



Laboratoire Central
de Surveillance de la Qualité de l'Air



Synthèse 2012

Air intérieur

Décembre 2012



MARCHAND Caroline



Laboratoire Central de Surveillance
de la Qualité de l'Air

Synthèse 2012

Air intérieur

Décembre 2012

Caroline MARCHAND (LCSQA/INERIS)

Contributeurs aux études :

LCSQA/EMD : Sabine CRUNAIRE, Nadine LOCOGE

LCSQA/INERIS : Laura CHIAPPINI, Julien DALVAI, Sébastien FABLE,
Caroline MARCHAND


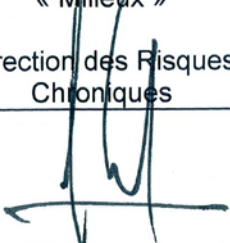

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	C. MARCHAND	M. DURIF	N. ALSAC
Qualité	Ingénieur de l'unité « Milieux » Direction des Risques Chroniques	Responsable de l'unité « Milieux » Direction des Risques Chroniques	Responsable du pôle Caractérisation de l'Environnement Direction des Risques Chroniques
Visa			

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION	7
2. APPUI MÉTHODOLOGIQUE À L'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS LES ENVIRONNEMENTS INTÉRIEURS	7
2.1 Surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public [1, 2, 3]	7
2.1.1 Ecoles et crèches.....	7
2.1.2 Gares.....	9
2.2 Nouveaux protocoles de mesure.....	9
3. TRAVAUX DE VEILLE (ÉTUDES ET INSTRUMENTATIONS).....	9
4. REVUES BIBLIOGRAPHIQUES (TENEURS ET METHODES DE MESURES) POUR L'ACÉTALDEHYDE ET LE NAPHTALÈNE	10
4.1 Acétaldéhyde [5].....	11
4.2 Naphtalène [6]	12
5. COLLABORATIONS	13
6. RAPPORTS ET PRODUITS DE SORTIE.....	13
7. PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES.....	13

1. INTRODUCTION

Depuis 2008, le LCSQA a vu sa mission d'appui technique élargie dans le domaine de la qualité de l'air intérieur, afin de répondre aux préoccupations croissantes des pouvoirs publics et des AASQA dans ce domaine.

Sur ce thème spécifique, les travaux du LCSQA en 2012 ont porté sur :

- un appui méthodologique à l'évaluation de la qualité de l'air dans les environnements intérieurs ;
- une veille sur les travaux récents sur la qualité de l'air intérieur et les nouveaux instruments disponibles ;
- des revues bibliographiques sur les niveaux rencontrés pour l'acétaldéhyde et le naphthalène dans les environnements intérieurs et leurs méthodes de mesure respectives.

Les référents et experts identifiés du LCSQA concernant les sujets traités dans ce rapport de synthèse sont présentés dans le tableau suivant :

Thématique	Sujet	Référent	Expert 1	Expert 2
N°8 : Air intérieur	Qualité de l'air intérieur - Surveillance	Caroline Marchand (LCSQA/INERIS)	Sabine Crunaire (LCSQA/EMD)	Laura Chiappini (LCSQA/INERIS)

Tableau 1 : Référent et experts du LCSQA concernant le thème 8, Air Intérieur

2. APPUI MÉTHODOLOGIQUE À L'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS LES ENVIRONNEMENTS INTÉRIEURS

Cet appui s'est articulé autour de deux volets : la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public et la définition de nouveaux protocoles de surveillance.

2.1 SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR DANS LES ÉTABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC [1, 2, 3]

2.1.1 Ecoles et crèches

Suite au retour d'expérience de la campagne pilote nationale de surveillance de la qualité de l'air intérieur (QAI) dans les écoles et crèches (2009-2011), financée par le Ministère en charge l'Environnement, et en accompagnement de la parution des décrets relatifs à la surveillance obligatoire de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public, le LCSQA/INERIS a rédigé un guide d'application pour la surveillance du formaldéhyde et du benzène dans les établissements d'enseignement, d'accueil de la petite enfance et d'accueil de loisirs, documentant spécifiquement la stratégie d'échantillonnage à mettre en œuvre ainsi que le positionnement des résultats.

En complément, un guide méthodologique a été rédigé en vue de la conduite d'investigations complémentaires en cas de dépassements des seuils d'action dans le cadre de cette surveillance obligatoire. Ce document est basé sur le retour d'expérience de la campagne pilote de surveillance de la QAI et vise à synthétiser les différentes actions à entreprendre en cas de dépassement (gestion des acteurs (information/communication), mesures de confirmation, nécessité ou non d'investigations complémentaires, matériel à mettre en œuvre, ...).

Par ailleurs, dans la continuité des travaux menés en 2011, les travaux du LCSQA/EMD ont porté sur la réalisation d'un diagnostic approfondi des sources en formaldéhyde dans les établissements scolaires ayant participé à la campagne pilote « Ecoles et crèches » et pour lesquels la teneur de ce composé dans l'air de la pièce avait dépassé ou avoisinait la valeur d'information ou de recommandation ($50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

Ainsi, des investigations ont été menées dans 4 établissements scolaires (2 écoles maternelles, une école primaire et une crèche) pour lesquels des concentrations moyennes en formaldéhyde déterminées durant la phase 2 de la campagne pilote étaient supérieures à $30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (valeur cible actuelle). Comme cela avait été réalisé en 2011, la recherche des principales sources diffuses intérieures a été réalisée au moyen des préleveurs passifs qui ont été déployés pour la mesure in-situ de taux d'émission en formaldéhyde des matériaux de construction et d'aménagement présents dans la pièce ciblée (données exprimées en $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$).

Pour chacun des 4 sites, c'est plus de 20 sources possibles qui ont été échantillonnées, ce qui a permis d'établir un bilan quantifié des contributions des différentes sources à la concentration ambiante en formaldéhyde. L'utilisation du modèle mathématique d'équilibre des masses a, quant à lui, permis d'évaluer l'impact de différentes stratégies d'amélioration de la qualité de l'air intérieur (diminution des émissions, amélioration du renouvellement d'air, remplacement du mobilier, etc.).

Les résultats obtenus en 2011 et 2012 ont mené à la rédaction d'un guide méthodologique d'utilisation des préleveurs passifs et de leur mise en œuvre sur le terrain. Un effort a notamment été mené de sorte de rationaliser au mieux la méthodologie (durée d'intervention, nombre de préleveurs à utiliser, etc.).

Par ailleurs, ces travaux ont également permis de former trois AASQA (Lig'air, Limair et ATMO Franche-Comté) à la mise en œuvre globale de la méthodologie de « recherche de sources à l'origine des concentrations ». Cette action de formation « terrain » permettra pour 2013 au LCSQA/EMD de mettre en place une formation ouverte à toutes les AASQA.

Pour finir, pour les 4 établissements qui avaient fait l'objet de mesures en 2011 et pour lesquelles des préconisations d'améliorations avaient été émises, les LCSQA/EMD a poursuivi les échanges avec les AASQA concernées. Cette action est toujours en cours à l'heure actuelle, l'établissement de La Seyne-sur-Mer a procédé au retrait des éléments acoustiques qui avaient été diagnostiqués comme étant la seconde source principale d'émission en formaldéhyde, des mesures comparatives avant-après seront bientôt programmées.

Dans le schéma du dispositif réglementaire de la surveillance obligatoire, l'INERIS a été désigné comme organisateur des comparaisons inter-laboratoires. Dans ce cadre, plusieurs tests ont été réalisés en amont de ces sessions et permettront de proposer une incertitude d'analyse et de prélèvement pour le formaldéhyde. Une note sera rédigée dans le courant de l'année 2013 sur ce sujet.

2.1.2 Gares

Les travaux prévus en 2012 pour cet environnement ont été reportés sur le programme de travail 2013.

2.2 NOUVEAUX PROTOCOLES DE MESURE

Pour faire suite au travail réalisé en 2011 sur la qualité de l'air dans les bâtiments performants en énergie et afin de faire le lien avec les travaux de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) sur ce sujet, le LCSQA/INERIS a participé au groupe de travail de l'OQAI mis en place en vue d'élaborer un référentiel d'investigation de la qualité de l'air intérieur, du confort et des consommations énergétiques dans ces environnements.

3. TRAVAUX DE VEILLE (ÉTUDES ET INSTRUMENTATIONS)

Les travaux de veille réalisés par le LCSQA/INERIS dans le cadre du programme 2012 portent sur la période 2010-2012 [4].

Concernant les études, une revue de synthèse des principales publications et événements a été réalisée, sur la base et en complément de la veille scientifique que réalise le réseau scientifique RSEIN¹ (Recherche santé environnement intérieur), que coordonne l'INERIS. De plus, les actions entreprises par les instituts et agences françaises afin de soutenir les mesures du Grenelle et du PNSE II, ont également été répertoriées.

Ainsi, 2011 a marqué la fin de la campagne pilote nationale de surveillance de la qualité de l'air dans les écoles et les crèches, financée par le Ministère en charge de l'Environnement, en vue de préparer la surveillance obligatoire dans les établissements d'enseignement, d'accueil de la petite enfance et les accueils de loisir, qui est entre en vigueur progressivement, la première échéance étant fixée à l'horizon 2015.

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation de l'environnement et du travail (ANSES) poursuit son travail sur la définition de valeurs-guides pour l'air intérieur. En complément de ces travaux, le Haut conseil de santé publique (HCSP) a proposé des valeurs repères de gestion dans les espaces clos pour le benzène et le perchloroéthylène (2010), et plus récemment pour le naphthalène et le trichloroéthylène (2012).

¹ <http://rsein.ineris.fr/>.

Par ailleurs, après s'être intéressé à la qualité de l'air dans les logements français, l'OQAI a élargi son champ d'actions aux lieux de vie accueillant les enfants et aux immeubles de bureaux, avec le lancement de deux campagnes nationales « écoles et crèches » et « bureaux ».

Au-delà de leur implication dans la campagne pilote de surveillance, les AASQA ont également mené plusieurs campagnes de mesure de la qualité de l'air intérieur dans différents environnements (enceintes ferroviaires, bâtiments performants en énergie, ...).

Sur un plan international, les conférences Indoor Air et Healthy Buildings se sont respectivement tenues en 2011 à Austin (Texas) et en 2012 à Brisbane (Australie). Cette dernière conférence a d'ailleurs largement traité de la question des composés organiques semi-volatils.

Concernant le recensement des appareils mis nouvellement sur le marché, la perspective de la surveillance obligatoire de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public s'est accompagnée d'un développement des moyens métrologiques relatifs au formaldéhyde.

Parmi eux, on peut compter les capteurs passifs et actifs d'ETHERA, l'analyseur d'In'Air Solutions ainsi que les nouveaux échantillonneurs passifs « DSD-DNPH » qui seront d'ailleurs testés dans le cadre du programme de travail 2013 relatif à la métrologie des composés carbonylés².

Concernant le benzène, les badges SKC sont à présent commercialisés comme conformes aux exigences de la surveillance (décret n°2012-14 du 5 janvier 2012).

Le « Blue X-FLR8 IAQ Monitoring » de Blue industry & science a également été recensé, analyseur dédié à une mesure multi-composés, dans des domaines de concentration compatibles avec ceux typiquement rencontrés en air intérieur.

Enfin, Radiello a également élargie sa gamme de produits au 1,3-butadiène, avec la mise sur le marché d'un nouveau tube passif dédié à cette substance.

4. REVUES BIBLIOGRAPHIQUES (TENEURS ET METHODES DE MESURES) POUR L'ACETALDEHYDE ET LE NAPHTALENE

L'acétaldéhyde et le naphthalène étant parmi les prochains composés visés par l'ANSES pour l'établissement de valeurs guide en air intérieur, un travail de revue bibliographique des données disponibles sur les niveaux rencontrés dans les environnements intérieurs ainsi que sur les méthodes de mesure existantes a été réalisé par le LCSQA/INERIS dans le cadre du programme 2012.

² Aucun test métrologique n'a été conduit en 2012 sur la métrologie du formaldéhyde, aucun nouveau dispositif de prélèvement et d'analyse en continu actif n'ayant été identifié.

4.1 ACÉTALDÉHYDE [5]

Classé comme cancérogène probable par l'IARC, l'acétaldéhyde est un composé omniprésent dans les environnements clos. En effet, alors que les concentrations mesurées en air extérieur sont de l'ordre de quelques microgrammes par mètres cube, les niveaux intérieurs sont largement plus élevés d'au minimum un ordre de grandeur.

Ses sources en air intérieur sont multiples. Souvent identiques à celles du formaldéhyde (combustion du bois, tabagisme, matériaux de construction, peintures), les sources d'acétaldéhyde en air intérieur comptent également la maturation des fruits, la torréfaction du café et la présence humaine elle-même.

Elles sont aussi secondaires et les réactions d'oxydation, radicalaires, d'ozonolyse, photooxydation, qu'elles soient surfaciques ou gazeuses avec des COVs, sont à l'origine de l'émission secondaire d'acétaldéhyde. Charles Weschler, dans sa revue sur les changements de la pollution intérieure depuis 1950, parue en 2009³ dans *Atmospheric Environment*, identifie d'ailleurs ces réactions secondaires comme cause principale de la stabilité des niveaux de concentrations en acétaldéhyde alors qu'elles devraient diminuer avec la réduction de leur source principale en air intérieur, le tabagisme.

Les méthodes disponibles pour évaluer les niveaux d'acétaldéhyde en air intérieur sont les mêmes que celles employées pour quantifier les composés carbonylés. Les plus employées se basent sur le prélèvement actif et passif sur tubes imprégnés d'agents de dérivatisation. Il est important de noter que des travaux menés par le LCSQA/INERIS sont en cours pour évaluer la capacité des tubes passifs à mesurer l'acétaldéhyde, en particulier en suivant les protocoles établis pour la surveillance du formaldéhyde dans les écoles et les crèches. Les résultats préliminaires montrent d'importants écarts entre les mesures passives et les mesures actives, de l'ordre de 60% ; les tubes passifs se caractérisant par une tendance à la sous-estimation des concentrations en acétaldéhyde. Le rapport de cette étude sera publié dans le courant de l'année 2013.

Par ailleurs, à ce jour, il n'existe aucune méthode simple et pratique pour le suivi en continu et/ou la recherche de sources.

De manière générale, les concentrations moyennes en acétaldéhyde sont relativement faibles, comprises entre 13 et 16 $\mu\text{g.m}^{-3}$ (quels que soient l'environnement intérieur ou la localisation géographique sur l'Europe et les Etats-Unis), mais toujours supérieures aux concentrations extérieures. Notons néanmoins que les supermarchés se distinguent avec des concentrations moyennes environ trois fois plus élevées.

Cependant, ponctuellement, ces concentrations peuvent atteindre des valeurs élevées (jusqu'à 176 $\mu\text{g.m}^{-3}$ dans une école en France) suggérant ainsi la prévalence de sources ponctuelles et par conséquent des expositions court terme, et soulignant ainsi le besoin de développement de technique de mesure en temps réel.

³ Weschler, C. J. (2009). "Changes in indoor pollutants since the 1950s." *Atmospheric Environment* 43(1): 153-169.

4.2 NAPHTALÈNE [6]

Etant donné la parution, en janvier 2012, par le HCSP d'un rapport relatif aux valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos du naphthalène⁴, le travail bibliographique mené par le LCSQA/INERIS en 2012 s'est focalisé uniquement sur les moyens métrologiques disponibles. En effet, le rapport du HCSP documente notamment les concentrations typiquement mesurées en air intérieur (France et Europe).

Le HCSP indique également que le naphthalène doit faire l'objet d'une surveillance non seulement en raison de ses effets sanitaires mais également en tant qu'indicateur de l'impact de sources de pollutions importantes de l'air intérieur que sont les processus de combustion, la contamination des sols, ... Afin de mener à bien cette surveillance, il est indispensable de se doter de moyens métrologiques adaptés aux niveaux de concentration rencontrés, aux contraintes des environnements clos, mais également aux valeurs repères définies, soit $10 \mu\text{g.m}^{-3}$ pour la valeur repère de qualité d'air intérieur en rapport à une exposition long-terme et $50 \mu\text{g.m}^{-3}$ pour la valeur d'action rapide (actions correctives à mettre en œuvre sous 3 mois).

Dans ce contexte, deux types de méthodes sont potentiellement applicables à l'évaluation de ses concentrations dans l'air intérieur:

- les méthodes de prélèvement utilisées pour la mesure des composés organiques volatils (COV) impliquant l'utilisation de tubes d'adsorbants ;
- les méthodes de prélèvement utilisées pour la mesure des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) en phase gazeuse impliquant l'utilisation de résines ou de mousses en polyuréthane.

Parmi les valeurs de référence françaises disponibles (HCSP, ANSES), toutes sont en lien avec une exposition long-terme. En rapport avec cet objectif, les méthodes par diffusion représentent un bon compromis compte tenu du faible encombrement qu'elles impliquent et de l'absence de nuisances sonores lors de leur déploiement.

Plusieurs tubes passifs, commerciaux ou mis au point par des laboratoires sont disponibles. Cependant, ils ont été relativement peu éprouvés pour la mesure du naphthalène en air intérieur (très peu de données sont disponibles) et aucune validation de ces supports de prélèvement n'a été réalisée dans cette optique. L'ensemble des tubes passifs répertoriés dans le cadre de cette étude bibliographique est destiné à une désorption chimique par solvant. Aucun n'a été dimensionné pour une désorption thermique, offrant des limites de détection plus basses que la désorption chimique. Il serait donc intéressant de tester la faisabilité de mise en œuvre de ce genre de tube pour la mesure du naphthalène.

Ainsi, dans une perspective de surveillance du naphthalène en air intérieur et dans le cadre de la rédaction de protocoles à cette fin, il apparaît nécessaire de prévoir des campagnes d'inter comparaison des méthodes existantes afin d'en évaluer leur incertitude de mesure associée et la pertinence de leur mise en œuvre.

⁴ http://www.hcsp.fr/docspdf/avisrapports/hcspr20120105_naphtaleneespaceclos.pdf.

5. COLLABORATIONS

L'ensemble des travaux détaillés précédemment ont été conduits en relation avec les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA).

6. RAPPORTS ET PRODUITS DE SORTIE

[1] Air intérieur. Fiche 8/1. Guide d'application pour la surveillance du formaldéhyde et du benzène dans les établissements d'enseignement, d'accueil de la petite enfance et d'accueil de loisirs : stratégie d'échantillonnage et positionnement des résultats. C. Marchand. LCSQA/INERIS - DRC-12-126743-09487A, 2012.

[2] Air intérieur. Fiche 8/1. Guide méthodologique pour la conduite d'investigations complémentaires dans le cadre de la surveillance obligatoire du formaldéhyde et du benzène dans certains établissements recevant du public. C. Marchand. LCSQA/INERIS-DRC-12-126743-14053A, 2012.

[3] Air intérieur. Fiche 8/1. Investigation complémentaires dans certains établissements de la campagne pilote : Poursuite des essais de l'échantillonneur passif pour la mesure in-situ des taux d'émission en formaldéhyde des surfaces et matériaux présents dans des établissements scolaires ou d'accueil de la petite enfance. S.Crunaire, S.Dusanter, G.Poulhet, V.Gaudion. LCSQA/EMD, Convention N° 2012 n°2200677483.

[4] Air intérieur. Fiche 8/2. Bilan/veille sur la qualité de l'air intérieur à un niveau national et international : travaux récents et nouveaux instruments disponibles. J. Dalvai, C. Marchand. LCSQA/INERIS-DRC-12-126745-14054A, 2012.

[5] Air intérieur. Fiche 8/3. L'acétaldéhyde : Métrologie et état des lieux des niveaux de concentration en air intérieur. L. Chiappini. LCSQA/INERIS-DRC-12-126716-10615A, 2012.

[6] Air intérieur. Fiche 8/3. Le naphtalène : bibliographie des méthodes de mesure et d'analyse pour l'air intérieur. L. Chiappini. LCSQA/INERIS-DRC-12-126747-13950A, 2012.

7. PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES

Michelot N, Marchand C, Ramalho O, Delmas V, Carrega M: Monitoring indoor air quality in French schools and day-care centres. Results from the first phase of a pilot survey: 10th International conference. Healthy Buildings 2012, 8/07/2012-12/07/2012, Brisbane, Australia. Proceedings session 7F.7. 2012.

Dusanter S, Crunaire S, Poulhet G, Plaisance H, Kaluzny P: Investigation of formaldehyde sources in French schools. Healthy Buildings 2012, 8/07/2012-12/07/2012, Brisbane, Australia. Proceedings session 9B.5. 2012.

Poulhet G., Dusanter S., Crunaire S., Locoge N., Coddeville P. New methodology for investigation of formaldehyde sources in buildings – Example of application in French schools and day-care centers. **Emissions and odours from materials** – 2012 – 10th edition, Bruxelles, Belgique, October 11-12, 2012.

Izard M., Crunaire S. Nouvelle méthodologie de recherche des sources d'émissions dans les bâtiments. Colloque Défis Bâtiment & Santé, Angers, 24 mai 2012.

Chiappini L: l'acétaldéhyde en air intérieur : métrologie et niveaux mesurés. **Pollution Atmosphérique**. Article soumis.