02 ; 0,02–0,11	—

66,8 % des enseignants ont répondu au questionnaire. Les plaintes les plus nombreuses portent sur le bruit et les mauvaises odeurs (respectivement 85 et 81 %). Les symptômes touchant le SNC (fatigue, maux de tête, tête lourde) sont les plus nombreux (55 à 69 %), viennent ensuite les problèmes des voies respiratoires (59,8 %). Ces deux types de symptômes sont significativement et respectivement 4 et 2 fois plus élevés chez les femmes que chez les hommes.

³ Andersson K, Stridh G, Fagelund I, et al. (1993). The MM-Questionnaires : A tool when solving indoor air climate problems. Department of occupational and environmental medicine, Örebro University hospital, Örebro, Sweden.

Les caractéristiques physiques des bâtiments sont similaires. Aucun ne dispose de système de ventilation mécanique. Dans la plupart des salles, l'ouverture des fenêtres et le chauffage sont opérationnels. La surface au sol est en moyenne de 60 m² et le nombre d'occupants de 18.

Les mesures environnementales sont présentées dans le tableau 1. Les rapports entre concentrations intérieures/extérieures sont : de 4,4 pour les particules respirables, 2,4 pour les TCOV, 2,8 pour le CO₂ et 4,4 pour les bioaérosols. Les différences de concentrations en polluants entre salles de classe d'une même école sont similaires ou supérieures à celles entre salles de classe d'écoles différentes.

Le CO₂ excède 1000 ppm (niveau acceptable) dans 75 % des salles. À noter que dans les salles où les fenêtres sont ouvertes tous les jours, les niveaux de CO₂ sont significativement plus bas. Concernant les TCOV, les niveaux sont plus élevés dans les écoles proches du trafic routier et pour certaines activités (dessins et peintures). Ils sont en moyenne comparables à ceux d'autres études européennes. Concernant les bioaérosols, 35,5 % des salles de classes excèdent la concentration de 1000 UFC/m³ utilisée comme référence dans certaines études.

Des corrélations significatives ($p < 0,05$) sont mises en évidence entre concentrations en polluants et symptômes déclarés par les enseignants : CO₂, TCOV et symptômes du SNC d'une part, TCOV, particules et irritations des muqueuses et problèmes respiratoires des voies supérieures d'autre part. De plus, 98 % des enseignants souffrant de problèmes cutanés utilisent de la craie.

Les rapports de concentrations intérieures/extérieures de polluants supérieurs à 1 montrent l'influence de sources intérieures et des caractéristiques des bâtiments. L'analyse des concentrations en CO₂ et en bioaérosols montre une ventilation insuffisante dans des salles de classes. Certaines activités intérieures (nettoyage, activités des enfants, utilisation des craies) sont des sources de pollution (COV, particules) à prendre en compte. Le trafic à proximité des écoles apparaît comme une source significative de COV (benzène, toluène).

Des corrélations significatives ont été mises en évidence entre des symptômes ressentis par les enseignants et des concentrations en polluants. Les efforts pour améliorer la santé des enfants et des professionnels, et les performances scolaires, devraient se focaliser sur l'implémentation d'une ventilation adéquate dans les salles de classe. Ces résultats montrent la nécessité d'améliorer la ventilation ou d'installer des systèmes de ventilation mécanique.

Commentaires et conclusions du lecteur

Les résultats de cette étude sont intéressants car ils fournissent des données descriptives sur la qualité de l'air dans des écoles, données assez peu nombreuses. En France, une étude est en cours de lancement afin d'évaluer la qualité d'air intérieur de 150 écoles et crèches. Une étude pilote avait été menée en 2001 par l'OOAI dans 18 classes (9 écoles) pour recueillir des données de pollution. Les niveaux moyens de TCOV et de CO₂ étaient proches (respectivement, 0,15 mg/m³ ± 0,078 et 905 ± 340 ppm)⁴. La surface moyenne au sol et l'occupation des salles étaient aussi similaires (respectivement 59,44 ± 16,22 et 23,9 ± 4,08). Comme au Portugal, les salles de classes ne sont pas ou rarement équipées en France de système de ventilation mécanique, l'ouverture des fenêtres constitue le mode principal de renouvellement d'air. Il aurait été intéressant d'approfondir l'effet de l'ouverture des fenêtres tous les jours sur les concentrations en TCOV par exemple, seul le CO₂ est évoqué (considéré comme marqueur du confinement).

Les faiblesses de cette étude résident dans l'absence de précisions, comme la période de l'année pour les mesures environnementales, ou les niveaux de variations intra- et inter-écoles. Quant à l'étude des liens entre prévalence des symptômes et concentrations en polluants, elle apparaît limitée et insuffisante : pas de quantification des liens, pas de précision sur les variables d'ajustements (statut tabagique, âge), seul le sexe est évoqué.

⁴ Ségala C, Guillaum MT, Nedellec V. Polluants mesurés, niveaux de concentrations et enseignement de la campagne pilote de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur: apport d'une réanalyse des données. Journée Scientifique Qualité de l'Air Intérieur dans les Écoles, 4 juillet 2005, Paris.

Autres articles d'intérêt sur la thématique LIEUX DE VIE :

Gong, Xu et al. (2009) - *Ultrafine Particles Deposition Inside Passenger Vehicles*. **Aerosol Science and Technology**. 43 (6): 544-553.

Sautour, Sixt et al. (2009) - *Profiles and seasonal distribution of airborne fungi in indoor and outdoor environments at a French hospital*. **Science of the Total Environment**. 407 (12): 3766-3771.

Chiappini, Delery et al. (2009) - *A first French assessment of population exposure to tetrachloroethylene from small dry-cleaning facilities*. **Indoor Air**. 19 (3): 226-233.



EFFETS SANITAIRES

L'exposition prénatale au chlorpyrifos altère le développement moteur et les vocalisations ultrasoniques chez les souriceaux cd1

Source : Venerosi A, Ricceri L, Scattoni ML, Calamandrei G. (2009). *Prenatal chlorpyrifos exposure alters motor behavior and ultrasonic vocalization in cd-1 mouse pups*. **Environmental Health** 8 (12): 1-11.

Article analysé par : Nathalie Bonvalot, EHESP ; nathalie.bonvalot@ehesp.fr

Le chlorpyrifos est un pesticide organophosphoré utilisé en milieu domestique et en agriculture. Sa toxicité, liée à l'inhibition de l'activité de l'acétylcholinestérase⁵, est largement documentée lors d'expositions aiguës de l'adulte. Les effets de plus faibles doses sur le développement restent controversés mais il semblerait que chez l'animal en développement, des expositions n'entraînant pas de toxicité systémique soient responsables d'effets comportementaux. Ceci est cohérent avec les résultats d'études épidémiologiques. L'objectif de cette étude est d'évaluer les effets neuro-comportementaux précoces du chlorpyrifos lors d'une exposition tardive de la souris pendant la gestation (jours 14-17), pour compléter les données déjà recueillies sur le comportement à long-terme.

Des souris cd-1 gestantes ont été traitées par gavage du 15^{ème} au 18^{ème} jour de gestation avec 6 mg/kg de chlorpyrifos dilué dans de l'huile d'arachide. La dose retenue entraîne une inhibition de l'activité de l'acétylcholinestérase sans toxicité systémique ni reproductive chez les mères, inhibition transitoire et seulement érythrocytaire chez les souriceaux. 18 portées provenant de femelles témoins et 16 provenant de femelles traitées ont été étudiées. Le comportement des mères a été évalué sur 2 sessions au 4^{ème} jour après la naissance (récupération, léchage et reniflement des petits...). Le comportement physique des petits a été évalué aux 3^{ème}, 6^{ème}, 9^{ème} et 15^{ème} jours chez un mâle et une femelle de chaque portée. Les réflexes psychomoteurs suivants ont été considérées : réflexes de retournement (temps au bout duquel la souris se retourne lorsqu'elle est sur le dos), d'agrippement (angle formé avec l'horizontale au moment de la chute), aversion pour le vide (temps de retrait du bord d'une surface plate), et réflexes au niveau des membres antérieurs et postérieurs (données qualitatives). Les vocalisations ultrasoniques⁶ ont été évaluées aux 4^{ème}, 7^{ème} et 10^{ème} jours par enregistrement de 4 minutes. Enfin, le comportement moteur spontané a été évalué au 12^{ème} jour chez les animaux introduits dans un cylindre en verre (traversée, immobilité, escalade, mouvements de tête, retournement, toilette). Les comparaisons statistiques ont été effectuées par analyse de variance ANOVA.

⁵ L'acétylcholinestérase est une enzyme retrouvée dans le plasma, les globules rouges et le cerveau. Son rôle est de cliver l'acétylcholine après libération de celle-ci au niveau des synapses dans le cerveau et au niveau des jonctions musculaires, inhibant ainsi son action en tant que neurotransmetteur du système nerveux central et périphérique. Si l'acétylcholinestérase est inhibée, l'acétylcholine n'est pas dégradée, et son action est prolongée (bradycardie, vasodilatation, contraction des muscles, de l'intestin, des bronches, sécrétion de salive...).

⁶ La vocalisation ultrasonique est un moyen de communication chez l'animal. Il s'agit d'émissions d'ultra-sons sous forme de vocalises (caractérisées par une diversité syllabique et une multitude de sons) que peuvent produire les souriceaux en réponse à un isolement de leur mère. La mesure de ces vocalisations peut renseigner sur le comportement du souriceau.

Dans cette étude, les performances reproductives des souris n'ont pas été altérées (nombre de souriceaux, poids des portées, sex ratio). Concernant leur comportement, le léchage était plus long chez les mères traitées et les auteurs ont observé une augmentation de l'activité exploratoire (femelle cabrée, pattes avant sur la cloison de la cage, renflement) et une diminution de la durée pendant laquelle les souris fouillent et remuent la sciure du nid. Chez les souriceaux, une interaction traitement/sexe a été observée sur la taille (mâles traités plus petits) mais pas sur le poids. Le chlorpyrifos n'a pas altéré les réflexes psychomoteurs étudiés. En revanche, l'analyse des données qualitatives a mis en évidence une tendance à un réflexe d'agrippement des membres postérieurs retardé. Concernant la somme des scores obtenus pour l'évaluation des réflexes des membres antérieurs et postérieurs, l'analyse montre un effet du traitement mais sans signification statistique. De plus, l'exposition au chlorpyrifos a diminué le nombre et la durée des appels ultrasoniques chez les souriceaux au 10^{ème} jour après la naissance. Enfin, le chlorpyrifos a retardé de manière significative le comportement de retournement et a augmenté en parallèle l'immobilité des souriceaux dans le cylindre de verre au 12^{ème} jour.

L'ensemble de ces résultats indique que l'exposition de souris au chlorpyrifos à un moment tardif de la gestation conduit à des altérations précoces du comportement chez la descendance, notamment un effet dépressif sur les capacités motrices et la réponse à l'isolement au 10^{ème} jour après la naissance. L'effet sur la taille des souriceaux suggère un léger retard de croissance, ce qui est cohérent avec les résultats des études épidémiologiques disponibles. L'effet sur la diminution des vocalisations ultrasoniques est le principal résultat de l'étude. Les souriceaux réagissent moins à l'isolation. Ceci est associé à des modifications du comportement moteur. Ces résultats pourraient constituer un élément prédictif des effets à long terme du chlorpyrifos sur les capacités émotionnelles et sociales d'un individu adulte. Enfin, l'étude montre pour la première fois des modifications du comportement des mères en l'absence de signes de toxicité. Cela pourrait être le résultat de l'inhibition transitoire de l'activité de l'acétylcholinestérase du cerveau.

Commentaires et conclusions du lecteur

Les effets neurodéveloppementaux du chlorpyrifos ont déjà été mentionnés dans des études antérieures. Leur exploration est motivée par le mécanisme d'action des organophosphorés (inhibition de l'activité de l'acétylcholinestérase) qui suggère des effets à faible dose sur le système nerveux en développement. Cette étude est intéressante car elle montre qu'une exposition en fin de gestation, même de courte durée, peut avoir un impact précoce sur le comportement de la descendance. Les résultats originaux concernant les vocalisations ultrasoniques suggèrent de s'intéresser aux conséquences à long terme d'une diminution des réponses émotionnelles chez le souriceau. Des études complémentaires sont nécessaires pour pouvoir investiguer ce champ.



EFFETS SANITAIRES

Estimation du potentiel d'irritation des composés organiques volatils et du formaldéhyde dans les bureaux

Source : Salonen H, Pasanen AL, Lappalainen S, Riutella H, Tuomi T, Pasanen P, Bäck B, Reijula K. (2009) - *Volatile Organic Compounds and Formaldehyde as Explaining Factors for Sensory Irritation of Office Environments*. **Journal of Occupational and Environment Hygiene**, 6 : 299-247.

Article analysé par : Luc Mosqueron, Veolia Environnement – Recherche et Innovation, Pôle Évaluation et Veille Sanitaire, luc.mosqueron@veolia.com

Dans les bureaux, l'observation de troubles sanitaires non spécifiques (irritation des voies respiratoires ou irritation oculaire notamment) est souvent suspectée d'être en lien avec la qualité de l'air intérieur (QAI), en particulier l'exposition aux Composés Organiques Volatils (COV). Toutefois, rares sont les études où les concentrations en COV mesurées peuvent expliquer les troubles observés. Dans ce contexte, une étude finlandaise (2001-2006) a cherché à estimer le potentiel d'irritation théorique d'un certain nombre de COV puis à le comparer aux concentrations mesurées dans des bureaux.

L'étude a porté sur des immeubles de bureaux (n = 176) dans lesquels la QAI avait été auparavant suspectée d'être à l'origine de troubles sanitaires mais aucune source de contamination particulière n'avait été identifiée. Elle intègre des mesures de COV dans l'ensemble des immeubles et une recherche spécifique de formaldéhyde dans 23 d'entre eux.

Lorsque les données étaient disponibles, le potentiel d'irritation des 50 COV les plus fréquemment retrouvés a été estimé par leur RD50, concentration induisant 50 % de diminution des capacités respiratoires chez la souris. Pour chaque COV, le niveau recommandé de concentration intérieure ou RIL (Recommended Indoor Air Levels) a été estimé en appliquant à la RD50 un facteur de sécurité (populations sensibles) et une pondération sur la durée d'exposition dans les bureaux (8 h/j, 5 j/sem.). Les RIL individuels ont été comparés aux valeurs mesurées (moyenne et max) ; le potentiel d'irritation du mélange de COV a été estimé sous l'hypothèse d'additivité des effets individuels.

L'ensemble des résultats de la campagne de mesures (n = 520 échantillons pour les COV ; n = 76 pour le formaldéhyde) est présenté par ailleurs (Salonen, 2009)⁷. Parmi les 50 COV les plus abondants, un potentiel d'irritation a pu être estimé pour 33 substances individuelles, ainsi que pour le formaldéhyde qui présente le potentiel le plus fort (RD50 environ 7 fois plus basse que pour les autres substances).

Les RIL estimés excèdent de plusieurs ordres de grandeur les concentrations moyennes mesurées pour les 33 COV. Si l'on considère le potentiel du mélange des 20 COV les plus irritants, les concentrations totales moyennes (11-408 µg/m³) ne peuvent théoriquement pas être à l'origine de symptômes d'irritation. En revanche, les teneurs maximales mesurées pour 3 composés (acide hexanoïque, 2-phénoxyéthanol, acide acétique) peuvent dépasser leur RIL (Tableau 1).

Concernant le formaldéhyde, les teneurs moyennes (moyenne géométrique = 11 µg/m³) sont supérieures au RIL dans l'ensemble des 23 bureaux étudiés.

Tableau 1 : Données statistiques pour 4 COV d'intérêt : le formaldéhyde dont les concentrations moyennes dépassent le RIL et le 2-Phénoxyéthanol, l'acide hexanoïque et l'acide acétique dont les concentrations maximales dépassent leur RIL.

	Moyenne /Max	RD50	OEL = 0,03 × RD50	RIL = 1/40 × OEL	Probabilité d'irritation = concentration attendue /RIL
COV	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	
Formaldéhyde	11 (moy.)	5000	150	4	2,8
2-Phénoxyéthanol	80 (max)	34000	1020	26	3,1
Acide hexanoïque	440 (max)	149500	4485	112	3,9
Acide acétique	610 (max)	399900	12000	300	2

Les résultats indiquent qu'aux niveaux de concentration moyens mesurés dans les bureaux, le formaldéhyde est susceptible d'induire des réactions d'irritation chez les sujets sensibles. Les teneurs moyennes en COV, pris individuellement ou considérés en tant que « mélange », ne semblent pas être en mesure d'induire des symptômes de type irritatif. Dans quelques situations d'exposition extrêmes, certains COV (acide hexanoïque, 2-phénoxyéthanol et acide acétique) pourraient être à l'origine d'une symptomatologie irritative.

En conclusion, même si aucune relation n'a pu être mise en évidence ici entre les symptômes rapportés par les employés des bureaux investigués (troubles des voies aériennes supérieures) et les concentrations en COV et formaldéhyde mesurées, il semble théoriquement que le potentiel irritant de l'air intérieur soit plutôt lié au formaldéhyde qu'au mélange complexe de COV.

Commentaires et conclusion du lecteur

L'un des enseignements majeurs de cette étude est que, aux niveaux de concentration moyens mesurés dans les bureaux finlandais, le potentiel irritant du « mélange gazeux » chez des sujets sensibles semble principalement lié au formaldéhyde et non aux COV pris individuellement ou dans leur ensemble.

⁷ Salonen H, Pasanen AL, Lappalainen S, Riutella H, Tuomi T, Pasanen P, Bäck B, Reijula K. (2009) - *Airborne Concentrations of Volatile Organic Compounds, Formaldehyde and Ammonia in Finnish Office Buildings with suspected Indoor Air Problems*. **Journal of Occupational and Environment Hygiene**, 6: 200-209.

Toutefois, dans quelques situations extrêmes, les fortes concentrations de certains COV pourraient être capables d'induire des mécanismes d'irritation des voies respiratoires supérieures.

Parmi les limites de cette étude, on notera qu'il aurait été intéressant par exemple d'intégrer à l'analyse réalisée l'influence simultanée des conditions générales de confort (humidité relative, CO₂). Par ailleurs, les résultats ne permettent de conclure ni sur l'influence d'espèces non identifiées (exemple des espèces radicalaires dont le rôle est parfois suggéré), ni sur l'impact des COV pour lesquels les connaissances actuelles n'ont pas permis aux auteurs d'estimer un potentiel irritant. Se pose également toujours l'éternelle question de la pertinence d'un modèle additif pour estimer l'impact d'un mélange de polluants.



EFFETS SANITAIRES

Association entre l'exposition précoce à des appareils au gaz, au NO₂ de l'air intérieur et le développement neuropsychologique de jeunes enfants

Source : Morales E, Julvez J, Torrent M *et al.* (2009). *Association of early-life exposure to household gas appliances and indoor nitrogen dioxide with cognition and attention behavior in preschoolers.* **Environmental Health Perspectives**, 117(1): 105-111.

Article analysé par : Véronique Ezratty, Service des Études Médicales d'EDF ; veronique.ezratty@edf.fr

Cette étude longitudinale avait pour objectifs d'une part, de rechercher une association entre le développement neuropsychologique de jeunes enfants et une exposition précoce à des polluants émis par les appareils au gaz et d'autre part, d'évaluer si le polymorphisme du gène codant pour la glutathion S-transférase (GSTP1), une enzyme notamment impliquée dans la lutte contre le stress oxydant, pouvait faire varier cette relation.

Une cohorte de 482 nouveau-nés a été constituée à Minorque en Espagne en 1997-1999. Les caractéristiques des parents, l'âge gestationnel et les mesures anthropométriques à la naissance ont été recueillis par questionnaire et à partir des dossiers cliniques. Un génotypage pour le variant Ile-105-Val de GSTP1 a été réalisé chez 411 enfants (85 %). Durant les 3 mois suivant la naissance, des informations concernant l'utilisation d'appareils au gaz et des mesures de la concentration en NO₂ ont été collectées dans les logements des participants (n = 398). Les fonctions neurocognitives (mémoire, maîtrise verbale, fonction d'exécution...) ainsi que le comportement (attention/hyperactivité) ont été évalués à l'âge de 4 ans chez 422 enfants (87 %) par deux psychologues ne connaissant pas la nature de l'exposition des enfants. Les fonctions neurocognitives et la présence d'un syndrome d'hyperactivité avec déficit d'attention (ADHD) ont été évaluées au moyen de tests validés. La concentration estimée en NO₂, variable d'exposition retenue, a été calculée par régression logistique à partir des valeurs moyennes de NO₂ mesurées par capteurs passifs sur 2 semaines, du type de cuisinière utilisé (à gaz ou électrique), de la présence d'une chaudière à gaz, de la fréquence d'utilisation d'une hotte, du nombre d'appareils au gaz et de la saison.

Chez les participants, 213 foyers (53,5 %) étaient équipés d'un appareil au gaz (cuisinière ou chaudière) et 82 (20,6 %) des deux. L'exposition à des appareils au gaz était inversement corrélée avec les fonctions neurocognitives des enfants à 4 ans indépendamment de la classe socio-économique et d'autres facteurs de confusion (niveau d'éducation des parents, allaitement, consommation d'alcool et/ou tabagisme maternel pendant la grossesse...). L'exposition aux appareils à gaz était associée avec des troubles de l'attention mais pas avec une hyperactivité. Une relation dose-réponse était retrouvée entre les concentrations estimées de NO₂ et une altération des fonctions neurocognitives à 4 ans. Les enfants exposés aux niveaux les plus élevés de NO₂ étaient les plus à risque de développer un syndrome d'ADHD, l'impact étant limité aux troubles de l'attention. La prévalence des génotypes de GSTP1 du polymorphisme Ile-105-Val était de 43,6 % pour Ile/Ile, de 47,5 % pour Ile/Val et de 8,9 % pour Val/Val. Ces effets délétères de l'exposition aux appareils au gaz et au NO₂ intérieur étaient retrouvés chez les enfants porteurs de l'allèle Val-105 GSTP1 mais pas chez les enfants porteurs du génotype Ile/Ile.

L'exposition précoce aux polluants de l'air émis par les appareils au gaz pourrait avoir un effet délétère sur le développement neuropsychologique, en particulier chez des enfants ayant une susceptibilité génétique.

Les hypothèses mécanistiques avancées par les auteurs, stress oxydatif et passage systémique de cytokines et autres marqueurs de l'inflammation induite par le NO₂ au niveau de l'appareil respiratoire, doivent être confortées et ce d'autant plus que les éventuels effets neurologiques du NO₂ n'ont encore fait l'objet que de peu de travaux publiés.

Commentaires et conclusion du lecteur

Cette étude est la première à avoir évalué l'impact de la pollution de l'air intérieur sur les fonctions cognitives et l'ADHD de jeunes enfants ainsi que l'influence du polymorphisme de la glutathion S-transférase. Les résultats sont préliminaires et doivent être vérifiés par d'autres études. Même si le génotypage a concerné GSTP1, l'isoenzyme de la glutathion S-transférase le plus important dans le cerveau humain dont l'expression est observée dès la 12^{ème} semaine de gestation, l'étude d'autres variants devrait être réalisée. En dehors du NO₂, l'impact d'autres polluants émis par le chauffage ou par la cuisson d'aliments au gaz doit être évalué, ce d'autant plus que le gaz utilisé majoritairement à Minorque n'est pas du gaz naturel mais issu de bouteilles de butane. Vu la fréquence d'utilisation des appareils au gaz, les implications potentielles de telles conclusions pourraient être importantes si elles étaient confirmées.

Autres articles d'intérêt sur la thématique EFFETS SANITAIRES :

Doucet, Tague et al. (2009) - *Persistent Organic Pollutant Residues in Human Fetal Liver and Placenta from Greater Montreal, Quebec: A Longitudinal Study from 1998 through 2006*. **Environmental Health Perspectives**. 117 (4): 605-610.

Meeker, Johnson et al. (2009) - *Polybrominated diphenyl ether (PBDE) concentrations in house dust are related to hormone levels in men*. **Science of the Total Environment**. 407 (10): 3425-3429.

Weuve, Korrick et al. (2009) - *Cumulative Exposure to Lead in Relation to Cognitive Function in Older Women*. **Environmental Health Perspectives**. 117 (4): 574-580.

Dales, Wheeler et al. (2009) - *The Influence of Neighborhood Roadways on Respiratory Symptoms Among Elementary Schoolchildren*. **Journal of Occupational and Environmental Medicine**. 51 (6): 654- 660.



EXPOLOGIE – EVALUATION DES RISQUES

Facteurs influençant l'exposition aux polybromodiphényléthers (PBDE) d'étudiants d'Anvers, Belgique.

Source : Roosens, Abdallah *et al.* *Factors Influencing Concentrations of Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in Students from Antwerp, Belgium*. *Environ. Sci. Technol.* 2009, 43, 3535–3541.

Article analysé par : Philippe Glorennec, École des Hautes Études en Santé Publique, Philippe.Glorennec@ehesp.fr

Les polybromodiphényléthers (PBDE) sont couramment utilisés comme retardateurs de flamme pour les meubles et matériels électroniques. Comme ils ne sont pas chimiquement liés à la matrice traitée et sont persistants, ils migrent dans l'environnement intérieur (air, poussière) et vers les aliments. Si certains d'entre eux (les penta, octa et deca BDE) ont été interdits, leur persistance fait craindre une exposition durable. L'exposition (non professionnelle) se ferait essentiellement par ingestion de poussière et d'aliments, avec de possibles variations géographiques, notamment entre l'Europe et les États-Unis d'Amérique. Ces expositions ont cependant été peu étudiées et la présente étude se propose d'examiner leur lien avec la charge corporelle d'un groupe de jeunes adultes. Sera également estimé l'apport alimentaire.

Les concentrations et profils (importance massique relative des différents congénères) en PBDE dans le sérum, les aliments et la poussière sont comparés, les apports alimentaires et par ingestion de poussière estimés. 19 étudiants (8 hommes et 11 femmes) de 20 à 25 ans, habitant en résidence universitaire depuis au moins 3 ans et en Belgique depuis l'enfance ont été recrutés.

Ils ont rempli un questionnaire sur leurs contacts avec des sources de PBDE ainsi que sur leurs habitudes (tabagismes, moyens de transport). Ils ont donné 10 mL de sang et leurs duplicats de repas sur une semaine ont été collectés quotidiennement. Les échantillons de poussière ont été collectés par aspiration (4 min) de 4 m² du sol de la chambre de chaque étudiant dans un bas en nylon. Les échantillons ont été tamisés à 500 µm avant extraction. Les procédures analytiques (différentes selon les matrices, avant analyse par chromatographie en phase gazeuse et spectrométrie de masse) sont décrites dans d'autres publications et dans du matériel supplémentaire téléchargeable sur le site de l'éditeur. Les concentrations inférieures à LQ (Limite de Quantification) sont rapportées comme égales à LQ×f (f : proportion d'échantillon au dessus de la LQ). La dose ingérée via les poussières est estimée en considérant une quantité ingérée de 20 à 50 mg de poussière par jour.

Les concentrations mesurées sont indiquées dans le tableau 1 de l'article, où elles sont également comparées à d'autres études similaires. Les congénères 153, 99 et 47 sont les tri-hepta BDEs les plus fréquemment détectés dans les aliments. Le BDE-47 est le plus contributif des tri-hepta BDEs après correction par f×LQ, tandis que le 209 est le plus contributif des PBDEs dans leur ensemble. Chaque congénère est détecté individuellement dans 60 à 100 % des échantillons de poussière, avec une contribution de 45 à 93 % du BDE 209. Dans le sérum, le profil de répartition est BDE-153 > BDE-99 > BDE-47. Les doses ingérées de tri-hepta BDEs sont indiquées dans le tableau 2 de l'article. Les doses par ingestion d'aliments et de poussière ne sont pas corrélées aux concentrations dans le sérum.

Les concentrations en tri-hepta BDEs dans les aliments sont inférieures à celles rapportées précédemment mais qui n'incluaient pas de végétaux et n'étaient pas dosées dans les aliments prêts à consommer. Les concentrations dans les poussières sont semblables à celles rapportées en Belgique et en Italie mais inférieures à celles rapportées au Royaume-Uni et en Amérique du Nord. Les teneurs dans le sérum sont inférieures ou semblables à celles rapportées précédemment en Belgique mais un ordre de grandeur inférieures à celles observées aux États-Unis d'Amérique. Le profil de répartition dans le sérum diffère de celui des aliments, ce qui pourrait s'expliquer par une métabolisation préférentielle des composés les moins bromés. Les doses via les aliments sont ici moindres que celles observées ailleurs, ce qui peut s'expliquer par un vrai déclin des contaminations ou par des différences dans la composition du régime alimentaire étudié. Les doses par ingestion de poussière sont cohérentes avec celles estimées au Royaume-Uni et en Allemagne mais inférieures à celles estimées en Amérique du Nord. L'exposition aux PBDEs est ici très majoritairement (> 90 %) liée aux aliments, ce qui contraste avec les estimations aux États-Unis d'Amérique, qui confèrent un rôle plus important aux poussières. Les auteurs concluent avoir beaucoup appris sur l'importance relative des aliments et de la poussière et sur les différences d'exposition entre Europe et États-Unis d'Amérique.

Commentaires et conclusion du lecteur

Le sujet de l'article est intéressant et vise à combler des lacunes dans notre connaissance de l'exposition aux PBDEs. Ses points forts sont une approche intégrée (aliments et poussières) de la dose ingérée et des mesures simultanées dans le sérum. Ses points faibles sont le recrutement de l'échantillon (19 personnes semblables), le grand nombre de points (concentrations, doses, corrélations doses externes/mesures biologiques) abordés dans l'article au vu de sa relative concision. Ceci se fait parfois au détriment de la discussion des limites. Par exemple, quelle est l'influence de la correction (ni référencée, ni justifiée) LQ×f ? Quels tests sont utilisés pour tester les corrélations sur un aussi faible échantillon ? Quelles en sont les limites ? Un approfondissement de ces points aurait pu apporter davantage que l'interprétation de la comparaison des résultats avec ceux des autres études. En effet, si les différences entre aliments pris en compte sont discutées, la comparabilité des populations entre études et sa portée sur l'interprétation des résultats n'est pas vraiment abordée. Il n'en demeure pas moins que cette étude, pilote de par la quantité d'information au niveau de chaque individu, apporte de nombreux enseignements, notamment techniques, pour une étude qui porterait sur une population plus importante, plus représentative et dont on pourrait tirer des conclusions plus générales et plus robustes en termes d'exposition à ces composés d'intérêt.



Source : Valcke M, Bouchard M. (2009). *Determination of no-observed effect level (NOEL)-biomarker equivalents to interpret biomonitoring data for organophosphorus pesticides in children*. **Environmental Health**; 8(5): 1-9.

Article analysé par : Nathalie Bonvallot, EHESP ; nathalie.bonvallot@ehesp.fr

De nombreuses études épidémiologiques ont été conduites pour évaluer l'exposition environnementale des enfants aux organophosphorés aussi bien dans des milieux agricoles que citadins. L'évaluation des expositions aux organophosphorés peut être effectuée par la mesure biologique des métabolites dans les urines. Les concentrations de biomarqueurs ainsi mesurées ne sont pas comparées à des VTR, lesquelles sont exprimées en doses externes de substance mère. L'objectif de cette étude est de proposer un NOAEL exprimé en dose interne (« équivalent biomarqueur ») pour les principaux métabolites des organophosphorés, ce qui pourrait permettre d'interpréter les données issues de la surveillance biologique des expositions en terme de santé/ risque.

Les auteurs ont utilisé les modèles toxicocinétiques publiés par Bouchard *et al.*⁸ pour le chlorpyrifos et le malathion afin de simuler l'excrétion urinaire des alkylphosphates (dérivés méthylés et éthylés) cumulée sur 12 heures (de 19 h à 7 h le matin), résultant de 3 scénarii d'exposition différents : une exposition orale unique des NOAEL au dîner à 18h, ajusté sur l'absorption orale proposée par Bouchard ; une exposition orale répétée de 1/3 des NOAEL à chacun des 3 repas quotidiens (7 h, 12 h et 18 h) ; et une exposition cutanée de 8h débutant à 7h du matin, telle que la dose totale absorbée sur la journée corresponde aux NOAEL, ajusté sur l'absorption cutanée rapportée par Bouchard. Les modèles ont été construits à partir de données de cinétique provenant d'expositions orales et cutanées chez des volontaires humains. Les NOAEL du malathion et du chlorpyrifos ont été recherchés dans la littérature, sur la base de l'inhibition de l'activité de l'acétylcholinestérase érythrocytaire. Des NOAEL de 0,2 et 0,1 mg/kg/j respectivement pour le malathion et le chlorpyrifos ont été retenus. Les simulations toxicocinétiques ont été conduites de telle sorte que les doses totales absorbées correspondent aux NOAEL oraux retenus. Les quantités urinaires correspondantes d'alkylphosphates excrétées pendant la période de nuit de 12 h ont été considérées comme des « NOAEL-équivalent biomarqueur ». Ces références internes ont été comparées à des mesures urinaires collectées le matin chez 442 enfants de 3 à 7 ans (urines de 12h)⁹.

Les auteurs ont calculé des NOAEL urinaires (12 h) pour les dérivés méthylés des alkylphosphates de 106, 127 et 40 nmol/kg de poids corporel résultant respectivement de l'absorption orale des NOAEL au dîner, de 1/3 des NOAEL aux 3 repas, et de l'absorption cutanée des NOAEL sur 8 h. De même, les NOAEL urinaires sont de 87, 52 et 32 nmol/kg pour les dérivés éthylés des alkylphosphates. Une analyse de sensibilité a montré que les résultats de doses internes issus du scénario « exposition cutanée » étaient très dépendants du taux d'absorption cutanée mais peu affectés par une variation du taux d'absorption orale. La comparaison des concentrations urinaires chez les 442 enfants avec les NOAEL internes a montré des ratios inférieurs à 1 dans 441 cas. L'approche a ensuite été comparée à celle, plus simple, de Fenske *et al.*¹⁰ (reconstruction de doses externes à partir des concentrations urinaires de métabolites, sans modélisation, puis comparaison aux DJA de l'OMS), pour laquelle 130 ratios étaient supérieurs à 1, avec un ratio maximal à 29.

⁸ Bouchard M, Gosselin NH, Brunet RC, Samuel O, Dumoulin MJ, Carrier G. A toxicokinetic model of malathion and its metabolites as a tool to assess human exposure and risk through measurements of urinary biomarkers. *Toxicological Sciences*. 2003;73:182-194 ; Bouchard M, Carrier G, Brunet RC, Bonvalot Y, Gosselin NH. Determination of biological reference values for chlorpyrifos metabolites in human urine using a toxicokinetic approach. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. 2005;2 :155-168.

⁹ Valcke M, Samuel O, Bouchard M, Dumas P, Belleville D, Tremblay C. Biological monitoring of exposure to organophosphate pesticides in children living in peri-urban areas of the Province of Quebec, Canada. *International Archives of Occupational and Environmental Health*. 2006;79:568-577.

¹⁰ Fenske RA, Kissel JC, Lu C, Kalman DA, Simcox NJ, Allen EH, Keifer MC. Biologically based pesticide dose estimates for children in an agricultural community. *Environmental Health Perspectives*. 2000; 108:515-520.

Les auteurs concluent que le NOAEL-équivalent biomarqueur (oral) le plus faible fournit une valeur de référence biologique sécuritaire en dessous de laquelle le risque d'effets cholinergiques peut être considéré comme négligeable en population générale, si l'on considère que l'exposition alimentaire est majoritaire pour les organophosphorés.

Ils proposent de retenir le NOAEL-équivalent biomarqueur provenant du scénario le plus pessimiste (voie cutanée) si une exposition cutanée est suspectée, ou si la voie majoritaire n'est pas connue (par précaution). L'utilisation d'un autre modèle toxicocinétique (celui de l'azinphos-méthyle) conduit à des valeurs de référence du même ordre de grandeur que celles obtenues avec le modèle du malathion.

Commentaires et conclusion du lecteur

Cette étude est très intéressante pour l'évaluation des risques lorsque les expositions sont évaluées par la mesure de biomarqueurs, méthode en essor constant avec l'évolution des techniques de détection. La disponibilité de valeurs de référence biologiques pourrait guider l'interprétation sanitaire des enquêtes de biomonitoring en population générale (à l'instar de ce qui peut se faire en milieu professionnel avec les indicateurs biologiques d'exposition). Ceci permettrait d'avoir une traduction directe des études, facilitant la prise de décision et la communication. Dans le cas spécifique des organophosphorés, les auteurs ont comparé les expositions internes des enfants directement avec les NOAEL internes obtenus plutôt qu'avec des VTR internes car ils ont considéré comme inutile l'application d'un facteur interindividuel (les NOAEL et les données toxicocinétiques provenaient de données chez un petit nombre de volontaires adultes). Il aurait été intéressant que les auteurs argumentent de manière plus approfondie ce choix, en discutant de la variabilité inter-individuelle en général et pas seulement de la différence entre les adultes et les enfants. Enfin, il est également important de discuter de l'expression des résultats afin que ceux-ci puissent être utilisables dans de nombreuses études différentes (par exemple en rapportant à la créatinine).



EXPOLOGIE – EVALUATION DES RISQUES

Évaluation comparative des risques liés à l'exposition résidentielle au radon dans deux régions sensibles, Stei (Roumanie) et Torreldones (Espagne)

Source : Sainz, Dinu et al. (2009) - *Comparative risk assessment of residential radon exposures in two radon-prone areas, Stei (Romania) and Torreldones (Spain)*. Science of The Total Environment. 407 (15): 4452-4460.

Article analysé par : Bernard Collignan, Affiliation : CSTB ; bernard.collignan@cstb.fr

Le cancer du poumon est la première cause de mortalité par cancer dans le monde avec 1 million de morts par an. Il est estimé qu'entre 10 % et 25 % de ces cancers du poumon ne sont pas attribuables au tabac. Le radon, responsable de la moitié de l'exposition naturelle aux rayonnements ionisants, représente la deuxième cause de cancer du poumon après le tabac. Cette étude propose de déterminer et de comparer l'exposition intérieure au radon dans deux régions Européennes et d'en déduire l'impact sanitaire : Stei, en Roumanie, proche d'une ancienne mine d'uranium, et la ville de Torreldones située dans une zone à potentiel radon en Espagne. L'approche consiste à appliquer le modèle d'évaluation des risques issu du BEIR VI (Biological Effects of Ionizing Radiations) avec une adaptation aux deux différents contextes au regard de la démographie, des données d'expositions au tabac et au radon. Le logiciel ECRS est utilisé pour calculer le risque vie entière des différents groupes en fonction de l'âge, de l'exposition au radon et de la consommation de tabac. Ce logiciel comporte différentes bases de données spécifiant les paramètres de modèle de risque, les données démographiques et les statistiques de consommation de tabac. Il est considéré comme pertinent, notamment pour exploiter des mesures de radon issues d'études géographiques avec un manque d'information au niveau individuel. Il est utilisé afin d'évaluer de la façon la plus précise possible le nombre de morts par cancer du poumon liés à l'exposition au radon. Des retours de questionnaires ont été exploités notamment au regard des habitudes de consommation de tabac. Des mesures intégrées de radon ont été réalisées dans les environnements intérieurs. Des calculs de dose reçue par les populations ont été conduits qui ont permis d'estimer le risque et d'évaluer la mortalité.

Les moyennes de concentration intérieure en radon sont très différentes dans les deux régions : 229 Bq/m³ à Stei et 98 Bq/m³ à Torrelodones. Dans les deux cas, elles indiquent des valeurs élevées par rapport aux niveaux moyens nationaux respectifs. Les calculs de dose effective se situent dans une fourchette de 1,32 mSv à 35,83 mSv pour Stei et de 1,5 mSv à 5,8 mSv pour Torrelodones. Elles sont donc beaucoup plus élevées que les moyennes nationales évaluées pour la Roumanie et l'Espagne à 1,48 mSv et 1,6 mSv respectivement. Pour les calculs d'estimation de risque, les populations ont été stratifiées selon des classes d'exposition et leur comportement tabagique.

Les classes d'exposition sont très différentes selon les deux régions considérées avec 30 % de la population de Stei au dessus de 200 Bq/m³ contre 8 % à Torrelodones. Le risque relatif vie entière a été estimé pour les deux régions en fonction des catégories et il est du même ordre de grandeur. 233 morts par cancer du poumon ont été observés à Stei sur une période de 13 ans, ce qui est 2,17 fois plus que ce qui est attendu par les statistiques nationales. Sur l'année 2005, le nombre de mort estimé est de 28, ce qui est 2,21 fois plus que ce qui est attendu par les autorités. En comparaison, pour Torrelodones, il est observé un nombre de mort de 276 sur une période de 13 ans, soit 2,09 fois plus que le nombre attendu par les autorités. Sur l'année 2005, le nombre de mort par cancer du poumon est de 32, soit ; 2,1 fois plus que l'évaluation statistique.

Les auteurs concluent que ces chiffres correspondent à une preuve significative du risque associé à l'exposition cumulée au radon. Ces résultats sont cohérents avec plusieurs études conduites afin d'estimer le risque associé à l'exposition au radon en population générale. L'excès de risque relatif / 100 Bq/m³ de 24 % et 23 % pour Torrelodones et Stei respectivement est plus élevé mais reste comparable avec les dernières estimations européennes de 16 % (entre 5 et 31 %) réalisées par S. Darby (Darby et al, 2006)¹¹ ainsi qu'avec les 11 % (entre 0 et 28 %) d'une récente analyse combinée d'études nord américaine (Field et al, 2006)¹². L'étude montre également que les facteurs de risque associés à des risques relatifs modérés doivent être considérés d'un point de vue de santé publique lorsqu'ils s'appliquent à une population importante. Enfin, bien que la consommation de tabac ait diminué ces dernières années, il faudra attendre plusieurs années afin d'en voir son impact sur la prévalence des cancers du poumon.

Commentaires et conclusion du lecteur

Ce document correspond à une étude d'évaluation du risque lié à l'exposition domestique au radon. L'intérêt particulier de l'étude est qu'elle s'intéresse à deux zones géographiques d'Europe ayant un pourcentage de population exposé au-delà de 200 Bq/m³ plus important que dans des études européennes et nord américaines citées et servant aujourd'hui de référence. Néanmoins, la puissance statistique de cette étude est plus faible, comme le confient les auteurs, du fait du plus faible échantillon de population disponible. Par ailleurs, l'excès de risque relatif est tout à fait comparable dans les deux régions alors que les niveaux moyens de concentration en radon domestique ainsi que la distribution de ces concentrations sont très différents. On peut regretter que ce résultat n'ait été que très peu discuté dans le document. Les auteurs abordent en fin de conclusion la problématique de la remédiation dans les bâtiments, de façon très générale et sans lien avec le document ni avec une logique de santé publique.

¹¹ Darby S, Hill D, Deo H, Auvinen A, Barros-Dios JM, Baysson H, et al. Residential radon and lung cancer—detailed results of a collaborative analysis of individual data on 7148 persons with lung cancer and 14 208 persons without lung cancer from 13 epidemiologic studies in Europe. *Scand J Work Environ Health* 2006; 32(suppl 1): 1-84.

¹² Field RW, Krewski D, Lubin JH, Zielinski JM, Alavanja M, Catalan VS, et al. An overview of the North American case-control studies of residential radon and lung cancer. *J Toxicol Environ A* 2006;69:599–631.



EXPOLOGIE – EVALUATION DES RISQUES

Évaluation critique de la rentabilité des méthodes de protection contre le radon dans les maisons neuves construites en zone affectée par le radon en Angleterre.

Source : Coskeran, Denman et al. (2009) - *A critical evaluation of the costeffectiveness of radon protection methods in new homes in a radon Affected Area of England*. Environment International. 35 (6): 943-951.

Article analysé par : Vincent Nedellec, VNC; vincent.nedellec@vnc-sante.fr

La rentabilité des mesures de lutte contre le radon dans l'habitat anglais fait l'objet d'une nouvelle publication¹³. Dans le neuf, la réglementation prescrit (1) la pose d'une membrane étanche au radon pendant la construction dans les zones où 3 % à 9 % des habitations ont des concentrations supérieures à 200 Bq/m³, et (2) la pose d'un puisard, charge à l'occupant d'y fixer un ventilateur, dans les zones où 10 % des habitations ont des teneurs en radon supérieures à 200 Bq/m³ (zone dite affectée).

Toutefois, la réglementation n'impose aucune vérification du niveau de radon avant occupation, quand bien même des études récentes ont trouvé des niveaux supérieurs à 200 Bq/m³ dans l'air de maisons neuves équipées de ces membranes¹⁴. L'objectif est d'analyser le ratio coût/efficacité de 4 dispositifs réglementaires alternatifs.

L'étude est située dans le village de Brixworth (comté de Northamptonshire) où l'on trouve un peu plus de 16 % des habitations avec des niveaux supérieurs à 200 Bq/m³. C'est une zone à forte croissance démographique donc dynamique pour la construction neuve. Les 4 dispositifs testés sont : **A** - pose de la membrane (construction), mesure du radon avant occupation, si la concentration est supérieure à 200 Bq/m³ : pose du puisard et du ventilateur, mesure du radon (vérification) ; **B** - pose de la membrane et du puisard (construction), mesure du radon avant occupation, si le niveau est supérieur à 200 Bq/m³ : mise en place du ventilateur, mesure du radon (vérification) ; **C** - Idem B sans pose de la membrane lors de la construction, **D** - rien lors de la construction, mesure du radon, si le niveau est supérieur à 200 Bq/m³ : pose du puisard et du ventilateur, mesure du radon (vérification). Les coûts sont ceux des différents dispositifs à mettre en œuvre (cf. tableau 1) pour la protection. L'efficacité est mesurée par un calcul des QALYs¹⁵ gagnés (différence entre QALYs avec et sans la protection) grâce à la réduction des expositions au radon (cancers du poumon dans la population exposée, les cancers cutanés ne sont pas pris en compte). Les coûts variables (consommation électrique et maintenance du ventilateur) sont actualisés au taux de 3 % sur une période de 40 ans. Enfin, une simulation « bootstrap »¹⁶ permet de prendre en compte la variabilité des niveaux de radon mesurés dans les habitations du village sans dispositif de prévention.

Les principaux résultats obtenus par les auteurs sont synthétisés dans le tableau suivant. Globalement, l'option la plus efficace serait le dispositif D avec un coût moyen de 2 870 £ (au cours 2004) par QALYs gagnées. Suivent par ordre croissant : option C < option A < option B < dispositif actuel.

Les auteurs discutent l'influence de certains choix méthodologiques sur l'étendue des valeurs issues de la simulation bootstrap. Ils indiquent que le coût attribué à la pose de la membrane pourrait être sous-estimé car il n'inclut pas la visite d'inspection validant la pose correcte. Les coûts par QALY gagné sont comparés à d'autres interventions sanitaires : campagne d'information pour arrêter de fumer 421 £/QALY, médicaments pour diminuer les risques cardiaques 3 207 £/QALY, dépistage du cancer du poumon 10 000 à 28 000 £/QALY, etc. En conclusion, les mesures alternatives seraient plus efficaces que le dispositif actuel. Les auteurs plaident pour que la vérification du niveau de radon soit à la charge du constructeur à fin que celle-ci ne soit pas omise par les propriétaires.

¹³ cf. analyse de l'article de Gray et al 2009, dans le précédent numéro.

¹⁴ Selon deux publications, Synnott et al. (2004) et Denman et al. (2005), le taux d'inefficacité des membranes atteindrait 50 %.

¹⁵ QALYs : Quality Adjusted Live Year.

¹⁶ Le bootstrap est une méthode dont le but est de fournir des indications sur une statistique autre que sa valeur (dispersion, distribution, intervalles de confiance) afin de connaître la précision des estimations réalisées. Ces informations sont obtenues sans recours à de nouvelles observations. Cette méthode s'organise autour d'une technique de rééchantillonnage, accompagnée d'un « grand » nombre d'itérations qui résultent de l'application de la méthode de Monte-Carlo.

Tableau 1 : Coût des différentes actions en fonction de l'option choisie pour réduire les niveaux de radon.

Coûts (en £ 2004)	option A	option B	option C	option D	Dispositif actuel
Pose d'une membrane lors de la construction	20150	20150	NA	NA	20150
Pose d'un puisard lors de la construction	NA	5525	5525	NA	NA
Mesure du radon avant occupation	2089	2089	2089	2089	NA
Travaux de protection lorsque le niveau dépasse 200 Bq/m ³	5621 ^a	2681 ^b	3830 ^b	8031 ^a	NA
Vérification du niveau de radon après travaux de protections	225	225	321	321	NA
Remplacement du ventilateur tous les 10 (actualisé sur 40 ans)	1268	1268	1812	1812	NA
Coût annuel énergétique et maintenance du ventilateur (actualisé sur 40 ans)	8368	8368	11955	11955	NA
Total (en £ 2004)	37721	40306	25532	24208	20150
Bénéfices sanitaires					
Réduction de la dose d'irradiation (homme-Sieverts)	0,4702	0,4702	0,4508	0,4508	0,1744
Nombre de cancers évités	0,6583	0,6583	0,6311	0,6311	0,2442
Nombre de QALYs gagné	14,78	14,78	14,17	14,17	5,47
Coût par QALY gagné	4286	4580	3026	2870	6182

NA = non applicable

a : pose d'un puisard et d'un ventilateur après travaux de construction.

b : pose d'un ventilateur après travaux dans le puisard posé pendant les travaux de construction.

c : estimation centrale de la simulation « bootstrap »

Commentaires et conclusion du lecteur

Cette étude plaide en faveur d'un dispositif de prévention basé sur la ventilation des soubassements uniquement si après les travaux de construction on constate un niveau supérieur à 200 Bq/m³ dans l'air intérieur de l'habitation neuve. Ces résultats concernent une zone géographique dite affectée (plus de 9 % des habitations ont un niveau supérieur à 200 Bq/m³). Ils sont difficilement vérifiables car la plupart des données d'entrées ne sont pas présentées, en général seule leur source est indiquée. Ils s'opposent à ceux de Gray 2009 montrant qu'il était plus rentable au plan sanitaire, dans un pays peu exposé au radon comme le Royaume Uni, de poser systématiquement des membranes étanches dans les constructions neuves. L'analyse critique de ce précédent article (Bulletin RSEIN n° 27) faisait ressortir la nécessité de tester cette hypothèse sur des zones géographiques plus fortement exposées au radon. L'étude de Coskeran, justement dans ce cas, n'est pas directement comparable à la première. La différence majeure entre les deux études est le prix de la membrane de protection (dispositif actuel) : de 100 £ (2007) dans l'étude de Gray elle, elle passe à 20 150 £ (2004) dans celle de Coskeran. Les résultats de Coskeran sont dépendants de cette estimation ce qui est moins le cas dans l'étude de Gray (d'autres coûts sont pris en compte notamment ceux du traitement médical des cancers). Un calcul rapide montre en effet que pour n'importe quel prix de la membrane inférieur ou égal à 9 344 £¹⁷, toutes hypothèses égales par ailleurs, le dispositif actuel est aussi efficace que la meilleure des options alternatives. Par ailleurs, on ne voit pas pourquoi la pose d'un puisard et d'un ventilateur serait plus chère dans l'option D que dans l'option A, ni pourquoi le ventilateur seul serait plus cher dans l'option C que dans l'option B. On est également surpris de voir qu'un puisard posé lors de la construction (option B et C) est au même niveau de prix (5 525 £) que lorsqu'il est posé après la construction (5 621 £)... En raison de nombreux manques d'information et de doutes quant à la réalité des coûts utilisés dans cette étude, les résultats ne sauraient être extrapolés à d'autres situations. En conclusion il semble difficile de comparer les résultats de différentes études « couts-bénéfices » si les coûts ne sont pas pris de manière standardisée.

¹⁷ Soit environ 13 000 euros au cours de la £ en 2004 (£ = 1,4 euros).

Autres articles d'intérêt sur la thématique EXPOLOGIE / ÉVALUATION DES RISQUES :

Kotzias, Geiss et al. (2009) - *Exposure to Multiple Air Contaminants in Public Buildings, Schools and Kindergartens - the European Indoor Air Monitoring and Exposure Assessment (Airmex) Study*. **Fresenius Environmental Bulletin**. 18 (5A): 670-681.

Heinzow, Santen et al. (2009) - *Dibasic esters as new and relevant indoor air contaminants*. **Gefahrstoffe Reinhaltung Der Luft**. 69 (4): 159-164.

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

Carslaw, Langer et al. (2009) - *New Directions: Where is the link between reactive indoor air chemistry and health effects?* **Atmospheric Environment**. 43 (24): 3808-3809.

Jacobs, Wilson et al. (2009) - *The Relationship of Housing and Population Health: A 30-Year Retrospective Analysis*. **Environmental Health Perspectives**. 117 (4): 597-604.

Weisel, Richardson et al. (2009) - *Childhood Asthma and Environmental Exposures at Swimming Pools: State of the Science and Research Recommendations*. **Environmental Health Perspectives**. 117 (4): 500-507.

Cooper, Makris et al. (2009) - *Evidence of Autoimmune-Related Effects of Trichloroethylene Exposure from Studies in Mice and Humans*. **Environmental Health Perspectives**. 117 (5): 696-702.

Bush and Peden (2009) - *Advances in environmental and occupational disorders in 2008*. **Journal of Allergy and Clinical Immunology**. 123 (3): 575-578.

Gaffin and Phipatanakul (2009) - *The role of indoor allergens in the development of asthma*. **Current Opinion in Allergy and Clinical Immunology**. 9 (2): 128-135.

Terr (2009) - *Sick Building Syndrome: is mould the cause?* **Medical Mycology**. 47 S217-S222.

Mo, Zhang et al. (2009) - *Photocatalytic purification of volatile organic compounds in indoor air: A literature review*. **Atmospheric Environment**. 43 (14): 2229-2246.

Paz and Hugo (2009) - *Photocatalytic Treatment of Air: From Basic Aspects to Reactors*. **Advances in Chemical Engineering**. Volume 36 289- 336.

INFORMATIONS DIVERSES

Réglementation

Circulaire interministérielle DGS/EA2/2009/250 du 21 juillet 2009 relative aux mesures de concentrations de certaines substances dans l'air intérieur dans les bâtiments recevant du public, et plus particulièrement ceux hébergeant des personnes sensibles ou vulnérables : école, crèches.

http://rese.sante.gouv.fr/santenv/interven/airint/reg/c_210709/c_210709.pdf

Le 23 juillet 2009 le Sénat et l'Assemblée nationale ont **adopté en deuxième lecture** le projet de loi *de programme relatif à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement* (dite *Loi Grenelle 1*).

<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000020949548&dateTexte=&categorieLien=id>

Normalisation

NF ISO 16000 – 14 (août 2009) ; **Air intérieur - Partie 14** : dosage des polychlorobiphényles (PCB) de type dioxine et des polychlorodibenzo-p-dioxines (PCDD)/polychlorodibenzofuranes (PCDF) totaux (en phase gazeuse et en phase particulaire) - Extraction, purification et analyse par chromatographie en phase gazeuse haute résolution et spectrométrie de masse.

Publications

L'Académie nationale de médecine publie un rapport, adopté le 16 juin 2009, intitulé « Air extérieur, air intérieur et santé ». Ce rapport a pour objectif de faire le point des connaissances sur les risques sanitaires des polluants de l'air.

<http://www.academie-medecine.fr/detailPublication.cfm?idRub=26&idLigne=1632>

Le 16 juillet 2009, le bureau Europe de l'**OOMS** a publié les premières lignes directrices sur la **qualité de l'air intérieur**, elles concernent **l'humidité et les moisissures**. Ce document est le premier d'une série de recueils de lignes directrices qui permettront à l'OOMS d'établir des recommandations pour lutter contre la pollution de l'air intérieur.

<http://www.euro.who.int/document/E92645.pdf>

Le CSTB a publié un rapport sur l'état de la ventilation dans le parc de logements français suite à la campagne 2003/2005.

http://www.air-interieur.org/userdata/documents/272_Etat_de_ventilation_2009_037.pdf

Le **document du PNSE2** est maintenant disponible en ligne sur le site du Ministère de la santé.

<http://www.sante-sports.gouv.fr/publications-documentation/publications-documentation-sante/rapports/deuxieme-plan-national-sante-environnement-pnse-2-2009-2013.html>

Élaboré en collaboration avec de nombreux ministères (écologie, santé, travail, agriculture, économie) et de nombreuses agences et équipes de recherche, ce deuxième plan national santé environnement (PNSE) décline les engagements du Grenelle de l'environnement, en matière de santé environnement. Il a pour ambition de donner une vue globale des principaux enjeux, de caractériser et de hiérarchiser les actions à mener pour la période 2008-2013, sur la base d'un constat commun. Il définit un ensemble d'actions communes et concertées, tant au niveau national que local.

Cancer et environnement: l'Afsset prône un «changement de paradigme»

Dans son avis sur l'expertise de l'Inserm «Cancers et environnement» rendu public hier, l'Afsset prône l'application du principe de précaution par la réduction des expositions aux facteurs de risque, qu'ils soient avérés ou suspectés, en priorité chez les plus vulnérables. Certaines recommandations figureront dans les prochains plans gouvernementaux.

Côté recherche, l'Afsset plaide également pour un nouveau modèle fondé sur un renforcement des études d'exposition, l'utilisation des biomarqueurs et l'interdisciplinarité avec le recours aux sciences humaines et sociales mais aussi le développement de l'approche socio-économique. « Les inégalités d'exposition aux facteurs environnementaux en fonction des catégories professionnelles, du sexe ou de l'âge, méritent d'être prises en compte », souligne Martin Guespéreau.

Autre nouveauté, l'Afsset souhaite que les études de coût-bénéfice, très fréquentes aux États-Unis mais rares en France, soient introduites dans le débat afin d'influencer les décideurs. « On peut ainsi évaluer à 130.000 euros le bénéfice sanitaire et social de la prise en compte des fibres courtes d'amiante dans la réglementation telle que préconisée par l'Afsset dans un avis récent », souligne Martin Guespéreau. Certaines recommandations de l'Afsset devraient être incluses dans les prochains plans gouvernementaux: PNSE 2 plan Cancer, et plan Santé au travail.

<http://www.journaldelenvironnement.net>

L'appel 2010 du 7^{ème} PCRD (Programme « Coopération »), thème « Environnement (changements climatiques inclus) » FP7-ENV-2010 a été publié le 30 juillet 2009 par la Commission Européenne. Cet appel dispose d'un budget de 175 M €. L'appel est disponible sur le site de CORDIS (site portail de la recherche et du développement européens) : www.cordis.europa.eu/fp7/dc/index.cfm

Il convient de regarder plus particulièrement la Sous-activité 6.1.2 « Environnement et santé » (qui fait partie de l'activité 6.1 « Changement climatique, pollution et risques »). Une journée d'information, organisée par la DG Recherche, a eu lieu à Bruxelles le 17 septembre 2009 sur cet appel (FP7-ENV-2010) et le thème Environnement du PCRD :

<http://www.eurosfair.prd.fr/news/consulter.php?id=3356>

<http://www.eurosfair.prd.fr/7pc/environnement/>

Le regard de l'ADEME sur le Grenelle 2

Alors que les parlementaires ont entamé l'examen du **projet de loi « Engagement National pour l'Environnement »**, l'ADEME a souhaité, par le présent document **« Regard sur le Grenelle 2 »**, apporter un éclairage et son expertise sur les nombreuses mesures qui entrent dans son domaine de compétence. L'ambition est également de proposer quelques idées complémentaires et de montrer que les engagements pris lors du Grenelle Environnement sont déjà en cours de mise en œuvre.

<http://www.appanpc.fr/adminsite/Repertoire/7/Fichier/23-090707032000.pdf>

Une campagne de mesures communes entre la **RATP** et **Airparif** (association de surveillance de la qualité de l'air en Île-de-France) à la station Faidherbe-Chaligny (ligne 8) a quantifié les niveaux de pollution (dioxyde d'azote, particules...) et les transferts de pollution entre l'intérieur et l'extérieur de la station de métro. Cette première étude conjointe entre la RATP et Airparif met en valeur ces flux de pollution au niveau de la station Faidherbe-Chaligny. Une première phase de campagne de mesures s'est déroulée du 1^{er} au 15 décembre 2008 sur les quais ainsi que dans l'environnement proche de la station Faidherbe-Chaligny..La station choisie est représentative des stations sans correspondance du réseau souterrain de la RATP.

Dans le cadre de ce premier échange, la configuration simple de cette station permettait d'appréhender plus facilement les paramètres influençant la qualité de l'air. Les deux partenaires se sont partagés les points de mesure, mettant chacun en œuvre un laboratoire mobile à l'extérieur de la station et une baie d'analyseurs sur chaque quai.

Différents polluants ont été mesurés : les particules **PM₁₀** (inférieures à 10 µm) et **PM_{2,5}** (inférieures à 2,5 µm), dont les niveaux généralement plus élevés que dans l'environnement extérieur sont une spécificité des réseaux ferroviaires, et qui proviennent à la fois du fonctionnement du métro et de l'environnement extérieur (véhicules, chauffage et industrie) ; les **oxydes d'azote**, majoritairement émis par le trafic routier.

Afin d'élargir et de compléter les résultats de cette campagne de mesures, d'autres séries de mesures conjointes entre la RATP et Airparif seront proposées par le comité de pilotage de la convention de partenariat des deux organismes, en particulier des mesures dans la gare d'Auber d'ici la fin de l'année.

→ http://www.airparif.asso.fr/airparif/pdf/CP_RATP.pdf
→ http://www.airparif.asso.fr/airparif/pdf/Rratp_20090701.pdf

Convention CSTB - INERIS

Le 6 juillet dernier, l'INERIS et le CSTB ont signé une convention de collaboration particulière de 3 ans pour la mise en place et l'animation d'une **cellule de gestion des crises potentiellement liées à une dégradation de la qualité de l'air intérieur**. L'objectif de la cellule d'appui est d'apporter un appui rapide aux autorités nationales, territoriales et municipales en charge des établissements publics recevant du public (établissements d'enseignement, établissements de soins, etc.) confrontés à ces situations, pour lesquelles les premières réactions sont déterminantes.

Pour en savoir plus :

INERIS : Philippe Hubert, Directeur des risques chroniques - : philippe.hubert@ineris.fr

CSTB : Christian Cochet, Directeur adjoint du Département Énergie Santé Environnement – christian.cochet@cstb.fr

Appels à communication / Congrès

7^{ème} édition du congrès « **Emissions and Odours from materials** » les 7 et 8 octobre 2009 à Bruxelles, Belgique.

<http://www.certech.be/index.php?ContentID=6>

Environnement et santé – question de société 25/27 Nov. 2009 à Lille, France.

Le symposium s'articulera autour de conférences plénières et de tables rondes thématiques, qui permettront aux différentes parties prenantes d'échanger leurs points de vue de manière à dégager les conditions d'une prise de décision éclairée. Les quatre thèmes envisagés permettront d'aborder la plupart des interrogations posées par la santé environnementale. Des focus-group de citoyens, organisés en amont de la manifestation, permettront de faire état lors des débats des interrogations et attentes de la population.

<http://www.environnementsante2009.fr/>

L'APPA et ses partenaires organisent les **4 et 5 février 2010** la sixième édition des « **Journées Interdisciplinaires de la Qualité de l'Air** » (JIQA).

L'objectif de ces journées est de permettre à de jeunes chercheurs de présenter leurs travaux relatifs à la qualité de l'air, dans des domaines aussi différents que la métrologie, les sciences humaines, la bioindication... de façon compréhensible par l'ensemble des participants.

Vous pouvez télécharger l'appel à communication sur le site des JIQA ; soumission avant le 07 novembre

www.jiqa.fr/doc/Appel_com_JIQA2010.pdf

10^{ème} Congrès mondial REHVA – CLIMA 2010 - 9 - 12 mai 2010, Antalya, Turkey.

Les soumissions de participation sont encore possibles : www.clima2010.org

<http://www.clima2010.org/announcement.pdf>

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

Directeur de la publication : Vincent Laflèche

Directeur de la rédaction : André Cicoella

Comité de rédaction du N°28 : Hélène Desqueyroux, Marie-Thérèse Guillam, Juliette Larbre, avec la participation de Bernard Festy

Coordination et contact : Juliette Larbre juliette.larbre@ineris.fr

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

ISSN 1760-5407

Le réseau RSEIN, en relation avec l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur, est constitué de représentants des structures suivantes : Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail, 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 PACA représentant les Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air, Bureau Véritas, 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 Marseille, 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 Technologique Forêt, Cellulose, Bois et Ameublement, Institut de Veille Sanitaire, Laboratoire Central de la Préfecture de Police de Paris, Laboratoire d'Étude des Phénomènes de Transfert et de l'Instantanéité : Agro-industrie et Bâtiment, Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris, Laboratoire du Génie de l'Environnement Industriel – antenne de Pau de l'École des Mines d'Alès, MEDIECO, Observatoire Régional de Santé d'Île-de-France, SEPIA-Santé, Service des Études Médicales de EDF, Université Bordeaux II – Équipe EA 3672 Santé Travail Environnement, Université de Caen, Véolia Environnement, Vincent Nedellec Conseils.

Pour tout abonnement à la version électronique du bulletin, adressez vos coordonnées par email à : juliette.larbre@ineris.fr ou inscrivez-vous à partir du site internet : <http://rsein.ineris.fr/bullinfo/abonnement.html>