

Edito

Le Plan d'actions sur la Qualité de l'Air Intérieur et ses articulations avec les stratégies en santé-environnement

L'adoption du premier Plan National Santé Environnement (PNSE) en 2004, puis du second en 2009, ont permis une structuration et une mise en cohérence des actions en santé environnement afin d'enclencher une lutte intégrée contre les expositions environnementales. En effet, la réduction de ces expositions passe par la prise en compte, pour l'ensemble des milieux, des agents chimiques, physiques et infectieux susceptibles d'affecter la santé

L'air intérieur occupe une place importante dans cette stratégie nationale en santé-environnement avec par exemple l'action 3 du premier PNSE qui visait à « protéger la population de la pollution à l'intérieur des locaux ». Le second PNSE a conservé cette thématique en ciblant plus particulièrement 3 actions : la réduction des expositions liées à l'amiante, la gestion de la qualité de l'air dans les lieux publics et la maîtrise du bâti, des sources et des systèmes de ventilation.

Les progrès réalisés dans ce domaine et les préoccupations exprimées lors de la conférence environnementale de septembre 2012 a conduit à la proposition d'un plan spécifique pour l'air intérieur. Ainsi, le Plan d'actions sur la Qualité de l'Air Intérieur ou PQAI a été publié par le gouvernement le 13 octobre 2013. Ce plan prévoit des actions à court, moyen et long termes et constitue aujourd'hui une ligne directrice structurée des actions à mener.

Son contenu comprend 26 actions regroupées en 5 grandes thématiques :

- Informer le grand public et les acteurs relais,
- Développer l'étiquetage pour les produits susceptibles d'émettre des polluants dans l'air intérieur,
- Dans la filière du bâtiment, développer les actions incitatives et préparer les évolutions réglementaires,

- Progresser sur le terrain vis-à-vis de pollutions spécifiques,
- Améliorer les connaissances.

Au sein de ces grandes thématiques, les actions portent par exemple sur l'instauration de campagnes de mesures au sein de logements contigus à de petites installations industrielles (imprimeries, cabines de peintures,...), ou dans des bâtiments à haute performance énergétique. Concernant la prise en compte d'espaces clos préoccupants, l'amélioration de la QAI dans les enceintes ferroviaires est explicitement citée.

Ce plan met également l'accent sur la communication et l'information à destination du grand public, car le comportement des occupants et/ou des utilisateurs est considéré comme un levier essentiel pour l'amélioration de la QAI. C'est pourquoi plusieurs des actions sont orientées vers la réalisation de campagnes d'information, vers la mise en place d'outils d'auto-diagnostics et vers la poursuite des travaux sur l'étiquetage de certains produits de consommation (nettoyant ménager par exemple).

Le PQAI, à l'instar des autres plans et stratégies déjà en cours (le plan cancer, le Programme national nutrition santé, Plan de Santé au Travail, ...) fait partie des grands ensembles visant la qualité des milieux (voir schéma). Il s'intègre au PNSE 3 pour former une stratégie globale et cohérente en matière de santé-environnement et il a, par la suite, vocation à être décliné en région dans les plans régionaux santé environnement (PRSE). La durée du PQAI n'est pas définie pour le moment.

Le plan est piloté par le Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie en lien avec d'autres ministères et avec l'appui des instituts et agences spécialisés (INERIS, ANSES, CSTB, ADEME, ...)

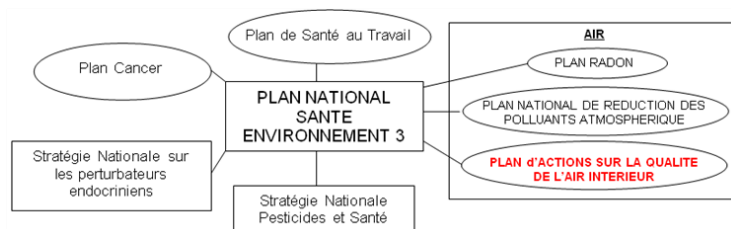
Sommaire

Météorologie : p 2 ; Concentrations environnementales et expositions : p 3 ; Risque et impact sur la santé : p4 ;
News : p 9;

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.

Les liens avec les travaux en cours et à venir financés par des programmes de recherche tels que PRIMEQUAL (travaux sur le syndrome des bâtiments malsains ou sur l'influence des activités domestiques sur la QAI - projet ADOQ) ou encore par les appels à projet CORTEA de l'ADEME, vont permettre de capitaliser un nombre important de données et de connaissances nécessaires à la gestion et l'amélioration de la qualité de l'air.



Plan d'actions disponibles sur : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Lancement-du-plan-d-actions-pour,34492.html>

Julien Dalvai
INERIS - Pôle Risques et technologies durables
julien.dalvai@ineris.fr

Métrologie

Détermination de phtalates et d'esters organophosphorés dans l'air par désorption thermique couplée à la chromatographie gazeuse –spectrométrie de masse.

Cette étude réalisée en Espagne a pour but la détermination dans l'air des zones urbaine et portuaire de Tarrogone de sept esters de phtalates (dimethyl phtalate (DMP), diethyl phtalate (DEP), butyl benzyl phtalate (BBP), di-(2-ethylhexyl) phtalate (DEHP) and di-n-octyl phtalate (DnOP), de quatre ester organophosphorés (tributyl phosphate (TBP), triethyl phosphate (TEP), tri-iso-butyl phosphate (TiBP) et triphenyl phosphate (TEP)) et du bis(2-ethylhexyl) adipate par désorption thermique associée à la chromatographie gazeuse couplée à la spectrométrie de masse. Cette méthode a été validée comme étant tout à fait efficace pour déterminer ce type de composés en phase gazeuse dans l'air ambiant.

Deux types de tubes (9cm × 6,35 mm (diamètre externe) × 5 mm (diamètre interne)) contenant respectivement du Tenax TA et du Tenax TA/Carbograph 1TD (350 mg environ) ont été testés. De l'air est pompé au travers de ces tubes afin d'avoir un total de 1,5 L (100 mL.min⁻¹ pendant 15 minutes).

La désorption des tubes ainsi que leur conditionnement ont été effectués à l'aide d'une unité de désorption thermique MARKES. L'analyse a été faite par chromatographie gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) sur une colonne ZB-5 (30 m × 0,25 mm × 0,25µm d'épaisseur de film) selon le gradient de température suivant : 60°C jusqu' 220°C à 20°C min⁻¹ (30 min.) à un débit d'hélium de 1,5 mL min⁻¹, l'interface du GC-MS étant maintenue à 280°C et l'injecteur à 250°C. La détection a été réalisée par impact électronique (70 eV) en mode SIM (Single

Ion Monitoring) avec deux ou trois ions pour chaque composé, le plus intense pour la quantification et les deux autres pour la confirmation.

Deux ou trois points de prélèvement par site ont été choisis afin d'étudier la présence des composés sur chacun de ces sites.

Les conditions optimales de désorption ont été testées et déterminées pour chaque paramètre à savoir la température de désorption, la température du piège froid, le débit de désorption,... Il ressort des différents essais réalisés que la température optimale pour le piège froid doit être fixée à 0°C, celle de la désorption primaire à 350°C pour une durée et un débit de désorption de 10 minutes et 50 mL.min⁻¹ respectivement. Un débit de split de 5 mL.min⁻¹ a du également être mis en place afin de ne contaminer de manière trop importante le piège froid et la colonne.

Une calibration à l'aide de 8 ou 10 concentrations a été réalisée et des limites de quantification comprises entre 0,007 et 6,7 µg.m⁻³ avec une répétabilité inférieure à 15 % ont été obtenues en fonction des molécules étudiées.

Plusieurs composés ont été détectés dans les échantillons analysés et le di-(2-ethylhexyl)phtalate était le plus abondant parmi les composés étudiés dans les deux zones avec des concentrations variant entre 6.7 µg.m⁻³ et 136.4 µg.m⁻³.

Deux types d'adsorbants et pièges cryogéniques ont été testés. Il ressort des essais d'optimisation à l'aide d'une solution standard déposée sur chaque type d'adsorbants que le Tenax TA seul est à retenir aussi bien pour le tube lui même que pour le piège cryogénique. En effet, une configuration avec un seul lit d'adsorbant donne les meilleurs résultats tant au niveau de l'adsorption que de la désorption pour des composés semi-volatils à faible polarité et des températures d'ébullition inférieures à 350 °C comme c'est le cas pour les molécules étudiées.

La désorption thermique est une méthode qui peut être appliquée pour l'analyse de phtalates et d'ester organophosphorés dans la phase gazeuse. Cette méthode permet en particulier d'éliminer le risque de contamination du fait d'un minimum d'étapes mises en œuvre. La détection de ces composés à la fois en zones portuaire et urbaine traduit bien leur présence dans l'air et, au regard de leur toxicité, la nécessité de les rechercher dans d'autres zones.

Commentaires et conclusion du lecteur

Ce travail de développement analytique est intéressant pour plusieurs raisons. En effet, c'est la première fois que la désorption thermique est appliquée pour rechercher des polluants organiques comme des phtalates et des esters d'organo-phosphorés dans l'air ambiant en dehors des zones d'émissions de ces substances. Le faible débit appliqué lors des prélèvements permet également de s'affranchir des techniques de collectes dites « grand volumes » qui nécessitent un traitement lourd des échantillons souvent source de pertes et de contamination.

La désorption thermique est une technique prometteuse pour

des molécules semi-volatiles car elle offre l'avantage de ne pas manipuler l'échantillon et donc de ne pas le contaminer. Elle permet également l'obtention de limites de détection basses, compatibles avec des périodes courtes de prélèvements. Cette technique pourrait donc permettre l'évaluation des variations des niveaux de contamination de ces substances dans l'espace et dans le temps. Elle pourra aussi évaluer rapidement leurs sources d'émissions potentielles en zones confinées, par exemple, afin de mettre en place des solutions de réductions des transferts vers l'atmosphère.

Source : M. Aragón, F. Borrull, R.M. Marcé (2013) Thermal desorption-gas chromatography-mass spectrometry method to determine phthalate and organophosphate esters from air samples. Journal of Chromatography A, 1303, 76–82

Article analysé par : Maurice Millet, Université de Strasbourg ; mmillet@unistra.fr



Concentrations environnementales et expositions

Mesure des siloxanes dans l'air intérieur et recherche de leurs sources par analyse isotopique

Les siloxanes, composés chimiques formés par une chaîne linéaire ou cyclique d'atomes d'oxygène et de silicium, sont utilisés dans de nombreuses applications industrielles, ainsi que dans des produits de grande consommation, notamment les produits d'hygiène corporelle et les cosmétiques. Le décaméthylcyclopentasiloxane, ou D5, est également utilisé dans un procédé de nettoyage à sec alternatif à l'emploi du tétrachloroéthylène. A ce jour, peu d'études ont été consacrées à la mesure des siloxanes dans les environnements intérieurs. Ainsi l'étude de Pieri et al. visait à mesurer les concentrations de huit de ces composés (4 cycliques et 4 linéaires) dans l'air intérieur

et à en rechercher les sources d'émission par analyse isotopique.

Les prélèvements d'air (n=91) ont été réalisés entre mai et août 2011, dans différents environnements intérieurs en Italie et au Royaume-Uni. Ils ont été réalisés par prélèvement actif sur des tubes combinant Tenax et carbone graphite noir à 120 mL/min pendant environ 48h. Les analyses ont été réalisées par chromatographie gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC/MS). Les tests préalables de validation de la méthode analytique ont été satisfaisants : perçage : 0,4 % ; déviation standard relative allant de 6,1 à 13,7 % ; taux de récupération de $82 \pm 5,6$ % à 92 ± 8 %. La recherche des sources a été permise par analyse isotopique du ^{13}C sur des prélèvements d'air dédiés réalisés sur charbon actif de noix de coco (60 minutes à 200 mL/min). Ces mesures ont été comparées aux concentrations en ^{13}C dans des produits de consommation de marques différentes.

Les concentrations en siloxanes mesurées dans l'air intérieur en Italie (IT) et au Royaume-Uni (UK) sont rapportées dans le Tableau 1 (sélection de pièces et de lieux).

Les concentrations en siloxanes linéaires sont systématiquement plus élevées que celles des composés cycliques, le D5 étant de façon générale le composé prépondérant. Des différences de concentrations apparaissent également selon le pays et selon la pièce ou le bâtiment considéré. Les concentrations sont les plus élevées dans la crèche, possiblement en lien avec l'utilisation importante de produits de soin pour les enfants ; un unique prélèvement a cependant été effectué dans cet environnement.

L'analyse des relations entre les concentrations dans l'air des différents siloxanes fait apparaître de faibles corrélations entre les composés, conduisant à conclure que leurs sources d'émission ne sont pas les mêmes. Ceci est confirmé par l'analyse isotopique. Cette

Tableau 1 : Concentrations moyennes (en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) en siloxanes dans l'air intérieur

Pièce	Pays	L2	L3	L4	L5	D3	D4	D5	D6	Total
Salle de bain	IT (n=15)	2,8	0,36	1,4	1,1	69	42	98	16	230
	UK (n=9)	3,3	ND	2,1	0,75	110	68	120	26	340
Séjour	IT (n=5)	3,3	ND	0,15	0,32	3,5	8,2	38	45	100
	UK (n=5)	18	1,2	0,63	1,3	160	43	84	12	320
Chambre principale	IT (n=9)	0,86	ND	0,64	ND	36	11	170	19	240
	UK (n=1)	ND	ND	ND	ND	1,2	1,9	45	5,4	56
Bureau	IT (n=5)	3,3	0,08	0,12	0,17	3,3	2,2	7,5	ND	18
	UK (n=4)	1,0	0,35	1,5	0,36	6,6	9,8	54	4,6	78
Crèche	IT	<i>Non mesurés</i>								
	UK (n=1)	18	16	7,5	ND	14	17	270	4,3	350

D3 : hexaméthylcyclotrisiloxane ; D4 : octaméthylcyclotetrasiloxane ; D5 : decaméthylcyclopentasiloxane ; D6 : dodecaméthylcyclohexasiloxane, L2 : hexaméthyldisiloxane ; L3 : octaméthyltrisiloxane ; L4 : decaméthyltetrasiloxane ; L5 : dodecaméthylpentasiloxane ; ND : non détecté

dernière a cependant été limitée par le fait qu'il n'a pas été possible de déterminer la concentration en ¹³C dans tous les échantillons.

Commentaires et conclusion du lecteur

Cette étude est intéressante dans le sens où elle fournit des ordres de grandeur des concentrations en siloxanes dans l'air de différents types d'environnements intérieurs. Les données de concentrations intérieures aussi bien dans l'air que dans les poussières déposées restent encore peu nombreuses, alors que des questionnements sur les effets sanitaires de certains composés se font jour.

Il aurait été intéressant que les auteurs réalisent des prélèvements d'air extérieur afin de disposer d'un ordre de grandeur des concentrations de fond dans l'air ambiant. De plus, il aurait été souhaitable que les auteurs examinent l'influence des conditions de température et d'humidité relative. Dans quelle mesure les différences observées entre pays et entre pièce/lieu ne sont-elles pas simplement liées à ces paramètres d'ambiance ? Enfin, l'analyse isotopique est peu détaillée et peu convaincante. Elle reste néanmoins une voie intéressante à explorer pour l'identification des sources d'émission des polluants dans les environnements intérieurs.

Source : O.Pieri et al. (2013) Occurrence of linear and cyclic volatile methyl siloxanes in indoor air samples (UK and Italy) and their isotopic characterization. *Environment International* 59: 363–371.

Article analysé par : Corinne MANDIN, Centre scientifique et technique du bâtiment – CSTB ; corinne.mandin@cstb.fr

par randomisation et 1012 personnes ont été sélectionnées dont 144 âgées de plus de 65 ans.

Les participants sont classés par classe d'âge (<65ans et >65 ans), sexe et nationalité (française ou non), leur niveau d'éducation, leur statut tabagique, leurs problèmes respiratoires (bronchite chronique, essoufflement nocturne l'année précédant l'enquête).

Parmi les 30 polluants mesurés (mg/m³) pendant une semaine en continu dans la chambre à coucher, vingt sont des COVs (benzène, toluène, m/p-xylènes, o-xylène, 1.2.4-triméthylbenzène, éthylbenzène, styrène, n-décane, n-undécane, trichloroéthylène, tétrachloroéthylène, 1,4-dichlorobenzène, 1-méthoxy-2-propanol, 2-butoxy éthanol) mesurés par chromatographie en phase gazeuse à détecteur d'ionisation de flamme ou par chromatographie liquide avec détecteur UV et quatre sont des aldéhydes (formaldéhyde, acétaldéhyde, acroléine, hexaldéhyde) mesurées par diffusion radiale sur cartouche de Florisil dopée par de la 2,4-DNPH.

De plus la ventilation à l'intérieur des logements a été caractérisée en utilisant les concentrations en CO₂. Les taux de renouvellement d'air sont calculés sur la base des concentrations moyennes en CO₂, du taux d'occupation des locaux et recalculées relativement au volume considéré comme relevant de la mesure du taux de CO₂.

La ventilation a été définie par le taux d'échange de l'air dans l'appartement dans la semaine de l'étude. Il est exprimé en changement d'air par volume et par heure et présenté sous forme de variable continue. Sur la base de ce taux, une ventilation faible est définie par un taux d'échange d'air inférieur à la médiane de la distribution dans les logements alors qu'un taux correct dépasse cette médiane. Les données sanitaires sont renseignées par un auto-questionnaire (état actuel et passé, en particulier recherche des essoufflements nocturnes). Les méthodes statistiques employées sont classiques (moyenne, chi-2, analyse de variance, Odds Ratio). Les facteurs de confusion énoncés précédemment ainsi que la saison, la présence d'animaux de compagnie, la présence de moisissures, le pourcentage de temps passé à l'intérieur ont été pris en compte. La catégorisation de la variable (forte ou faible exposition) permet de prendre en compte la non linéarité de l'association entre les concentrations en COVs et les conséquences sanitaires

La prévalence de ces conséquences est alors calculée dans chaque niveau d'exposition, les Odds ratios correspondants sont calculés avec un intervalle de confiance de 95% et la probabilité associée, estimée par utilisation du tableau de contingence du test du chi². Les valeurs de COVs et celles des aldéhydes sont notées 0 si elles sont inférieures à la médiane des concentrations ou 1 en cas contraire. Un score total est calculé égal au nombre de polluants pour lesquels des concentrations élevées ont été mesurées (supérieures à la médiane).

Concernant les sujets rentrés dans l'étude 14.2% étaient âgés de 65 ans et plus avec une moyenne de 71 ans ; 52% étaient des



Risque et impact sur la santé

Augmentation de la prévalence du manque de souffle chez des personnes âgées exposées à des aldéhydes et des COVs dans un échantillon représentatif de logements français.

Il s'agit, dans le cadre d'une étude française, de rechercher l'existence d'un lien entre la contamination de l'air intérieur de certains logements (par mesure de 490 composés organiques volatiles et d'aldéhydes) et l'incidence de troubles respiratoires chez leurs habitants, en particulier âgés de plus de ---ans, sur la base d'un questionnaire auto-administré. Les études spécifiques dans cette classe d'âge sont rares malgré les déficiences immunitaires et fonctionnelles la prédisposant à des pathologies respiratoires et ce d'autant plus qu'ils passent un temps important dans leur habitation où les sources de polluants sont nombreuses (peinture, mobilier).

Les données brutes sont issues d'une enquête nationale menée (Octobre 2003 à décembre 2005) par l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur, ayant pour objet l'évaluation de la qualité de l'air intérieur dans les logements français et ses conséquences sanitaires. Les logements (490) ont été choisis

femmes. Les sujets âgés de plus de 65 ans déclaraient passer plus de 80 % de leur temps à leur domicile contre 66% pour le reste des sujets. Dix pour cent des personnes âgées faisaient état de bronchite chronique et 15% d'essoufflement, contre 7 et 16% respectivement dans le reste des participants.

Les concentrations en polluants se sont avérées fortement corrélées entre elles. Il n'y avait pas de différence significative entre les concentrations en polluants dans l'air des logements habités par des personnes âgées et celles mesurées dans les autres logements. De même pour le taux de ventilation en termes de moyenne (0.77 vol/h vs. 0.74 vol/h) et de médiane (0.57 vol/h vs. 0.54 vol/h). Le taux de ventilation était inversement proportionnel à la concentration en certains polluants (acétaldéhyde, acroléine, hexaldéhyde, N-décane, toluène, éthylbenzène et 1,4-dichlorobenzène).

Chez les personnes âgées, de forts niveaux en toluène et o-xylène, sont reliés à des épisodes d'essoufflement, avec des OR ajustés respectifs de 3.36 et de 2.85. Le lien n'existe pas chez les autres sujets. Une relation en sens inverse entre les concentrations en styrène et l'essoufflement a été observée sur l'ensemble des sujets. Une autre relation inverse existe aussi chez les personnes âgées uniquement entre la bronchite chronique et l'exposition au 1-méthoxy-2-propanol. Une relation statistiquement significative entre présence de styrène et des symptômes d'essoufflement dans l'année écoulée a été démontrée (AOR¹ = 1.48 (1.03, 2.11)). La même chose a été montrée (AOR = 3.66(1.16, 11.53)) avec le n-décane dans le cas de faible ventilation (inférieure à la valeur du taux médian).

Les résultats ont montré une relation statistiquement significative entre les polluants de la famille des composés organiques volatils et les épisodes d'essoufflement chez les personnes âgées. Les résultats concernant les effets du toluène et du xylène chez les personnes âgées sont en accord avec les études d'autres auteurs. L'action combinée des aldéhydes et des COVs sur des pathologies respiratoires de type chronique reste à confirmer par d'autres études.

Les intérêts de cette étude résident dans la qualité de la population sélectionnée et de la méthodologie de quantification des polluants de l'air ambiant prenant aussi en compte les facteurs de confusion. Les auteurs reconnaissent également les limites de leur étude : durée limitée de la période de dosage non représentative des expositions chroniques ; absence de considération de la pollution extérieure ; évaluation des symptômes respiratoires par auto-évaluation non confirmée par examen médical ; impossibilité de généralisation des résultats obtenus chez les personnes âgées testées à l'ensemble des personnes âgées.

Il ressort cependant une prévalence plus importante d'épisodes d'essoufflement chez les personnes âgées en lien avec une exposition aux COVs et aux aldéhydes alors que des concentrations similaires en ces polluants n'ont pas de tels

effets chez les sujets plus jeunes. Les raisons ne sont pas encore complètement élucidées : temps de séjour à l'intérieur plus important, fragilité et capacité immunitaire amoindrie, autres facteurs non pris en compte dans l'étude.

Commentaires et conclusion du lecteur

En accord avec les auteurs, la méthodologie et la population d'étude sont optimisées, les dosages nombreux et les études statistiques bien menées (ex : OR ajustés sur les facteurs de confusion). Cette étude apporte une conclusion claire sur le lien entre symptômes respiratoires et la présence de certains contaminants de l'air intérieur chez des personnes âgées.

A titre indicatif, il serait intéressant de connaître les mesures de gestion éventuellement proposées aux personnes âgées de l'étude. Le rôle des polluants gazeux et de la pollution extérieure ne devrait pas, comme le notent bien les auteurs, être écarté dans l'interprétation des origines de la sensibilité des personnes âgées aux COVs.

Les limites de telles études de corrélation (non expérimentales) résident dans le nombre, toujours insuffisant, de sujets à risque ainsi que les incertitudes liées aux méthodes de dosage des polluants (non précisées ici) et à la durée de collecte. Notons aussi que les auteurs n'ont pas comparé les valeurs de concentrations en certains polluants aux VTR publiées par l'ANSES (toluène) ou d'autres organismes, ce qui aurait certainement permis une discussion intéressante. Il s'agit ici d'un exemple de multi-exposition et d'effets sanitaires qui en dépendent mais aussi certainement d'autres « cocktails » de substances chimiques, d'agents physiques interférant avec les réponses inflammatoires et immunitaires de sujets déjà « insuffisants ».

Enfin, il serait important de déterminer les origines de la contamination des logements en toluène et xylène afin de proposer des mesures de limitation de l'exposition via les logements quels qu'en soient leurs habitants et de proposer des études similaires dans les établissements accueillant des personnes âgées.

Cette étude ouvre la voie à des études plus larges prenant en compte à la fois la pollution de l'air intérieur mais aussi celle de l'environnement extérieur un peu oublié dans les publications de ces dernières années mais que les actuels épisodes de pic de pollution atmosphérique remettent au premier rang des préoccupations d'ordre sanitaire.

Source : Malek Bentayeb, Cécile Billionnet, Nour Baiz, Mickaël Derbez, Séverine Kirchner, Isabella Annesi-Maesano. Higher prevalence of breathlessness in elderly exposed to indoor aldehydes and VOCs in a representative sample of French dwellings. *Respiratory Medicine*, 2013, 107, 1598-1607.

Article analysé par : Brigitte Enriquez, ENVAIfort, UMR 955 équipe 03, Inserm
brigitte.enriquez2@gmail.com

¹Adjusted Odds Ratios



Risque et impact sur la santé

Phtalates dans des crèches allemandes : présence dans l'air et les poussières déposées et excrétion de leurs métabolites par les enfants

Les phtalates sont utilisés en grande quantité depuis des décennies et sont devenus ubiquitaires dans l'environnement et chez l'Homme. Ils sont rapidement métabolisés après inhalation ou ingestion, et soupçonnés d'effets sur la reproduction et le développement. Leurs concentrations dans l'air et les poussières sont très variables dans les logements, mais relativement peu d'informations sont disponibles pour les crèches. Les mesures biologiques de l'exposition suggèrent une exposition supérieure pour les jeunes enfants, potentiellement due à une plus grande ingestion de poussières contaminées. L'objectif de cette étude est d'investiguer l'exposition à 11 phtalates dans des crèches en Allemagne : Diméthyl phtalate (DMP), Diéthyl phtalate (DEP), Di-n-butyl phtalate (DnBP), Di-isobutyl phtalate (DiBP), Di-n-pentyl phtalate (DnPP), Di-isopentyl phtalate (DiPP), Dicyclohexyl phtalate (DcHP), Benzylbutyl phtalate (BzBP), Di-2-ethylhexyl phtalate (DEHP), Di-isononyl phtalate (DiNP), Di-isodecyl phtalate (DiDP). La démarche était de mesurer les phtalates dans l'air et les poussières des crèches, et leurs métabolites chez les enfants les fréquentant.

63 crèches ont été investiguées entre novembre 2011 et mai 2012, et 663 enfants (1,7-6,7 ans) recrutés. Les échantillons d'air ont été collectés dans la pièce principale sur mousses de polyuréthane et filtres en fibre de verre avec un débit de 3,5L/m pendant 6h. Après extraction au solvant, ils ont été analysés par Chromatographie en phase gazeuse et spectrométrie de masse (GC-MS). Les poussières ont été aspirées sur un filtre, débarrassées du sable et large particules, puis extraits aux ultrasons avant analyse par GC-MS. Des blancs terrain et laboratoire ont été analysés pour l'air et les poussières. Les urines étaient collectées après fréquentation de la crèche, puis les métabolites urinaires analysés selon une méthode décrite dans une autre publication.

Des doses journalières d'exposition (externe) ont été calculées au moyen d'une fraction excrétée à partir des concentrations urinaires en métabolites. Ces doses ont ensuite été comparées à des doses journalières admissibles (DJA). Puis un ratio de danger cumulé a été calculé pour DEHP, DnBP, DiBP.

Dans l'air, la plupart des phtalates recherchés ont été détectés (sauf DnPP et BzPP), et sont pour la plupart surtout présent sous forme particulaire (sauf DMP). DnBP et DiBP sont les composés majoritaires. Dans la poussière déposée, la plupart des phtalates recherchés ont été souvent détectés (sauf DnPP 16%). DEHP et DiNP sont en concentrations très variables et représentent respectivement 70 et 24 % des concentrations totales en

phtalates. Les concentrations dans l'air et les poussières étaient corrélées pour certains phtalates : DMP (r: 0.759; p < 0.001), DnBP (r: 0.581; p < 0.001), DiBP (r: 0.536; p < 0.001), DEHP (r: 0.590; p < 0.001), and DiDP (r: 0.618; p = 0.001). En revanche aucune différence n'était significative selon le type de matériau (PVC, bois...) présent dans la pièce.

La plupart des métabolites urinaires ont été quantifiés, en concentrations très variables. Ces concentrations en métabolites urinaires étaient associées aux concentrations dans l'air et dans les poussières en analyses bivariées mais seulement aux concentrations dans l'air en analyse multivariée. Ces associations persistaient en utilisant un modèle hiérarchique tenant compte du regroupement des enfants par crèche.

Les doses journalières d'exposition (médianes et percentile 95) à l'air et aux poussières étaient inférieures aux DJA mais proches pour le DnBP et le DiBP. Pour ce dernier, certains dépassements individuels ont été constatés.

Peu de données, et parfois obtenues par des méthodes différentes, permettent de comparer les résultats ; les concentrations dans l'air montrent cependant une tendance à la baisse en Allemagne par rapport aux années 2000-2001. Les métabolites urinaires semblent eux-aussi en décroissance même si peu de données existent pour les jeunes enfants. Les doses d'exposition attribuable aux crèches sont du même ordre de grandeur que celles estimées récemment au Danemark, et individuellement inférieures aux DJA. En revanche, pour 20% des enfants, le ratio de danger cumulé est supérieur à 1, avec une contribution d'au moins 50% de DiBP, DnBP et DEHP dans respectivement 39, 28 et 1% des cas.

Commentaires et conclusion du lecteur

Cet article est très riche et dense car il traite successivement de la contamination des crèches en détaillant les méthodes de mesure, de l'exposition des enfants, du lien entre ces mesures, puis de l'interprétation en termes de risque sanitaire. La contrepartie de cette vision d'ensemble est un niveau de détail ou de discussion parfois restreint sur certains aspects. La force de l'étude est d'avoir inclus plus de 600 enfants avec à la fois des mesures environnementales et biologiques. La limite – au demeurant fort courante compte tenu des contraintes logistiques et financières que cela aurait supposé – est de ne pas avoir d'échantillons prélevés aux domiciles, ni d'informations sur l'alimentation, source d'exposition potentiellement majoritaire pour certains phtalates. Une autre limite est le relativement faible nombre de crèches qui limitait de fait la possibilité d'observer une association entre matériaux et contaminations ; seule la valeur p étant fournie, on ne peut se faire une opinion sur cette association potentielle. En termes de risque, l'utilisation sans beaucoup d'explication de la DJA du DnBP pour le DiBP, ainsi que le peu de discussion sur la robustesse du calcul des doses d'exposition en limite l'interprétation. L'approche par cumul de risque, bien que succincte, est intéressante car confirme qu'elle apporte une information supplémentaire

par rapport à l'approche composé par composé. Un des aspects particulièrement intéressant de l'article est d'étudier simultanément l'association entre métabolites urinaires avec les concentrations correspondantes dans l'air et dans les poussières. L'association avec les concentrations dans l'air uniquement peuvent indiquer une exposition préférentiellement par inhalation ou par voie cutanée, bien que ce point ne soit pas développé. Les lecteurs intéressés apprécieront aussi certainement cet article similaire récent publié dans *International journal of hygiene and environmental health* (Langer et al., 2014)².

Source: Fromme, H., Lahrz, T., Kraft, M., Fembacher, L., Dietrich, S., Sievering, S., Burghardt, R., & Völkel, W. (2013). Phthalates in German daycare centers: Occurrence in air and dust and the excretion of their metabolites by children (LUPE 3). *Environment international*, 61, 64-72.

Article analysé par : Philippe Glorennec, École des Hautes Études en Santé Publique, Inserm UMR1085 Institut de Recherche sur la Santé, l'Environnement et le Travail. Philippe.Glorennec@ehesp.fr

² Langer, S., Bekö, G., Weschler, C. J., Brive, L. M., Toftum, J., Callesen, M., & Clausen, G. (2014). Phthalate metabolites in urine samples from Danish children and correlations with phthalates in dust samples from their homes and daycare centers. *International journal of hygiene and environmental health*, 217(1), 78-87.



Risque et impact sur la santé

Niveaux d'endotoxines dans les foyers et les salles de classe d'écoliers néerlandais

Peu d'études décrivent l'exposition aux polluants intérieurs, notamment aux endotoxines, dans les écoles alors que des données plus nombreuses existent pour les logements. L'objectif de ce travail était de mesurer les niveaux d'endotoxines dans les écoles primaires ainsi qu'aux domiciles d'enfants néerlandais et de rechercher des associations avec l'asthme et la sensibilisation. Cette étude est une extension néerlandaise du projet européen Health Effects of Indoor Pollutants : Integrating microbial, toxicological and epidemiological approaches (HITEA).

5 écoles avec (index) et 5 écoles sans (référence) désordres d'humidité ont été sélectionnées sur la base d'un questionnaire puis d'une inspection accompagnée de mesures climatiques simples. 169 logements ont été sélectionnés en fonction de la présence (cas n=66) ou de l'absence (contrôles n=103) de symptômes asthmatiformes chez les écoliers selon les critères définis par l'International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC) . Les enfants étaient âgés de 6 à 12 ans. Ils ont subi des prélèvements sanguins pour la recherche d'IgE spécifiques des allergènes d'acariens, de chat, de chien, de pollens de bouleau et de graminées. Les prélèvements d'endotoxines dans les écoles et les logements ont été réalisés entre mars et avril 2010. Les poussières aéroportées ont été échantillonnées passivement par déposition sur des lingettes électrostatiques d'une surface de 0,02083 m² (electrostatic

dust fall collectors EDCs). La poussière a été collectée pendant 8 semaines dans les écoles et pendant 2 semaines dans les logements.

Les niveaux d'endotoxines dans les salles de classes étaient en moyenne 4 à 5 fois plus élevés ($p < 0,05$) que dans les chambres à coucher des enfants. Les niveaux moyens d'endotoxines dans les écoles étaient compris entre 2178 et 6914 EU.m⁻² par semaine pour des niveaux allant de 462 à 1285 EU.m⁻² par semaine dans les logements. La corrélation entre les niveaux d'endotoxines dans les logements et dans les écoles était faible. Le modèle de régression logistique montre que dans les logements la présence d'endotoxines tendait à être inversement associée aux symptômes asthmatiformes mais seulement pour l'asthme atopique. L'exposition aux endotoxines à l'école était positivement associée à l'asthme non atopique mais pas à l'asthme atopique. La sensibilisation, sans prendre en considération le statut asthmatique ou non des enfants, n'était pas associée aux niveaux d'endotoxines ni dans les écoles ni dans les logements.

L'étude montre que les niveaux d'endotoxines étaient bien plus élevés dans les écoles que dans les logements probablement, comme le montre plusieurs études, en raison de concentrations élevées dans l'air des classes de particules PM10 remises en suspension lors des activités des écoliers ainsi qu'à l'application de mesures d'éviction dans les logements des enfants allergiques. Les niveaux d'endotoxines à l'école tendaient à être plus élevés pour les enfants ayant des symptômes asthmatiformes avec des associations plus fortes pour l'asthme non atopique tandis que les études dans les logements montrent qu'une exposition aux endotoxines pendant les premières années de vie pourrait avoir un effet protecteur vis-à-vis du développement de l'asthme et des allergies respiratoires. Les hypothèses envisagées par les auteurs sont : la composition différente des endotoxines dans les écoles, l'effet démontré de fortes concentrations d'endotoxines causant des effets respiratoires non atopiques, l'âge d'exposition plus tardif à l'école.

Commentaires et conclusion du lecteur

La mesure de l'exposition aux endotoxines en milieu scolaire est essentielle car celle-ci pèse lourd dans le calcul de l'exposition journalière d'un écolier. Cette étude confirme que les concentrations d'endotoxines sont plus élevées dans les écoles que dans les logements. Le prélèvement par EDC est simple, peu onéreux et permet de réaliser des prélèvements passifs de longue durée, donnant une évaluation satisfaisante des niveaux de concentration. Cependant, le prélèvement par EDC ne permet pas de faire une mesure de l'exposition individuelle, il donne une indication sur la charge d'endotoxines dans un environnement. De plus, peu de données de comparaison EDC/prélèvement individuel existent. Concernant la stratégie

d'échantillonnage, le choix d'écoles moisies ou humides peut induire un biais car les endotoxines et les moisissures produisent le même type d'effets sur la santé respiratoire. De même le temps de prélèvement qui est 4 fois plus long dans les écoles par rapport aux logements est critiquable.

Source : Jacobs, J., Krop, E., Siegfried de Wind, S., Dick, H. *Endotoxin levels in homes and classrooms of Dutch school children and respiratory health* (2013). *Eur. Respir. J.* ; 42 : 314-322

Article analysé par : Bex Valérie, Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris ; valerie.bex@paris.fr



Risque et impact sur la santé

QUID DE L'EFFICACITE DES FILTRES POUR REDUIRE L'EXPOSITION AUX PARTICULES ULTRAFINES DANS LES LOGEMENTS ?

Les normes concernant l'évaluation de l'efficacité des filtres à particules telles que l'ASHRAE 52.2 (Etats-Unis) et l'EN779 (Europe) reposent sur la filtration des particules de diamètre supérieur à 300 nm. Or, les effets néfastes sur la santé des particules ultrafines, de taille inférieure à 100 nm, n'est plus à démontrer. La présente étude américaine vise donc à mesurer l'efficacité réelle de filtres appartenant à différentes classes déterminées selon les normes actuelles vis-à-vis de ces particules ultrafines.

Les mesures de l'efficacité des filtres appartenant à six classes de filtre (MERV 4 à 16 selon la norme américaine ou G3 à F9 selon la norme européenne) sont effectuées à l'intérieur d'une maison-test (110 m², 250 m³) de l'université du Texas. Cette maison est équipée d'un système centralisé de ventilation et de chauffage/climatisation à l'intérieur duquel peut (doit) être placé un filtre à particules. Différentes configurations ont été effectuées afin d'identifier les débits de ventilation et donc le transport des particules par le système de ventilation, le dépôt des particules dans le réseau de distribution, la pénétration des particules ultrafines de l'air extérieur à travers l'enveloppe et enfin l'efficacité des filtres. Pour cette étude, le système de ventilation fonctionnait en « tout air repris » (pas d'air extérieur) et un bâton d'encens a servi comme source de particules ultrafines. Un spectromètre SMPS (Scanning Mobility Particle Sizer) a été utilisé pour mesurer la concentration en particules ultrafines selon 99 classes granulométriques (de 3,11 à 105,5 nm) toutes les 2,25 minutes. Un total d'une quarantaine d'essais a été effectué pour couvrir les différentes configurations et les cinq répétitions des tests relatifs aux efficacités des filtres.

Les résultats de ces expérimentations concernent l'efficacité des filtres par rapport aux particules ultrafines ainsi que leur impact sur les niveaux de concentration de l'ambiance intérieure. En ce qui concerne la caractérisation des filtres seuls, la classification normative de l'efficacité de ceux-ci est bien retrouvée c'est-à-dire que les filtres fins sont plus efficaces que les filtres grossiers.

On notera par exemple que ces derniers ne retiennent aucune particule ultrafine alors que le filtre F9 capte entre 60 et 80% de celles-ci. A partir des résultats expérimentaux, des simulations ont été effectuées pour évaluer l'impact des filtres sur l'exposition des occupants de logements résidentiels soumis à des conditions réalistes (pollution extérieure, cycle on/off de la ventilation...). Le rapport des concentrations intérieures et extérieures reste inférieur à 57% (avec un filtre G3 ou G4), 43% (avec un filtre M5 ou M6), 26% (avec filtre F7) et 20% (avec filtre F9) pour une valeur de référence de 63% pour le cas sans filtre installé dans le réseau de ventilation.

Les auteurs concluent que les filtres peuvent être classés selon quatre niveaux d'efficacité vis-à-vis des particules ultrafines : 0-10% (G3-G4), 15-20% (M5-M6), 30-50% (F7) et 60-80% (F9). Ils pointent de plus la non prise en compte des particules ultrafines dans les normes américaines comme par exemple l'ASHRAE Standard 62.2 qui préconise l'installation de filtre G4 pour « garantir un niveau acceptable de qualité de l'air dans les logements » alors que cette classe de filtre ne contrôle pas, ni ne réduit, la concentration en particules ultrafines.

Commentaires et conclusion du lecteur

Dans le contexte actuel d'épisodes de plus en plus fréquents de forte pollution de l'air extérieur dans les grands sites urbains, il est légitime de se demander quels sont les moyens d'action pour protéger la population. Les infiltrations à travers l'enveloppe tendant à être de plus en plus limitées par la réglementation thermique actuelle, la ventilation est le principal vecteur de pollution extérieure dans les logements. Parmi les différentes typologies de ventilation, seuls les systèmes à insufflation d'air (Ventilation Mécanique par Insufflation et VMC double flux) permettent la filtration de l'air extérieur. Cependant, les particules ultrafines (<0,1 µm) constituent la majorité (en nombre) des particules émises par les transports utilisant le combustible diesel et donc une part importante de la pollution urbaine. Il faut donc connaître l'efficacité des filtres pour ces particules pour juger correctement de l'impact de ces filtres sur l'exposition des occupants. C'est l'objet du présent article dans lequel sont évaluées les efficacités de filtres classiquement utilisés dans les réseaux de ventilation. Ainsi, selon les auteurs, il est nécessaire d'installer un filtre de classe supérieure à F7 pour avoir une diminution réelle de l'exposition aux particules ultrafines extérieures dans les logements. Cependant, comme notée par les auteurs, la limitation principale de cette étude est qu'elle repose sur la mesure de l'efficacité des filtres neufs. On peut donc s'attendre à une amélioration de leur action en termes de réduction de la pollution avec le temps et donc à des performances moyennes (sur leur durée de vie) supérieures à celles présentées ici.

Source : Stephens, B. and Siegel, J. A. (2013), *Ultrafine particle removal by residential heating, ventilating, and air-conditioning filters*. *Indoor Air*, 23: 488-497. doi: 10.1111/ina.12045

Article analysé par : Marc ABADIE, Laboratoire des Sciences de l'Ingénieur pour l'Environnement - LaSIE, Université de La Rochelle ; mabadie@univ-lr.fr

News

Nouveau dispositif d'amélioration de la qualité de l'air dans les établissements recevant du public : simplification du dispositif :

Le gouvernement a décidé de simplifier le dispositif :

- 1. en supprimant l'obligation de réaliser des mesures systématiques de qualité de l'air pour les établissements et collectivités qui auront mis en place des dispositions particulières de prévention de la qualité de l'air définies dans un guide de bonnes pratiques.
- 2. en supprimant l'obligation d'accréditation pour les organismes chargés de procéder à l'évaluation des systèmes d'aération.

A lire sur le site du Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie :

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Nouveau-dispositif-d-amelioration.html>

Brochure de présentation du nouveau dispositif :

http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Brochure_Qualite-air-ecoles_2018-2023.pdf

Guide pratique pour une meilleure qualité de l'air dans les lieux accueillant des enfants réalisé avec l'appui de l'INERIS :

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Guide-pratique-pour-une-meilleure.html>

Le plomb et le saturnisme : Comment traduire les avancées des recherches en actions de réduction des expositions ?

La conférence co-organisée par le ministère en charge de la Santé, le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), l'École des hautes études en santé publique (EHESP) et l'Institut de veille sanitaire (InVS) aura lieu le 29 janvier. Les inscriptions sont maintenant ouvertes : <http://www.cstb.fr/webdiff/communication/141215/journee-plomb-bulletin.pdf>

Premier résultats d'OFFICAIR et parution du bulletin n° 8 de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) : Qualité de l'air intérieur et confort dans les immeubles de bureaux.

Les premiers résultats de l'étude OFFICAIR (On the reduction of health effects from combined exposure to indoor air pollutants in modern offices) sont présentés dans le bulletin n°8 de l'OQAI.

OFFICAIR s'inscrit dans le cadre du septième Programme Cadre Recherche et Développement (FP7- ENV-2010).

Pour télécharger le bulletin :

http://www.oqai.fr/userdata/documents/460_Bulletin8_QAI_Confort_Bureaux.pdf

Site d'OFFICAIR :

<http://www.officair-project.eu/>

Nouveau rapport OMS : combustion domestique

L'OMS vient de publier des recommandations/valeurs guides de la qualité de l'air intérieur concernant la combustion par les ménages, principalement destinées aux pays en voie de développement utilisant notamment le combustible bois pour la cuisson des aliments. Cependant, l'OMS indique que les impacts potentiels sur le climat et la santé du brûlage de combustibles solides (bois, biomasse...) qui sont présentés dans ce doc, sont des informations pertinentes pour d'autres contextes notamment dans la région européenne.

Pour en savoir plus : <http://www.who.int/indoorair/guidelines/hhfc>

Une publication en cours de finalisation portera sur l'utilisation du bois et du charbon pour le chauffage résidentiel en Europe et en Amérique du nord.

-<http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/news/news/2014/11/new-global-who-guidelines-for-indoor-air-quality-inefficiently-burning-solid-fuels-damages-health-and-climate>

INDOOR air :

Après Hong-Kong en 2014, l'édition 2016 de la conférence INDDOR AIR se tiendra du 3 au 8 juillet à Gand en Belgique.

Appel pour les propositions de résumés : d'août au 1er octobre 2015

Pour en savoir plus : <http://www.indoorair2016.org/>

Dix projets retenus par l'ADEME le 26 novembre pour l'appel 2014 : « Aide à l'action des collectivités territoriales et locales en faveur de l'air » (AACT-AIR). »

Trois projets retenus concernent l'air intérieur :

- INCITAIR : Incitation au choix de produits et matériaux favorisant la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public
- QAIL : Qualité de l'air intérieur dans les lycées
- QAI_CPA : Accompagnement sur la qualité de l'air intérieur

La date limite de dépôt des candidatures pour l'édition 2015 est fixée au 2 février à 15H.

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

Directeur de la publication : Raymond Cointe

Directeur de la rédaction : Philippe Hubert

Comité de rédaction : O. Ramalho, M-A. Kerautret, H. Baysson, E. Revelat, C. Nicollet, L. Mosqueron, V. Nedellec, I. Annesi-Maesano, S. Boualla, G. Boulanger, M.T. Guillam, G. Guillosou, M. Keirsbulck, M. Millet, C.Segala, C. Schadkowski, L. Le Coq, R. Robichon, C. Marchand, J. Dalvai.

Maquette : Patrick Bodu

Coordination et contact : Julien Dalvai - julien.dalvai@ineris.fr

ISSN1760-5407

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

Le réseau RSEIN, en relation avec l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur, est constitué de représentants des structures suivantes : *Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, 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 Sûreté 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 : julien.dalvai@ineris.fr

ou inscrivez vous à partir du site internet :

<http://rsein.ineris.fr/bullinfo/abonnement.html>